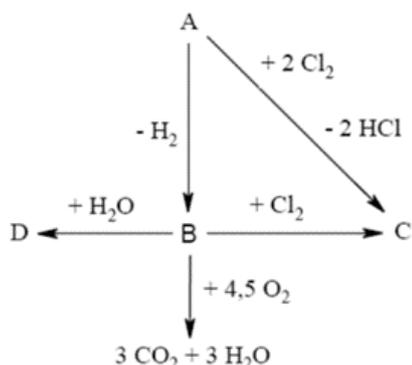


**Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников
по химии
2022 – 2023 учебный год
10 класс
Максимальный балл – 100 баллов**

Задание 10.1. (максимум 20 баллов)

На схеме, приведенной ниже, показаны пять реакций



1. Запишите названия и формулы веществ А, В, С и D (известно, что это органические вещества).
2. Напишите уравнения реакций, представленных на схеме, и определите типы реакций. Формулы веществ должны быть представлены в структурном виде.
3. В реакции А с хлором могут быть получены 3 дихлорпроизводных. Соединение С не является главным продуктом реакции. Напишите уравнение реакции получения еще одного наиболее вероятного дихлорпроизводного. Дайте название данному соединению.
4. Можно ли получить из соединения С вещество В. Если да, то приведите уравнение реакции

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Одна из реакций – реакция горения $V + 4,5O_2 = 3CO_2 + 3H_2O$ Так как, количество атомов кислорода слева и справа одинаково, следовательно, В – углеводород, по количеству атомов углерода и водорода определяем В – C₃H₆ (пропен)	4
2. А – C₃H₈ – пропан $C_3H_8 \rightarrow C_3H_6 + H_2$ – элиминирование (дегидрирование)	3
3. А → С: $CH_3-CH_2-CH_3 + 2Cl_2 \rightarrow CH_2Cl-CHCl-CH_3 + 2HCl$ С - CH₂Cl-CHCl-CH₃ – 1,2 – дихлорпропан, реакция замещения	3
4. В → С: $CH_2=CH-CH_3 + Cl_2 \rightarrow CH_2Cl-CHCl-CH_3$ Реакция присоединения	3
5. В → D $CH_2=CH-CH_3 + H_2O \rightarrow CH_3-CH(OH)-CH_3$ D – CH₃-CH(OH)-CH₃ - пропанол-2 Реакция присоединения, гидратация	3
6. $CH_3-CH_2-CH_3 + 2Cl_2 \rightarrow CH_3-C(Cl)_2-CH_3 + 2HCl$ CH₃-C(Cl)₂-CH₃ – 2,2-дихлорпропан	2

Содержание правильного ответа	Балл
7. С → В: $\text{CH}_2\text{Cl}-\text{CHCl}-\text{CH}_3 + \text{Mg} \rightarrow \text{MgCl}_2 + \text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$	2
ИТОГО	20 баллов

Задание 10.2. (максимум 20 баллов)

Смесь, состоящую из 4 мл углеводорода и 20 мл кислорода сожгли. По окончании реакции вещества пропустили через избыток раствора известковой воды, 8 мл газа не поглотилось.

Известно, что данный углеводород способен вступать в другие реакции с кислородом, образуя при определенных условиях еще два вещества с той же молекулярной массой, что и углекислый газ.

Одно из этих веществ при взаимодействии с водой образует соединение с массовой долей кислорода 51,6%.

1. Определить углеводород, выводы подтвердить расчетами. Дать его название.
2. Написать уравнения реакций, упомянутых в задаче. В уравнениях вещества должны быть написаны структурными формулами.
3. Определить вещества, образующиеся при взаимодействии углеводорода с кислородом. У каждого из них есть несколько названий, указать не менее двух названий для каждого. Указать условия их получения.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Реакция горения $\text{C}_x\text{H}_y + (x+y/4)\text{O}_2 = x\text{CO}_2 + y/2\text{H}_2\text{O}$ $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ Газ, который не поглотился раствором, избыток кислорода, следовательно, кислорода прореагировало 12 мл. То есть, $n(\text{C}_x\text{H}_y)/n(\text{O}_2) = 1/3$ $x + y/4 = 3$ Данное равенство соблюдается при $x=2, y=4$ Углеводород – C_2H_4 - этен	8
2. $2\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CH}_2-\underset{\text{O}}{\text{CH}_2}$ (оксид этилена, эпоксиэтан) $\text{CH}_2(\text{O})\text{CH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_2\text{OH} - \text{CH}_2\text{OH}$ (этандиол, этиленгликоль) $w(\text{O}) = 32/62 = 0,516$ (51,6%) Реакция идет в присутствии серебра	8
3. $2\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COH}$ (этаналь, ацетальальдегид) Катализаторы: $\text{CuCl}_2, \text{PdCl}_2$	4
ИТОГО	20 баллов

