

**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2021 - 2022 учебный год
9 класс
Максимальный балл – 46**

Задание 9.1.

Юный химик Петя решил совершить полет на воздушном шаре. Для наполнения его газом Пётр решил использовать водород. Для получения необходимого объема водорода он растворил металлическую дверную ручку в растворе щелочи.

Вопросы:

1. Какое количество водорода необходимо, чтобы заполнить воздушный шар диаметром 1 м при температуре 25⁰С (формула объема шара: $V = \frac{4}{3}\pi r^3$).
2. Из какого металла сделана дверная ручка, если известно, что масса ручки – 384 г, она растворилась полностью (другими примесями можно пренебречь)
3. Какими еще способами можно было получить водород. Привести уравнения 4 принципиально различных способов получения водорода.
4. Найти массовую долю щелочи в растворе после реакции, если известно, что для растворения дверной ручки Петя использовал 2300 г 40% раствора едкого натра.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Рассчитан объем шара $V_{\text{шара}} = 4/3 \cdot 3,14 \cdot 0,5^3 = 0,523 \text{ м}^3$ (523л)	1
2. Рассчитано количество водорода любым способом $n(\text{H}_2) = PV/RT = 523 \cdot 101/8,31 \cdot (25+273) = 21,33$ моль или с использованием соотношения $V_1/T_1 = V_2/T_2$ $n(\text{H}_2) = 523 \cdot 273/(25+273)/22,4 = 21,40$ моль	1
3. Приведено уравнение реакции ручки со щелочью (рассматриваются возможные степени окисления Me: +2 или +3) $\text{Me} + 2\text{NaOH} + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Me}^{+2}(\text{OH})_4] + \text{H}_2 \uparrow$ $2\text{Me} + 2\text{NaOH} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{Na}[\text{Me}^{+3}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2 \uparrow$	1
4. Рассчитана молярная масса и определен металл, из которого сделана дверная ручка: если степень окисления металла +2, то $M(\text{Me}) = 384 \text{ г} / 21,33 \text{ моль} = 18 \text{ г/моль}$ (не существует) если степень окисления металла +3, то $M(\text{Me}) = (384 \text{ г} / 21,33 \text{ моль}) \cdot 3/2 = 27 \text{ г/моль}$ (Al – алюминий)	1
5. Определено количество и масса щелочи в растворе после реакции было $n(\text{NaOH}) = 2300 \cdot 0,4/40 = 23$ моль стало $n(\text{NaOH}) = 23 - 21,33 \cdot 2/3 = 8,78$ моль $m(\text{NaOH}) = 8,78 \cdot 40 = 351,2 \text{ г}$	2
6. Определены масса раствора и массовая доля щелочи в растворе после реакции $m_{\text{р-ра}} = 2300 + 384 - 21,33 \cdot 2 = 2641,34 \text{ г}$ $W(\text{NaOH}) = 351,2/2641,34 = 0,133$ (13,3%)	2
7. Приведены уравнения 4 принципиально различных способов получения водорода (по 0,5 балла за каждое)	2

уравнение) $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} = 2\text{NaOH} + \text{H}_2$ $\text{NaH} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH} + \text{H}_2$ $\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2$ $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ Возможны другие варианты	
ИТОГО	10 баллов

Задание 9.2.

Бесцветный газ А с чесночным запахом (плотность А при нормальных условиях 3,48 г/л) довольно легко воспламеняется на воздухе. При сжигании 450 мл А образуется 2,3 г твёрдого вещества В и 0,54 мл жидкости С. Нагревание такого же количества А выше 500°C без доступа воздуха приводит к образованию двух простых веществ - твёрдого D массой 1,5 г и 675 мл газа Е. Объемы всех газов измерены при нормальных условиях.

1. Определите вещества А — Е.
2. Напишите уравнения реакций, указанных в задаче
3. Проведите подтверждающие расчеты.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Определена молярная масса А $M(\text{A}) = 3,48 \cdot 22,4 = 78 \text{ г/моль}$	1
2. Определено вещество А – AsH ₃ (арсин)	1
3. Определена молярная масса и формула оксида мышьяка, образованного при горении арсина (вещество В) $n(\text{оксида}) = 1/2 \cdot (0,45 : 22,4) = 0,01 \text{ моль}$ $M = 2,3 / 0,01 = 230 \text{ г/моль (As}_2\text{O}_5 \text{ – оксид мышьяка(V))}$	1
4. Приведены уравнения реакций (по 0,5 балла за каждое уравнение) $2\text{AsH}_3 + 4\text{O}_2 = \text{As}_2\text{O}_5 + 3\text{H}_2\text{O}$ $2\text{AsH}_3 = 2\text{As} + 3\text{H}_2$	1
5. Определены вещества С, D, Е и приведены подтверждающие расчеты (без расчетов – 1 балл) С - H ₂ O; D – As (мышьяк); Е - H ₂ (водород) Доказано расчетами, что жидкость С – вода $n(\text{C}) = (0,45 : 22,4) \cdot 1,5 = 0,03 \text{ моль}$ $M(\text{C}) = 0,54 / 0,03 = 18 \text{ г/моль}$ Доказано расчетами, что D – мышьяк $n(\text{D}) = 1,5 / (0,45 : 22,4) = 75 \text{ г/моль}$ Доказано расчетами, что Е – водород $V(\text{H}_2) / V(\text{AsH}_3) = 0,675 / 0,450 = 3/2$, что соответствует уравнению реакции	3
ИТОГО	7 баллов

Задание 9.3.

