

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2021 -2022 учебный год
10 класс
Максимальный балл – 50 баллов**

Задание 10.1.

В герметически закрытой комнате площадью 12 м² и высотой 3 м горит стеариновая свеча массой 100 г. Возникнет ли опасность при полном сгорании свечи для людей, находящихся в помещении, если предельно допустимая концентрация (ПДК) углекислого газа – 30 мг/м³, а при концентрации от 0,25 до 1,00 объемного процента у человека происходит изменение функции дыхания и кровообращения? В расчетах можно принять, что содержание углекислого газа в «обычном» воздухе – 0,03 об.%, а стеарин в свечке – это чистая стеариновая кислота (одноосновная предельная кислота: C₁₇H₃₅COOH). (6 баллов)

1. Написать уравнение реакции горения стеариновой свечи
2. Рассчитать массу и объем углекислого газа в «обычном воздухе» и после сгорания всей свечи.
3. Рассчитать концентрацию углекислого газа в данном помещении после сгорания свечи (мг/м³) и сравнить её с ПДК. Сделать вывод о наличии опасности для человека.
4. Рассчитать объёмный % углекислого газа в данном помещении после сгорания свечи. Сделать вывод о наличии опасности для человека. (6 баллов)

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Приведено уравнение реакции горения стеариновой кислоты $C_{17}H_{35}COOH + 26O_2 \rightarrow 18CO_2 + 18H_2O$	1
2. Рассчитано количество стеариновой кислоты и количество углекислого газа $n(\text{к-ты}) = 100/284 = 0,352$ моль $n(CO_2) = 18 \cdot n(\text{к-ты}) = 6,34$ моль.	1
3. Рассчитаны масса и объем углекислого газа, полученного при горении $m(CO_2) = 6,34 \cdot 44 = 279$ г, $V(CO_2) = 6,34 \cdot 22,4 = 142$ л = 0,142 м ³	1
4. Рассчитаны масса и объем углекислого газа в «обычном» воздухе в данном помещении $V(CO_2)_0 = 12 \cdot 3 \cdot 0,03/100 = 0,0108$ м ³ = 10,8 л $m(CO_2)_0 = 10,8 \cdot 44/22,4 = 21,2$ г	1
5. Рассчитана концентрация углекислого газа в данном помещении после сгорания свечи (мг/м ³) углекислого газа после сгорания свечи $(279+21,2)/36 = 8,34$ г/м ³ = $8,34 \cdot 10^3$ мг/м ³ Установлено, что данное значение во много раз превышает ПДК	1
6. Рассчитан объёмный % углекислого газа в данном помещении после сгорания свечи $\varphi(CO_2) = (0,142+0,0108)/36 = 0,0042$ (0,42 %) Сделан вывод об опасности данной концентрации для человека	1
ИТОГО	6 баллов

Задание 10.2.

При термическом разложении соли оранжевого цвета X массой 12,6 образуется твердое вещество оксид А, бесцветный газ В объемом 1,12 л (н.у.) и жидкость объемом 3,6

мл. После алюмотермии вещества А получается металл Д, массой 5,2 г, а также образуются 5,1 г оксида алюминия.

1. Определить вещества Х, А, В, С, Д.
2. Написать уравнения реакций, которые приведены в задании.
3. Произвести расчеты, доказывающие правильность сделанных Вами выводов об определении веществ.

