

Задача 10-1

В лаборатории в одном сосуде хранилось 200 мл 15%-ного раствора серной кислоты (плотность 1,10 г/мл), а в другом — 150 мл раствора серной кислоты с молярной концентрацией 3 моль/л. Эти растворы смешали и добавили воды до общего объёма 500 мл.

Полученный раствор использовали для анализа смеси алюминия и меди. Навеску смеси металлов обработали 60 мл разбавленного раствора кислоты. При этом один из металлов растворился, а второй не прореагировал. Масса не растворившегося остатка составила 2,15 г. Определите молярную концентрацию серной кислоты в разбавленном растворе и массовые доли (%) металлов в исходной смеси.

Задача 10-2

Предлагаем вам сыграть в «Химический морской бой». Кораблями являлись ячейки химических соединений, формулами, которые расположены на поле с буквенно-числовыми координатами. Зачитайте описание вещества и в матрице ответов отметьте место расположения кораблей (в соответствии с координатами), запишите формулу загаданного вещества. Построй свою матрицу, используя следующие описания веществ:

а) Корабль с координатами В2: Этот газ с резким запахом является одним из самых известных и важных соединений азота. Он очень хорошо растворяется в воде с образованием щелочного раствора, который используется в качестве удобрения и реактива. Относительная плотность этого газа по водороду равна 8,5.

б) Корабль с координатами Г4: Это органическое соединение содержит 54,24% кислорода, 5,08% водорода и углерод. Определите молекулярную формулу данного соединения и установите его строение если известно, что при взаимодействии 0,5 моль данного соединения с избытком гидрокарбоната натрия выделяется 22,4 л (н.у.) газа, а в его структуре отсутствуют третичные атомы углерода.

в) Корабль с координатами А1: Это неорганическое соединение, известное как "сухой лёд", используется для создания тумана на сцене и для охлаждения пищевых продуктов. При нормальных условиях оно не плавится, а возгоняется. Этот газ, образующийся при его возгонке, является виновником парникового эффекта.

г) Корабли с координатами Б5 и В5: Эти два органических вещества являются последовательными продуктами окисления. Вещество **Б5** — это альдегид с резким запахом, который является основным компонентом формалина. При его мягком окислении (например, аммиачным раствором оксида серебра) образуется вещество **В5**, двухосновная кислота, которую можно найти в желудках муравьёв.

Задания:

1. Построй свою матрицу боя, указав структурные формулы и названия веществ. Ваша матрица (поле 5x4).

2. Подтвердите формулу вещества из пункта **а)** расчетами. Запишите три способа получения вещества из пункта **а).**

3. Определите молекулярную, структурную формулу вещества из пункта б).

4. Напишите уравнение реакции «серебряного зеркала» с веществом Б5.

Задание 10-3

Для определения состава кристаллогидрата двойной соли – сульфата калия – железа (III) – образец массой 10,06 г прокалили до полного обезвоживания, после чего масса твердого остатка составила 5,74 г. Остаток растворили в воде, раствор разделили на две равные части. К одной из них добавили раствор хлорида бария, при этом выпал осадок массой 4,66 г. Другую часть обработали раствором аммиака, образовавшийся осадок отделили и прокалили. Масса осадка после прокаливания составляет 0,8 г. Выведите формулу соли. Напишите уравнения реакций (схемы процессов), протекающих в системе. Дайте название установленной соли.

Задача 10-4

При сжигании на воздухе серебристо-белого металла А образуется белый порошок вещества Б. Известно, что вещество Б вступает в реакции и с соляной кислотой, и с твёрдым гидроксидом натрия, а металл А не взаимодействует с холодной водой, но реагирует с перегретым водяным паром. Определите неизвестные вещества, если известно, что при сжигании металла А на воздухе масса твёрдого вещества увеличивается в 1,246 раза. Запишите уравнения всех упомянутых реакций. Предложите способ получения А из Б.

Задача 10-5

В отдельных пробирках находятся растворы солей: CuSO_4 , ZnCl_2 , $\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, CaSO_4 .

1. Какие соли относятся к солям амфотерных металлов?

