

Министерство образования, науки и молодежной политики Нижегородской области
Нижегородский государственный университет им. Н.И.Лобачевского

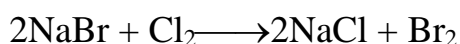
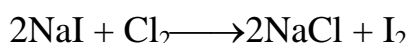
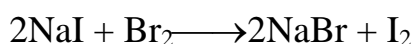
Всероссийская олимпиада школьников по химии
Муниципальный (районный) этап

11 класс

Решение задач

Задача 1.

1.1. Раствор содержит NaCl, NaBr и NaI. При обработке исходного раствора бромной водой и хлором имеют место следующие реакции:



1.2. После выпаривания в сухом остатке массой 1.732 г присутствуют исходные соли. Сухой остаток 1.685 г состоит из NaBr и NaCl, а остаток массой 1.4625 г представляет собой NaCl.

Обозначив количество вещества NaCl, NaBr и NaI в 20 мл раствора, соответственно, x , y и z моль, составим систему уравнений:

$$58.5x + 103y + 150z = 1.732$$

$$58.5x + 103y + 103z = 1.685$$

$$58.5x + 58.5y + 58.5z = 1.4625$$

Решив систему, находим $x = 0.02$ моль, $y = 0.004$ моль и $z = 0.001$ моль.

Соответственно мольные концентрации равны:

$$C(\text{Cl}^-) = 0.02 \text{ моль}/0.02 \text{ л} = \mathbf{1 \text{ моль/л}};$$

$$C(\text{Br}^-) = 0.004 \text{ моль}/0.02 \text{ л} = \mathbf{0.2 \text{ моль/л}};$$

$$C(\text{I}^-) = 0.001 \text{ моль}/0.02 \text{ л} = \mathbf{0.05 \text{ моль/л}}.$$

$$C(\text{Na}^+) = 0.025 \text{ моль}/0.02 \text{ л} = \mathbf{1.25 \text{ моль/л}}.$$

1.3. Из раствора объемом 20 мл (0.02 л), согласно уравнениям реакций можно получить 0.0005 моль йода и 0.002 моль брома. $1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ л}$. Из такого объема выделится 25 моль йода и 100 моль брома. Массы, соответственно, равны: $m(\text{I}_2) = 25 \text{ моль} \cdot 254 \text{ г/моль} = 6350 \text{ г} = \mathbf{6.35 \text{ кг}}$;

$$m(\text{Br}_2) = 100 \text{ моль} \cdot 160 \text{ г/моль} = 16000 \text{ г} = \mathbf{16 \text{ кг.}}$$

За уравнения реакций (или в молекулярной, или в ионной формах) – по 2 балла	6 баллов
За расчет мольных концентраций анионов – по 4 балла	12 баллов
За расчет мольной концентрации катионов натрия	2 баллов
За расчет массы брома и йода в 1 м ³ раствора	5 баллов
Всего	25 баллов

Задача 2.

2.1. Для определения объема воздуха, загрязненного сероводородом, находим объем цилиндра:

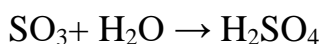
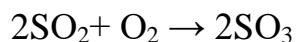
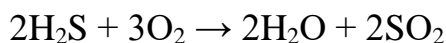
$$V_{\text{возд.}} = \pi r^2 h = 3.14 \cdot 25 \cdot 2 = 157 \text{ км}^3 = 157 \cdot 10^9 \text{ м}^3 = 157 \cdot 10^{12} \text{ л.}$$

Концентрация сероводорода составляет 1/20 предельно допустимой (ПДК), равной 0.01 мл/л, т.е. $5 \cdot 10^{-4}$ мл/л.

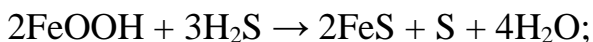
$$V(\text{H}_2\text{S}) \text{ на рассматриваемой территории: } 5 \cdot 10^{-4} \text{ мл/л} \cdot 157 \cdot 10^{12} \text{ л} = 785 \cdot 10^8 \text{ мл} = 785 \cdot 10^5 \text{ л} \Rightarrow n(\text{H}_2\text{S}) = 35 \cdot 10^5 \text{ моль.}$$

$$\text{Масса серной кислоты: } 35 \cdot 10^5 \text{ моль} \cdot 98 \text{ г/моль} = 3434 \cdot 10^5 \text{ г} = \mathbf{343.4 \text{ т.}}$$

2.2. Уравнения получения серной кислоты:



2.3. Уравнения реакций:



Реакцию с любым конкретным третичным амином можно засчитывать как верную.

