

Задача 1. Кроссворд

1. Кальцит
2. Титан
3. Карбамид
4. Равновесие
5. Борная
6. Керосин
7. Метанол
8. Фтор
9. Пиролиз
10. Гелий

Система оценивания:

1. За каждый верный ответ

1 балл

ИТОГО

10 баллов

Задача 2. Сульфат натрия

1. Запишем формулу мирабилита как $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Следовательно, чтобы рассчитать количество воды, воспользуемся данной массовой долей кислорода:

$$\omega = \frac{4M(\text{O}) + xM(\text{O})}{2M(\text{Na}) + M(\text{S}) + 4M(\text{O}) + 2xM(\text{H}) + xM(\text{O})} = 0,695$$

Подставим значения:

$$\omega = \frac{4 \cdot 16 + 16x}{2 \cdot 22,99 + 32,07 + 4 \cdot 16 + 2 \cdot x \cdot 1,008 + 16x} = 0,695$$

Решая линейное уравнения получаем $x = 9,981 \approx 10$.

Таким образом количество молекул воды на одну формульную единицу – 10.

2. Используя данные из таблицы, рассчитаем массовую долю сульфата натрия при 30°C и его массу в растворе:

$$\omega(30^\circ\text{C}) = \frac{40,8 \text{ г}}{140,8 \text{ г}} = 0,2898$$

$$m^{30^\circ\text{C}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,2898 \cdot 1286 \text{ кг} = 372,65 \text{ кг}$$

Следовательно, масса воды в данном растворе равна:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = (1 - 0,2898) \cdot 1286 \text{ кг} = 913,35 \text{ кг}$$

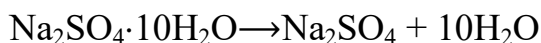
При охлаждении снижается растворимость, воспользуемся данными таблицы для вычисления оставшейся массы Na_2SO_4 :

$$m^{0^\circ\text{C}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 0,045 \cdot 913,35 \text{ кг} = 41,1 \text{ кг}$$

Таким образом, разница в массе и будет равна массе осадка сульфата натрия:

$$m^{30^\circ\text{C}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) - m^{0^\circ\text{C}}(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 372,65 \text{ кг} - 41,1 \text{ кг} \approx 332 \text{ кг}$$

3. Рассчитав количество воды в п.1, запишем уравнение реакции:



Затем, по закону Гесса, найдем тепловой эффект реакции:

$$\begin{aligned} Q_r^\circ &= Q_f^\circ(\text{Na}_2\text{SO}_4) + 10 \cdot Q_f^\circ(\text{H}_2\text{O}) - Q_f^\circ(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) \\ &= 1388 \text{ кДж/моль} + 10 \cdot 241,8 \text{ кДж/моль} \\ &\quad - 4330 \text{ кДж/моль} = \end{aligned}$$

$$Q_r^\circ = 1388 \text{ кДж/моль} + 10 \cdot 241,8 \text{ кДж/моль} - 4330 \text{ кДж/моль}$$

$$Q_r^\circ = -524 \text{ кДж/моль}$$

Далее, рассчитаем количество мирабилита:

$$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}) = \frac{10^6 \text{ г}}{322,2 \text{ г/моль}} \approx 3103,7 \text{ моль}$$

Полученное количество умножим на тепловой эффект реакции, это и будет ответом (отрицательная теплота значит, что реакция эндотермическая, то есть для её протекания нужно подводить теплоту):