2. Предложите (подберите) основание, с помощью которого нельзя разделить соли амфотерных металлов в пробирках. Обоснуйте выбор уравнениями реакций и укажите признаки их протекания.

3. Предложите (подберите) основание, с помощью которого можно разделить соли амфотерных металлов в пробирках. Обоснуйте выбор уравнениями реакций и укажите признаки их протекания.

Решение задачи 10-1

1. Находим массу и количество вещества H_2SO_4 в первом растворе:

Масса первого раствора: $m_1 = V_1 \cdot \rho_1 = 200 \text{ мл} \cdot 1,10 \text{ г/мл} = 220 \text{ г}$

Масса H_2SO_4 в первом растворе: $m_{H_2SO_4(1)} = m_1 \cdot \omega_1 = 220 \text{ г} \cdot 0,15 = 33 \text{ г}$

Количество вещества H_2SO_4 в первом растворе: $n_{H_2SO_4(1)} = \frac{m_{H_2SO_4(1)}}{M_{H_2SO_4}} = \frac{33 \text{ г}}{98 \text{ г/моль}} \approx 0,3367 \text{ моль}$

2. Находим количество вещества H_2SO_4 во втором растворе:

$n_{H_2SO_4(2)} = C_{M(2)} \cdot V_2 = 3 \text{ моль/л} \cdot 0,150 \text{ л} = 0,450 \text{ моль}$

3. Находим общее количество вещества H_2SO_4 после смешения:

$n_{H_2SO_4(\text{общ})} = n_{H_2SO_4(1)} + n_{H_2SO_4(2)} = 0,3367 \text{ моль} + 0,450 \text{ моль} = 0,7867 \text{ моль}$

4. Находим молярную концентрацию разбавленного раствора (в 500 мл):

• При разбавлении количество вещества серной кислоты не меняется: $n_{H_2SO_4(\text{конеч})} = n_{H_2SO_4(\text{общ})} = 0,7867 \text{ моль}$

• Конечный объём: $V_{\text{конеч}} = 0,500 \text{ л}$

• Концентрация конечного раствора: $C_{M(\text{конеч})} = \frac{0,7867 \text{ моль}}{0,500 \text{ л}} = 1,5734 \text{ М}$

5. Находим, какая порция кислотного раствора была использована:

• На реакцию с навеской израсходовано 60 мл (0,060 л) конечного раствора кислоты.

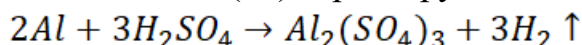
• Количество вещества H_2SO_4 в этой порции:

$n_{H_2SO_4(60 \text{ мл})} = C_{M(\text{конеч})} \cdot V_{\text{исп}} = 1,5734 \text{ моль/л} \cdot 0,060 \text{ л} \approx 0,0944 \text{ моль}$

6. Находим количество алюминия:

Медь (Cu) с разбавленной серной кислотой не реагирует.

• Алюминий (Al) реагирует с разбавленной серной кислотой:



По уравнению реакции находим количество вещества H_2SO_4 , пошедшее на реакцию с навеской:

• Стехиометрическое соотношение: $2Al : 3H_2SO_4$

• $n_{Al} = n_{H_2SO_4(\text{реакц})} \cdot \frac{2}{3} = 0,0629 \text{ моль}$

7. Находим массу алюминия:

• $m_{Al} = n_{Al} \cdot M_{Al} = 0,0629 \text{ моль} \cdot 27 \frac{\text{г}}{\text{моль}} = 1,6983 \text{ г} \approx 1,7 \text{ г}$

8. Находим массу смеси:

• $m_{\text{смеси}} = m_{Al} + m_{Cu} = 1,7 \text{ г} + 2,15 \text{ г} = 3,85 \text{ г}$

9. Рассчитываем массовые доли металлов:

• Массовая доля меди: $\omega_{Cu} = \frac{2,15}{3,85} \cdot 100\% \approx 55,84\%$

• Массовая доля алюминия: $\omega_{Al} = \frac{1,70}{3,85} \cdot 100\% \approx 44,16\%$

Критерии оценивания	балл
Написано уравнение реакции	1 балл
Найдена масса и количество вещества H_2SO_4 в первом растворе	1 балл
Найдено количество вещества H_2SO_4 во втором растворе	1 балл
Найдено общее количество вещества H_2SO_4 после смешения	1 балл
Найдена молярную концентрацию разбавленного раствора (в 500 мл)	1 балл
Найдено, какая порция кислотного раствора была использована	1 балл
Найдено, какая порция кислотного раствора была использована	1 балл
Найдено количество алюминия	1 балл
Найдена масса алюминия	1 балл
Рассчитаны массовые доли металлов	1 балл
Итого	10 баллов

Решение задачи 10-2

1. Построй свою матрицу боя, указав формулы и названия веществ.