10 баллов

Критерии оценивания*

Содержание правильного ответа	Балл
<p>1. По данным уравнения реакции алюмотермии рассчитана молярная масса металла Д (любым способом) Масса эквивалента оксида алюминия составляет $M_{\text{э}}(\text{Al}_2\text{O}_3) = M_{\text{э}}(\text{Al}) + M_{\text{э}}(\text{O}) = 17 \text{ г/моль}$, следовательно $M_{\text{э}}(\text{Д}) = m(\text{Д}) \cdot M_{\text{э}}(\text{Al}_2\text{O}_3) / m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 17,33 \text{ г/моль}$ $M(\text{Д}) = 17,33 \cdot 3 = 52 \text{ г/моль}$ (другие значения степени окисления Д, +1 или +2, не подходят)</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Допустим, что степень окисления металла Д = +у, следовательно, уравнение алюмотермии может быть записано следующим образом $\text{Д}^{+y}\text{O}_{y/2} + y/3\text{Al} = y/6\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Д}$ $n(\text{Д}) = n(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot 6/y = 0,05 \cdot 6/y = 0,3/y$, следовательно $M(\text{Д}) = 5,2 \cdot y/0,3$, только при $y = 3$ получается правильное значение: $M(\text{Д}) = 52 \text{ г/моль}$ Д – хром (Cr); А – оксид хрома (III) (Cr_2O_3)</p>	3
<p>2. Записано уравнение алюмотермии и рассчитана масса оксида хрома (III) $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 2\text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{Cr}$ $m(\text{Cr}_2\text{O}_3) = 0,05 \cdot 152 = 7,6 \text{ г}$</p>	1
<p>3. Рассчитана молярная масса газа В и определен газ В По закону сохранения массы $m(\text{В}) = 12,6 - 3,6 - 7,6 = 1,4 \text{ г}$ $n(\text{В}) = 1,12 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,05 \text{ моль}$ $M(\text{В}) = 1,4 / 0,05 = 28 \text{ г/моль}$ В – азот (N_2)</p>	2
<p>4. Определены отношения количеств веществ, образующихся при разложении Х, и определен состав и формула вещества Х Если предположить, что жидкость С – вода, то $n(\text{H}_2\text{O}) = 3,6 / 18 = 0,2 \text{ моль}$ $n(\text{Cr}_2\text{O}_3) : n(\text{N}_2) : n(\text{H}_2\text{O}) = 0,05 : 0,05 : 0,2 = 1 : 1 : 4$ $\text{X} = \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$, отсюда Х имеет состав $\text{Cr}_2\text{N}_2\text{H}_8\text{O}_7$ Для этого состава возможна формула: $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – бихромат аммония</p>	3
<p>5. Приведена реакция разложения бихромата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7 = \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{N}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$</p>	1
ИТОГО	10 баллов

*Если приведены только формулы веществ и уравнения реакций, то за каждую формулу и уравнение по 0,5 балла (max -3,5 балла)

Задание 10.3.

До 60-х годов прошлого века существовало мнение об абсолютной инертности благородных газов, но в 1962 году появилась первая публикация о получении их соединений.

При взаимодействии инертного газа А с чрезвычайно активным газообразным веществом В образуется соединение В с массовой долей элемента А - 53,47%. При пропускании тока влажного воздуха над В образуется вещество Г с массовой долей элемента А - 58,80%. Затем образуется вещество Д, не содержащее атомов, образующих вещество В; массовая доля А в нем 73,23%. Это соединение крайне неустойчиво, при его разложении мощность взрыва приближается к мощности взрыва тротила.

Описанные превращения нельзя проводить в стеклянной посуде

1. Определите вещества А- Д.
2. Произвести расчеты, доказывающие правильность сделанных Вами выводов об определении веществ.
3. Напишите уравнения упомянутых реакций.
4. Почему данные химические реакции нельзя проводить в стеклянной посуде? Доказать вывод уравнением реакции. (13 баллов)

Критерии оценивания*

Содержание правильного ответа	Балл
1. Инертные газы непосредственно реагируют только со фтором, поэтому вещество В - фтор (F ₂).	1
2. Рассчитана молярная масса инертного газа А (любым возможным способом) Массовая доля фтора в соединении С $W(F) = 100 - 53,47 = 46,53\% (0,4653)$ Молярная масса эквивалента А $Mэ(A) = 19/0,4653 - 19 = 21,834 \text{ г/моль}$ Из инертных газов соединения образуют только Kr, Xe, Rn. Отношение молярной массы А к молярной массе эквивалента должно быть целым числом. Из всех газов подходит только ксенон $M(Xe)/Mэ(A) = 131,29/21,834 = 6$ ИЛИ В – AF _x , следовательно, $M(A) = 19x \cdot 0,5347/0,4653 = 2,834x$, где x – целое число Из всех газов подходит только ксенон: В – XeF ₆	3
4. Приведено уравнение реакции $Xe + 3F_2 \rightarrow XeF_6$	1
4. Рассчитан состав вещества Г $M(G) = M(Xe)/W(Xe) = 131,3/0,5880 = 223,3 \text{ г/моль}$ Исходя из предположения, что в его состав входят только Xe, F и O, путем перебора устанавливаем единственно возможный вариант Г - XeOF ₄ (оксофторид ксенона)	2
5. Рассчитан состав вещества Д (содержит только Xe и O) $M(D) = M(Xe)/W(Xe) = 131,3/0,7323 = 179,3 \text{ г/моль}$ Пусть формула Д – Xe ^{+y} O _{y/2} $179,3 = 131,3 + 8y, y=6, Д - XeO_3$ (оксид ксенона)	2
6. Приведены уравнения реакций (по 1 баллу за каждое уравнение) $XeF_6 + H_2O \rightarrow XeOF_4 + 2HF$ $XeOF_4 + 2H_2O \rightarrow XeO_3 + 4HF$	2
7. Дано объяснение невозможности проводить реакции в стеклянной посуде: выделяющаяся при этом плавиковая кислота растворяет входящий в состав стекла оксид кремния:	2

Содержание правильного ответа	Балл
$\text{SiO}_2 + 4\text{HF} + \text{SiF}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	
ИТОГО	13 баллов

*Если приведены только формулы веществ и уравнения реакций, то за каждую формулу и уравнение по 0,5 балла (max - 4 балла)

Задание 10.4.