Сплав М впервые получили в Древнем Риме при правлении императора Августа в первом веке нашей эры. Сейчас сплав М находит широкое применение в качестве конструкционного материала в машиностроении, технике и в ювелирных изделиях. В состав сплава помимо примесей входят два металла А и Б. Металл А имеет характерный красноватый цвет. При добавлении в раствор с катионами металла А избытка концентрированного раствора аммиака цвет становится темно-синим. Металл Б находится в периодической таблице элементов рядом с металлом А, его оксид белого цвета при

нагревании желтеет, а при охлаждении снова белеет. Оксид металла Б способен растворяться в избытке гидроксида лития. В результате реакции металла А с большим избытком концентрированной кислоты В получается, среди прочего, газ Г. Металл Б может реагировать с разбавленной кислотой В с выделением газа Д. Пары металла Б реагируют при температуре 900°С с газом Г с образованием двух твердых вещества Ж и З, которые имеют одинаковую кристаллическую структуру. Соотношение масс молярных соединений Ж и З составляет около 1:1,2.

1. Напишите формулы и дайте систематические названия веществ А-З.
2. Запишите уравнения реакций, указанных в задаче.
3. Объясните, почему металлы А и Б реагируют с кислотой В по-разному.
4. Дайте название сплава М.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Определены вещества А-З и сплав М (по 0,5 балла за каждое вещество) А – медь; Б – цинк; В – серная кислота; Г – оксид серы (IV); Д – водород; Ж – оксид цинка; З – сульфид цинка; М – латунь (сплав меди и цинка)	4
2. Приведены уравнения реакций (по 1 баллу за каждое уравнение) $\text{Cu}^{2+} + 4\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ $\text{ZnO} + 2\text{LiOH} + \text{H}_2\text{O} = \text{Li}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$ $3\text{Zn}(\text{г}) + \text{SO}_2(\text{г}) = 2\text{ZnO}(\text{тв}) + \text{ZnS}(\text{тв})$	5
3. Приведены расчеты по определению веществ Ж и З $M(\text{ZnO}) / M(\text{ZnS}) = 81/97 = 1/1,2$	0,5
Дано объяснение разному протеканию реакций меди и цинка с серной кислотой	0,5
ИТОГО	10 баллов

Задание 9.4.

Расставьте коэффициенты в уравнениях следующих реакций:

1. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbO} + \text{NO}_2 + \text{O}_2$
2. $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + \text{S}$
3. $\text{V}_2\text{O}_5 + \text{C} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{VOCl}_3 + \text{COCl}_2$
4. $\text{KCN} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCOOK} + \text{NH}_3$
5. $\text{Ag}_3\text{IO}_5 + \text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_5\text{IO}_6 + \text{AgCl} + \text{O}_2$
6. $\text{KNO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{NO}$

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
Расставлены коэффициенты в уравнениях реакций (по 1 баллу за каждое уравнение) $2\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow 2\text{PbO} + 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$ $2\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5 \rightarrow 2\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2 + \text{S}$ $\text{V}_2\text{O}_5 + 3\text{C} + 6\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{VOCl}_3 + 3\text{COCl}_2$ $\text{KCN} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HCOOK} + \text{NH}_3$	6

$4\text{Ag}_3\text{IO}_5 + 6\text{Cl}_2 + 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_5\text{IO}_6 + 12\text{AgCl} + 3\text{O}_2$ $3\text{KNO}_2 + \text{KNO}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow 2\text{K}_2\text{CrO}_4 + 4\text{NO}$	
ИТОГО	6 баллов

Задание 9.5.

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) $\text{Ag}^+ + \text{Br}^- = \text{AgBr}\downarrow$ 3) $\text{Ag}^+ + \text{I}^- = \text{AgI}\downarrow$ 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) $\text{Pb}^{2+} + 2\text{I}^- = \text{PbI}_2\downarrow$ 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) $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3\downarrow$	11
ИТОГО	13 баллов

*Таблица - матрица

Вещества	AgNO_3	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	LiOH	BaBr_2	CaI_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
CaI_2	желтый↓	желтый↓*	-	-	-	белый↓	5
K_2CO_3	белый↓**	белый↓	белый↓	белый↓	белый↓	-	6

*- при перекристаллизации получают золотистые кристаллы

** - вещество темнеет на свету