Ваша матрица (поле 4x6):

	А	Б	В	Г
1	CO_2			
2			NH_3	
3				
4				$C_4H_6O_4$
5		CH_2O	$HCOOH$	

- **A1:** CO_2 — Оксид углерода (IV), диоксид углерода, углекислый газ.
- **B2:** NH_3 — Аммиак.
- **Г4:** $C_4H_6O_4$ — Бутандиовая (янтарная) кислота.
- **Б5:** CH_2O или $H-C(=O)H$ – Метаналь (формальдегид)
- **В5:** $HCOOH$ - Метановая (муравьиная) кислота

2. Подтвердите формулу вещества из пункта а) расчетами. Запишите три способа получения вещества из пункта а) (аммиак NH_3).

Подтвердить формулу аммиака можно сравнив его молярную массу с расчетной молярной массой:

$$M(\text{вещества}) = D_{H_2} \cdot M_{H_2} = 8,5 \cdot 2 = 17 \text{ (г/моль)}$$

$$M(NH_3) = M(\text{вещества})$$

- 1. Промышленный способ (Габера):** Прямой синтез из водорода и азота.
$$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 \text{ (катализатор, } T=450-500^\circ\text{C, } p=25-60 \text{ МПа)}$$
- 2. Лабораторный способ:** Нагревание солей аммония с щелочами.
$$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$$
- 3. Гидролиз нитридов:** Например, гидролиз нитрида лития.
$$\text{Li}_3\text{N} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{LiOH} + \text{NH}_3\uparrow$$

3. Определите молекулярную, структурную формулу и укажите название вещества из пункта б.

Поскольку в составе вещества присутствуют кислород, водород и углерод, то можно представить его молекулярную формулу в виде $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$

Пусть масса навески искомого органического вещества $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$ составляет 100 г. Вычислим массы и количества кислорода и водорода в его составе:

$$m(\text{O}) = m(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) \cdot \omega(\text{O}) / 100\% = 100 \text{ г} \cdot 54,24\% / 100\% = 54,24 \text{ г};$$

$$n(\text{O}) = m/M = 54,24 \text{ г} / 16 \text{ г/моль} = 3,39 \text{ моль};$$

$$m(\text{H}) = m(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) \cdot \omega(\text{H}) / 100\% = 100 \text{ г} \cdot 5,08\% / 100\% = 5,08 \text{ г};$$

$$n(\text{H}) = m/M = 5,08 \text{ г} / 1 \text{ г/моль} = 5,08 \text{ моль}.$$

Далее вычислим массу и количество углерода:

$$m(\text{C}) = m(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) - m(\text{O}) - m(\text{H}) = 100 \text{ г} - 54,24 \text{ г} - 5,08 \text{ г} = 40,68 \text{ г};$$

$$n(\text{C}) = m/M = 40,68 \text{ г} / 12 \text{ г/моль} = 3,39 \text{ моль}.$$

Запишем соотношение по молям для элементов, составляющих структуру $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$: $x : y : z = n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 3,39 : 5,08 : 3,39 = 1 : 1,5 : 1 = 2 : 3 : 2$; следовательно, $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ — простейшая формула искомого органического соединения.