За расчет массы серной кислоты	10 баллов
За уравнения реакций получения серной кислоты из сероводорода – 3 уравнения по 2 балла	6 баллов
За уравнения реакций поглощения сероводорода – 3 уравнения по 3 балла	9 баллов
Всего	25 баллов

Задача 3.

3.1. Химическая формула **X** – $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Систематическое название – гидроксид кальция.

Тривиальные названия – гашеная известь, портландит.

Насыщенный водный раствор – известковая вода.

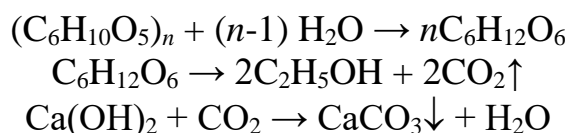
Водная взвесь – известковое молоко.

3.2. Химическая формула **Y** – CO_2 .

Систематические названия – диоксид углерода, оксид углерода(IV).

Тривиальные названия – углекислый газ, углекислота. Название «сухой лед» можно засчитать как правильное, хотя оно относится к твердому диоксиду углерода.

3.3. Уравнения реакций:



3.4. Рассчитаем массу углекислого газа по уравнению Клайперона-Менделеева.

$$\begin{aligned}V &= 2 \text{ дм}^3 = 2 \text{ л} = 0.002 \text{ м}^3 \\ PV &= nRT \Rightarrow n = PV/RT \\ n &= (7.3 \cdot 10^4 \cdot 2 \cdot 10^{-3}) / (8.314 \cdot 298) = 0.059 \text{ моль}\end{aligned}$$

$n(\text{CO}_2) = 0.059$ моль.

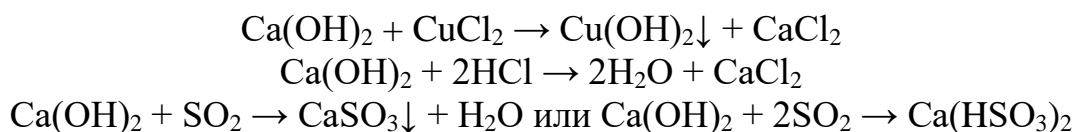
$n[\text{Ca}(\text{OH})_2] = 1.6 \text{ г/л} \cdot 4 \text{ л} / 74 \text{ г/моль} = 0.0865$ моль.

Углекислый газ находится в недостатке. Гидрокарбонат кальция не образуется. Осадок представляет собой карбонат кальция. Масса осадка:

$n(\text{CO}_2) = n(\text{CaCO}_3)$

$m(\text{CaCO}_3) = 100 \text{ г/моль} \cdot 0.059 \text{ моль} = \mathbf{5.9 \text{ г}}$.

3.5. Гидроксид кальция является основанием и реагирует с кислотами, кислотными оксидами и солями. Уравнения проходящих реакций:



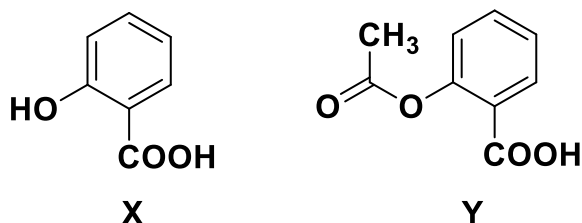
Гидроксид кальция не реагирует с хлоридом натрия в растворе (малорастворимых веществ не образуется) и оксидом магния (это основной оксид).

Рекомендация по оценке решения

За формулы X и Y – по 1 баллу	2 балла
За систематические названия X и Y – по 1 баллу	2 балла
За тривиальные названия X и Y – по 1 баллу	2 балла
За технические названия растворов X – по 1 баллу	2 балла
За каждое из 6 уравнений реакций – по 2 балла	12 баллов
За расчет массы осадка	5 баллов
Всего	25 баллов

Задача 4.

4.1. Вещество X – салициловая кислота, вещество Y – ацетилсалициловая кислота.