Задание 10.3. (максимум 20 баллов)

«Когда требуется приготовить водород в большом количестве для заполнения аэростатов, употребляют деревянные, внутри обложенные свинцом бочки или медные сосуды, наполняют их железными обрезками и приливают серной кислоты, разбавленной водой, а выделяющийся из многих бочек водород проводят свинцовыми трубками в особые бочки с водой (чтобы охладить) и с известью (чтобы отделить кислые пары). При помощи замазки из теста или из смолы делают все стыки герметическими, чтобы не было потери газа.

Жиффар в 1878 г. для заполнения своего огромного аэростата (25 000 куб. метров емкости) устроил сложный прибор для непрерывного добывания водорода, причем в сосуд,

содержащий железо, непрерывно вливалась смесь серной кислоты и воды, а из него постоянно вытекал раствор образовавшегося купороса».

«Водород, получаемый при действии цинка или железа на серную кислоту, обыкновенно имеет запах сероводородного газа (тухлых яиц), потому что этот последний примешан к нему. ... Нечистота водорода зависит от подмесей, содержащихся в цинке или железе и в серной кислоте, и от второстепенных реакций, идущих наряду с главной. Нечистый водород можно очистить от подмесей...» (Д.И. Менделеев «Основы химии». Госкомиздат. М.Л. 1932. т. 1, стр. 291.)

1. Напишите уравнение реакции получения водорода, о котором идет речь в первом абзаце.
2. Сколько л серной кислоты (60%, пл. 1,50 г/мл) потребуется для проведения этого процесса?
3. Сколько кг железного купороса можно выделить из «раствора образовавшегося купороса»?
4. Напишите уравнения реакций образования примесного газа (как от «подмесей», так «и от второстепенных реакций»).
5. Оцените подъемную силу азростата, считая, что заполнение производилось при нормальных условиях.
6. Для чего служат охлаждение и известь? Написать возможные уравнения реакций
7. Приведите химические уравнения получения серной кислоты во второй половине XIX века.
8. Приведите современный дешевый (промышленный) способ получения водорода (уравнение реакции).

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Реакция получения водорода: $\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\uparrow$ $n(\text{H}_2) = 25 \cdot 10^6 / 22,4 = 1,116 \cdot 10^6 \text{ моль.}$ $m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 1,116 \cdot 10^6 \cdot 98 = 1,094 \cdot 10^8 \text{ г} = 1,094 \cdot 10^5 \text{ кг} \approx 109 \text{ т.}$ $V(\text{H}_2\text{SO}_4)_{\text{р-р}} = 1,094 \cdot 10^5 / 0,6 / 1,5 = 1,22 \cdot 10^5 \text{ л} = 122 \text{ м}^3$	4
2. Количество образующегося железного купороса составляет $n(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 1,116 \cdot 10^6 \text{ моль.}$ $m(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 1,116 \cdot 10^6 \cdot 278 = 3,1 \cdot 10^8 \text{ г} = 3,1 \cdot 10^5 \text{ кг} = 310 \text{ т}$	2
3. Примесь в металлическом железе, дающая в реакции с серной разбавленной кислотой - сульфид железа (II): $\text{FeS} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow$ Параллельно с реакцией образования водорода в реакции серной кислоты с металлами образуется сероводород: $4\text{Fe} + 5\text{H}_2\text{SO}_4 = 4\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$	4
4. Максимальная подъемная сила азростата составит $(29-2) \cdot 1,116 \cdot 10^6 = 3,01 \cdot 10^7 \text{ г} = 3,01 \cdot 10^4 \text{ кг} = 30,1 \text{ т.}$	2
5. Охлаждение и известь необходимы для очистки водорода от водяных паров, брызг кислоты. Известь, кроме того, способна поглощать и примеси (например, сероводород). $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ $2\text{H}_2\text{S} + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Ca}(\text{HS})_2 + 2\text{H}_2\text{O}$	3
6. Основным способом получения серной кислоты в конце XIX века был нитрозный способ (окисление оксида серы (IV) кислородом воздуха в присутствии оксида азота (IV)). $4\text{SO}_2 + \text{O}_2 + 4\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{NOHSO}_4$ $2\text{NOHSO}_4 + \text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}\uparrow + \text{NO}_2\uparrow$	3