Предположим, что $n=2$, тогда формула вещества имеет состав $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$. Для данной формулы существует несколько изомеров. Поскольку по описанию вещество реагирует с гидрокарбонатом натрия с образованием газа, то в нем содержатся карбоксильные группы. Исходя из молекулярной формулы, их может быть одна или две. Вычислим количество газа и установим соотношения для моно- и дикарбоновой кислот:

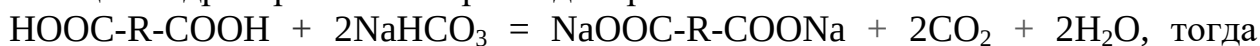
$$V(\text{CO}_2) = V/V_m = 22,4 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 1 \text{ моль}.$$

Реакция гидрокарбоната натрия с монокарбоновой кислотой:



$$n(\text{CO}_2)/n(\text{R-COOH}) = 1/1.$$

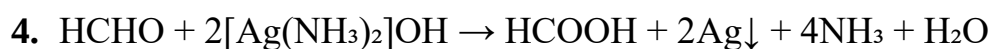
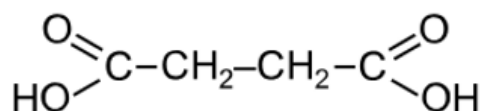
Реакция гидрокарбоната натрия с дикарбоновой кислотой:



$$n(\text{CO}_2)/n(\text{HOOC-R-COOH}) = 2/1.$$

По условию задачи $n(\text{CO}_2)/n(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) = 1/0,5 = 2/1$, следовательно искомое органическое вещество – дикарбоновая кислота.

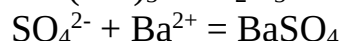
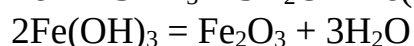
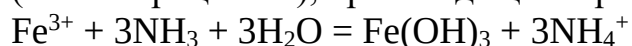
Поскольку в ее структуре нет третичных атомов углерода, то она имеет линейное строение. Структурная формула дикарбоновой кислоты выглядит следующим образом (янтарная кислота):



Критерии оценивания	балл
Определены все вещества «корабли»	0,5*5=2,5 балла
Подтверждена формула аммиака	0,5 балла
Написаны три способа получения аммиака	0,5*3=1,5 балла
Найдено количество водорода, кислорода в веществе из пункта б)	0,5 балла
Найдено количество углерода	0,5 балла
Установлена простейшая формула вещества из пункта б)	1 балл
Написаны уравнения гидрокарбоната натрия с моно- и дикарбоновой кислотами	0,5*2=1 балл
Установлена истинная формула вещества (структурная формула)	1,5 балла
Написана реакция серебряного зеркала с веществом Б5	1 балл
Итого	10 баллов

Решение задачи 10-3

Состав соли: $\text{K}_x\text{Fe}_y(\text{SO}_4)_z \cdot a\text{H}_2\text{O}$ Записано уравнение (схема) диссоциации соли: $\text{K}_x\text{Fe}_y(\text{SO}_4)_z = x\text{K}^+ + y\text{Fe}^{3+} + z\text{SO}_4^{2-}$ Приведены уравнения реакций (схемы процессов), происходящих в растворе:



Количество вещества воды в формуле: $m(\text{H}_2\text{O}) = 10,06 - 5,74 = 4,32 \text{ г}$

$n(\text{H}_2\text{O}) = 4,32/18 = 0,24 \text{ моль}$

Количество вещества катионов железа:

$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,8/160 = 0,005 \text{ моль}$

$n(\text{Fe}(\text{OH})_3) = n(\text{Fe}^{3+}) = 2 n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 2 \cdot 0,005 = 0,01 \text{ моль}$

$n(\text{Fe}^{3+})_{\text{общее}} = 2 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ моль}$ (начальный раствор разделили на две равные части)

Количество вещества сульфат – ионов:

$n(\text{BaSO}_4) = 4,66/233 = 0,02 \text{ моль}$

$n(\text{SO}_4^{2-}) = n(\text{BaSO}_4) = 0,02 \text{ моль}$

$n(\text{SO}_4^{2-})_{\text{общее}} = 2 \cdot 0,02 = 0,04 \text{ моль}$ (начальный раствор разделили на две равные части)

Количество вещества ионов калия: $m(\text{SO}_4^{2-}) = 96 \cdot 0,04 = 3,84 \text{ г}$