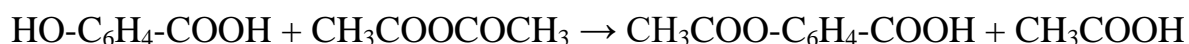


В 100 г вещества X 60.8 г углерода, 4.3 г водорода и 34.8 г кислорода.
 $n(\text{C}) = 60.8/12 = 5.0667$ моль, $n(\text{H}) = 4.3$ моль, $n(\text{O}) = 34.8/16 = 2.175$ моль.
 $n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = 5.0667 : 4.3 : 2.175 \cong 7 : 6 : 3$. Вещество X имеет молекулярную формулу $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$.

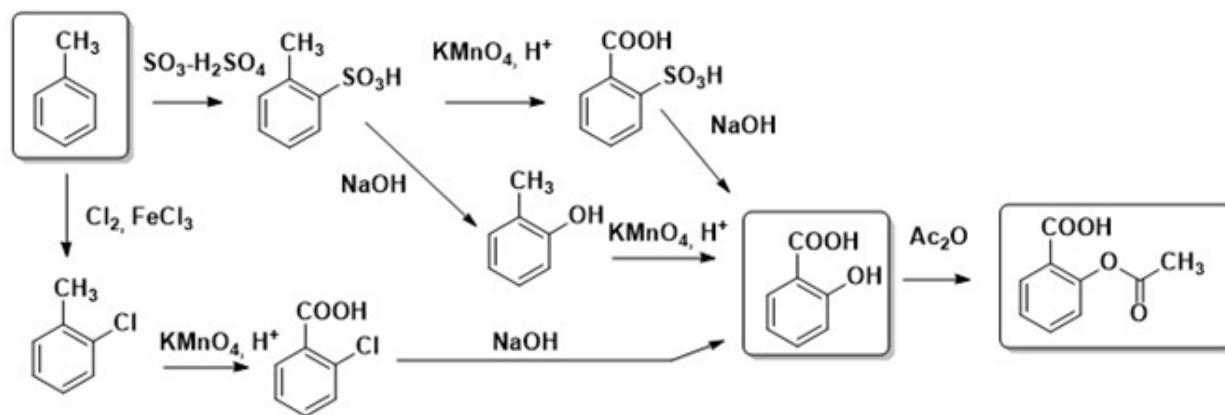
Аналогично рассчитывается соотношение атомов в производном Y. Это вещество имеет формулу $\text{C}_9\text{H}_8\text{O}_4$.

Реакции с раствором карбоната натрия и с водным раствором FeCl_3 свидетельствуют о присутствии в молекуле карбонильной группы и фенольного фрагмента. Наличие в молекуле внутримолекулярной водородной связи говорит об *орто*-расположении функциональных групп.

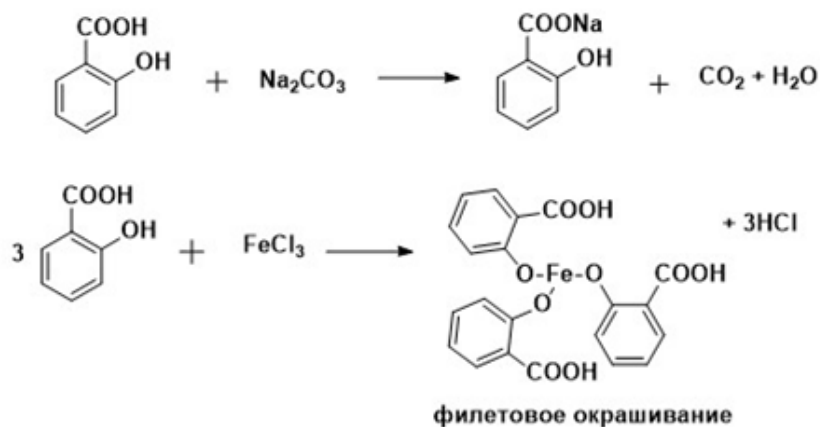
4.2. Реакция получения ацетилсалициловой кислоты:



4.3. Схема получения салициловой кислоты из толуола:



Реакции с карбонатом натрия и хлорным железом



Рекомендация по оценке решения

За установление молекулярных формул X и Y – по 2 балла	4 балла
За структурные формулы X и Y – по 2 балла	4 балла
За обоснование <i>орто</i> -положения	1 балл
За реакции с Na ₂ CO ₃ и FeCl ₃ - по 2 балла	4 балла
За синтез X из толуола (засчитывать любой химически верный синтез)	12 баллов
Всего	25 баллов