Содержание правильного ответа	Балл
$2\text{NO} + \text{O}_2 = 2\text{NO}_2$	
7. Основной промышленный путь получения водорода в настоящее время - конверсия метана: $\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$	2
ИТОГО	20 баллов

Задание 10.4. (максимум 20 баллов)

7,44 г кристаллогидрата соединения натрия (А) при нагревании до 60-70° С превращается в жидкость, которая при 110—120° С образует 4,74 г твердого соединения В (реакция 1), которое плавится без разложения при еще более высокой температуре. Соединение В применяется в медицине, является антидотом. Оказывает противочесоточное, противопаразитарное, противовоспалительное, дезинтоксикационное и десенсибилизирующее действие.

Добытое соединение В массой 4,74 г разделено на три равные части. Если первую часть внести в избыток концентрированной серной кислоты, выделяется 896 мл газа С (реакция 2). При нагревании другой части с концентрированной азотной кислотой выделяется 1792 мл газа Д (реакция 3). При взаимодействии третьей части соединения В с избытком соляной кислоты выделяется 224 мл газа С и образуется 0,32 г твердого простого вещества Е желтого цвета (реакция 4). Газы С и Д реагируют между собой с образованием твердого белого вещества F и газа G (реакция 5), который можно добыть кипячением вещества Е с разбавленной азотной кислотой (реакция 6). В реакции соединения веществ Е (0,32 г) и F образуется 672 мл газа С (реакция 7).

Объемы газов измерены при нормальных условиях.

Вопросы

1. Определите формулы соединений А- G.
2. Составьте уравнения всех упомянутых реакций.
3. Подтвердите выводы расчетами

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Упоминание простого вещества желтого цвета указывает, что речь идет о соединениях серы. Упомянутые химические процессы соответствуют свойствам тиосульфата. Таким образом, А - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ При нагревании: (1) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + x\text{H}_2\text{O}$ $m(\text{H}_2\text{O}) = 7,44 - 4,74 = 2,7 \text{ г}$ $n(\text{H}_2\text{O}) = 2,7/18 = 0,15 \text{ моль}$ $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 4,74/158 = 0,03 \text{ моль}$ $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)/ n(\text{H}_2\text{O}) = 1/5$, следовательно А - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, В - $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ Так как 4,74 г $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ разделили на 3 части, каждая часть составляет: $m(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 4,74/3 = 1,58 \text{ г}$ $n(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = 1,58/158 = 0,01 \text{ моль}$	4
2. Составляем уравнения упомянутых химических процессов (2) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{SO}_{4(\text{к})} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2\uparrow + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ Так как кислоты избыток, она прореагирует с серой* $\text{S} + 2\text{H}_2\text{SO}_{4(\text{к})} = 3\text{SO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ Таким образом, на 0,01 моль тиосульфата образуется 0,04 моль SO_2 , то есть 896 мл	3

Содержание правильного ответа	Балл
С - SO₂	
3. (3) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HNO}_3(\text{к}) = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}_2\uparrow + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ Так как кислоты избыток, она прореагирует с серой* $\text{S} + 6\text{HNO}_3(\text{к}) = \text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{NO}_2\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ Таким образом, на 0,01 моль тиосульфата образуется 0,08 моль NO ₂ , то есть 1792 мл Д - NO₂	3
4.(4) $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} = 2\text{NaCl} + \text{SO}_2\uparrow + \text{S}\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ $n(\text{SO}_2) = 0,01$ моль (224 мл), $n(\text{S}) = 0,01$ моль (0,32 г) Е - S	3
5.(5) $\text{SO}_2 + \text{NO}_2 = \text{SO}_3 + \text{NO}$ (6) $\text{S} + 2\text{HNO}_3(\text{р-р}) = \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NO}\uparrow$ Г - SO₃; Д - NO	5
6. (7) $\text{S} + 2\text{SO}_3 = 3\text{SO}_2$ $n(\text{S}) = 0,01$ моль (0,32 г), $n(\text{SO}_2) = 0,03$ моль (672 мл)	2
ИТОГО	20 баллов