$m(\text{Fe}^{3+}) = 56 \cdot 0,02 = 1,12 \text{ г}$

$$m(K^+) = 5,74 - 3,84 - 1,12 = 0,78 \text{ г}$$

$$n(K^+) = 0,78 / 39 = 0,02 \text{ моль}$$

Соотношение атомов элементов в формульной единице:

$$n(K^+) : n(Fe^{3+}) : n(SO_4^{2-}) : n(H_2O) = 0,02 : 0,02 : 0,04 : 0,24 = 1 : 1 : 2 : 12$$

Формула соли: $KFe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ - железа (III)-калия сульфата додекагидрат

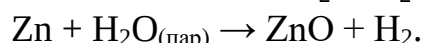
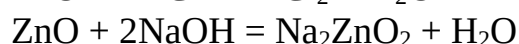
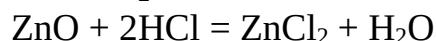
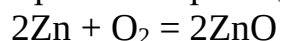
Критерии оценивания	балл
Написаны уравнения реакций	3*1=3 балла
Рассчитано количество воды в веществе	1 балл
Рассчитано количество ионов-железа в веществе	1 балл
Рассчитано количество сульфат-ионов в веществе	1 балл
Рассчитано количество ионов-калия в веществе	1 балл
Установлено соотношение ионов в веществе	1 балла
Установлена формула соли	1 балл
Дано название веществу	1 балл
Итого	10 баллов

Решение задачи 10-4

При сжигании металла образуется амфотерный оксид. В таких оксидах металлы имеют степени окисления выше +1.

Пусть металла А взяли 1 г, тогда вещества Б образовалось 1,246 г. $m(O) = 1,246 - 1 = 0,246 \text{ г}$; $\nu(O) = 0,246 / 16 = 0,0154 \text{ моль}$. Если формула оксида MeO , тогда $\nu(A) = \nu(O) = 0,0154 \text{ моль}$, а $M(A) = 1 / 0,0154 = 65 \text{ г/моль}$ – это цинк. А – Zn, Б – ZnO.

Уравнения реакций:



Восстановить цинк из оксида можно углём, оксидом углерода (II) или алюминием, например: $ZnO + CO = Zn + CO_2$

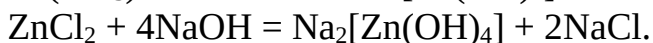
Критерии оценивания задачи 10-4

Критерии оценивания	балл
Определение А и Б с расчетами (без расчетов 0 баллов)	3 балла
Уравнения реакций	1*4=4 балла
Найдена масса чистого железа по уравнению химической реакции	1 балл
Два способа получения цинка из оксида	2*1=2 балла
Итого	10 баллов

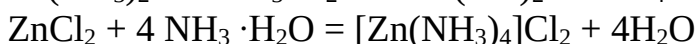
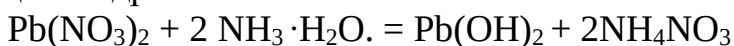
Решение задачи 10-5

К солям амфотерных металлов относятся $ZnCl_2$, $Pb(NO_3)_2$.

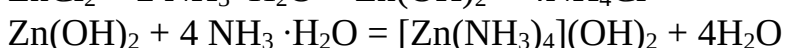
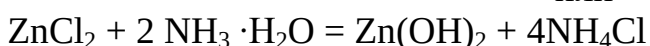
2. При приливании сильного основания к обеим солям сначала выпадают белые осадки. При создании избытка щелочи осадки растворяются. Различить соли с помощью щелочи нельзя, например гидроксида натрия.



3. При добавлении слабого основания к обеим солям выпадают белые осадки. При создании избытка основания в пробирках гидроксид цинка растворяется с образованием аммиачного комплекса. Различить соли с помощью гидрата аммиака можно.



или



Критерии оценивания	балл
Выбор солей амфотерных металлов	2*1=2 балла
Правильный выбор гидроксида с помощью которого нельзя различить эти соли	2 балла
Объяснение почему нельзя использовать гидроксид натрия (за каждое уравнение)	1*2=2 балла
Правильный выбор гидроксида с помощью которого можно различить эти соли	2 балл
Объяснение почему необходимо использовать гидрат аммиака (за каждое уравнение)	1*2=2 балла
Итого	10 баллов