Хлорпроизводное углеводорода является простейшим в ряду соединений, содержащих равное количество атомов углерода, водорода и хлора.

1. Напишите молекулярную формулу данного вещества.
2. Напишите структурные формулы всех изомеров данного соединения и приведите их названия по систематической номенклатуре.
3. Напишите уравнения реакций этих соединений с водородом, бромной водой, кислородом воздуха. Назовите органические продукты реакций. (8 баллов)

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Определена молекулярная формула хлорпроизводного Формула хлорпроизводного углеводорода: $(\text{CHCl})_n$. Простейшее соединение в данном ряду при $n=2$ - $\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$	0,5 балла
2. Приведены структурные формулы изомеров и названия каждого соединения (за каждую формулу и название – 0,5 балла) Этой формуле соответствует три изомера: $\text{CH}_2=\text{CCl}_2$ – 1,1-дихлорэтен (1,1-дихлорэтилен), $\text{CHCl}=\text{CHCl}$ – цис- и транс-1,2-дихлорэтены (1,2-дихлорэтилены).	3
4. Приведены уравнения реакций и названия полученных соединений по 0,5 балла за каждое уравнение и название) $\text{CH}_2=\text{CCl}_2 + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3-\text{CHCl}_2$ - 1,1-дихлорэтан $\text{CHCl}=\text{CHCl} + \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Cl}-\text{CH}_2\text{Cl}$ - 1,2-дихлорэтан $\text{CH}_2=\text{CCl}_2 + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CH}_2\text{Br}-\text{CCl}_2\text{Br}$ - 1,2-дибром-1,1-дихлорэтан $\text{CHCl}=\text{CHCl} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{CHClBr}-\text{CHClBr}$ - 1,2-дибром-1,2-дихлорэтан $2\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Cl}_2$	4,5 балла
ИТОГО	8 баллов

Задание 10.5.

В 6 пробирках находятся растворы 6 бесцветных растворов неорганических солей: нитраты серебра и свинца (II), гидроксид лития, бромид бария, иодид кальция и карбонат калия. Не используя дополнительных реактивов, распознайте их, предварительно составив план эксперимента. Напишите краткие ионные уравнения проведенных реакций.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Составлен план эксперимента в виде таблицы-матрицы* (или иным другим способом)	2
2. Приведены краткие ионные уравнения реакций и указаны признаки реакций (по 0,5 балла за каждое уравнение и каждый указанный признак) 1) $2\text{OH}^- + 2\text{Ag}^+ = \text{Ag}_2\text{O}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ 2) $\text{Ag}^+ + \text{Br}^- = \text{AgBr}\downarrow$	11

Содержание правильного ответа	Балл
3) $\text{Ag}^+ + \text{J}^- = \text{AgJ} \downarrow$ 4) $2\text{Ag}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{Ag}_2\text{CO}_3 \downarrow$ 5) $\text{Pb}^{2+} + 2\text{OH}^- = \text{Pb}(\text{OH})_2 \downarrow$ 6) $\text{Pb}^{2+} + 2\text{Br}^- = \text{PbBr}_2 \downarrow$ 7) $\text{Pb}^{2+} + 2\text{J}^- = \text{PbJ}_2 \downarrow$ 8) $\text{Pb}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{PbCO}_3 \downarrow$ 9) $2\text{Li}^+ + \text{CO}_3^{2-} = \text{Li}_2\text{CO}_3 \downarrow$ 10) $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{BaCO}_3 \downarrow$ 11) $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3 \downarrow$	
ИТОГО	13 баллов

*Таблица - матрица

Вещества	AgNO_3	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	LiOH	BaBr_2	CaJ_2	K_2CO_3	
AgNO_3	-	-	серый↓	желтов↓	желтый↓	белый↓**	1
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	-	-	белый↓	белый↓	желтый↓*	белый↓	2
LiOH	серый↓	белый↓	-	-	-	белый↓	3
BaBr_2	желтов↓	белый↓	-	-	-	белый↓	4
CaJ_2	желтый↓	желтый↓*	-	-	-	белый↓	5
K_2CO_3	белый↓**	белый↓	белый↓	белый↓	белый↓	-	6

*- при перекристаллизации получают золотистые кристаллы

** - вещество темнеет на свету