*реакция может быть записана в одну стадию

За каждую реакцию и расчет - 2 балла, за каждое вещество по 1 баллу

Задание 10.5. (мысленный эксперимент) (максимум 20 баллов)

В лаборатории были обнаружены 5 баночек с утерянными этикетками, содержащие бесцветные кристаллические вещества. Для идентификации веществ были приготовлены насыщенные при комнатной температуре растворы, с которыми был проведен ряд экспериментов.

Полученные результаты приведены в таблице.

Реагент	1	2	3	4	5
р-р HCl	↑, без цвета, без запаха	↑, без цвета, без запаха	↑, без цвета, неприятный запах	↑, окрашен (бурый), неприятный запах	↑, окрашен, неприятный запах
р-р CaCl ₂	↑, без цвета, без запаха ↓, белый	↓, белый	↓, белый	—	—
р-р KMnO ₄ (H ⁺)	↑, без цвета, без запаха	↑, без цвета, без запаха	обесцвечивание	обесцвечивание	—
р-р KI (H ⁺)	↑, без цвета, без запаха	↑, без цвета, без запаха	—	↓, темный	↓, темный

Примечание: р-р – раствор, ↑ - газовыделение, ↓ - осадок, H⁺ - подкисленный раствор.

1. Определите, что могло содержаться в банках (1-5), учитывая, что растворы 1-3 окрашивают пламя газовой горелки в желтый цвет, а растворы 4 и 5 практически не меняют окраски пламени, придавая ему слабый фиолетовый оттенок. Напишите названия веществ.

2. Напишите уравнения реакций, использованных для определения веществ.

Критерии оценивания

Содержание правильного ответа	Балл
1. Окрашивание пламени газовой горелки в желтый цвет свидетельствует о присутствии в соединениях 1-3 атомов натрия, слабый фиолетовый оттенок пламени в случае соединений 4 и 5 – о наличии атомов калия.	2
2. Неокрашенный газ без запаха, образующийся при действии кислоты, может быть CO_2 , тогда вещества 1 и 2 - карбонат натрия Na_2CO_3 и гидрокарбонат натрия NaHCO_3 . $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{CO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$	2
3. Так как с CaCl_2 вещество 1 образует осадок и газ, а вещество 2 только осадок, следовательно 1 - NaHCO_3 ; 2 - Na_2CO_3 $2\text{NaHCO}_3 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + \text{CO}_2\uparrow + 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$	3
4. Взаимодействие подкисленного раствора перманганата (обесцвечивание) с веществами 3 и 4 определяет их восстановительные свойства, а реакция с подкисленным раствором KI веществ 4 и 5 определяет их окислительные свойства. Следовательно, соединение 3 - восстановитель, 5 - окислитель, а 4 - и окислитель и восстановитель одновременно.	2
5. При взаимодействии соединения 3 с HCl выделяется газ с неприятным запахом, а с CaCl_2 образуется осадок, что позволяет предположить, что соединение 3 - Na_2SO_3 – сульфит натрия $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CaCl}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$ $5\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$	4
6. При взаимодействии соединения 4 , обладающего и окислительными, и восстановительными свойствами, с HCl выделяется окрашенный газ с неприятным запахом, предположительно, NO_2 . Вывод: 4 – KNO_2 , нитрит калия $2\text{KNO}_2 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{KCl} + \text{NO}\uparrow + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$ $5\text{KNO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 5\text{KNO}_3 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ $2\text{KNO}_2 + 2\text{KI} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{I}_2\downarrow + 2\text{NO}\uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$	4
7. Окислитель 5 , образующий окрашенный газ с неприятным запахом при действии соляной кислоты, не образующий осадка с ионами кальция может быть хлоратом калия KClO_3 . $\text{KClO}_3 + 6\text{HCl} \rightarrow \text{KCl} + 3\text{Cl}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ $\text{KClO}_3 + 6\text{KI} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 3\text{K}_2\text{SO}_4 + 3\text{I}_2\downarrow + \text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$ 5 - KClO_3 – хлорат калия	3
ИТОГО	20 баллов