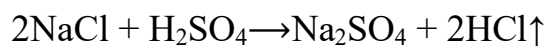
$$Q = Q_r^\circ \cdot \nu(\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$$

$$Q = -524 \text{ кДж/моль} \cdot 3103,7 \text{ моль} = 1626 \text{ мДж}$$

4. Используя данную плотность по воздуху, рассчитаем молярную массу газа **Б**:

$$M(\text{Б}) = 1,26 \cdot 29 \text{ г/моль} = 36,54 \text{ г/моль}$$

В тексте сказано, что газ образуется при взаимодействии концентрированной серной кислоты с солью **А**. В дополнении, указано, что при взаимодействии раствора соли **А** с раствором нитрата серебра образуется белый осадок, что говорит о наличии галогенид-иона. Следовательно, газ **Б** – это галогеноводород. Перебрав молярные массы, выводим формулу **Б** – HCl. Так как метод Мангейма подразумевает получения сульфата натрия, то таким образом **А** – это NaCl. В методе Харгривза для получения используется также хлорид натрия, но уже в окислительной среде воды и кислорода. Логично предположить, что серосодержащей компонентой будет газ **В**. Единственным газом серы с массовой долей кислорода 50 % является как раз SO₂, это и есть зашифрованный **В**. Запишем уравнение реакции:



5. Рассчитаем количество сульфата натрия, а следовательно и серной кислоты:

$$\nu(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{10^6 \text{ г}}{142 \text{ г/моль}} \approx 7042,3 \text{ моль} = \nu(\text{H}_2\text{SO}_4)$$

Найдем массу серной кислоты и затем раствора:

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 7042,3 \text{ моль} \cdot 98,08 \text{ г/моль} = 6,907 \cdot 10^5 \text{ г}$$

$$m(\text{раствора}) = \frac{6,907 \cdot 10^5 \text{ г}}{0,98} = 7,048 \cdot 10^5 \text{ г}$$

Пересчитаем на объем, используя данную плотность:

$$V(\text{раствора}) = \frac{7,048 \cdot 10^5 \text{ г}}{1,83 \text{ г/мл}} \approx 385 \text{ л}$$

Количество хлороводорода ровно в два раза больше количества сульфата натрия:

$$\nu(\text{HCl}) = 2 \cdot 7042,3 \text{ моль} = 14084,6 \text{ моль}$$

Следовательно, молярный объем при н.у.:

$$V(\text{HCl}) = 14084,6 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} \approx 316 \text{ м}^3$$

6. В тексте сказано, что при реакции сульфата натрия из чёрного щелока с углем происходит его восстановление до **сульфида натрия**, который как раз и возвращается в цикл для удаления лигнина. В свою очередь, в щелочной среде сульфид окисляется до сульфата, поэтому Г – это **Na₂S**.

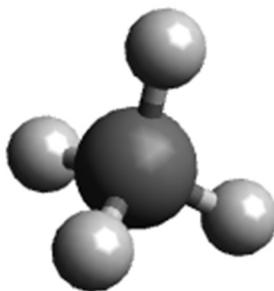
Система оценивания:

- | | |
|--|-----------------|
| 1. За определения количества молекул воды | 2 балла |
| 2. За верный расчет | 3 балла |
| 3. За верный расчет | 3 балла |
| 4. За определение веществ А-В – по 1 баллу | 3 балла |
| 5. За каждый расчет по 4 балла | 8 баллов |
| 6. За определение вещества Г | 1 балл |

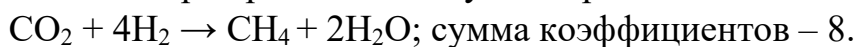
ИТОГО	20 баллов
--------------	------------------

Задача 3. Болотный газ

1. Молекула метана имеет тетраэдрическое строение:



2. При взаимодействии углекислого газа с водородом в присутствии катализатора протекает следующая реакция:



При гидролизе карбида алюминия:



3. В ходе эксперимента могут образоваться 5 веществ: соляная кислота HCl и 4 хлорпроизводных метана: CH₃Cl (вещество А), CH₂Cl, CHCl₃, CCl₄.

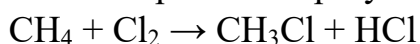
4. Исходя из соотношения газов 1:1, найдем среднюю молярную массу смеси:

$$M_{\text{ср}} = \frac{M_1 + M_2}{2} = \frac{16 + 71}{2} = 43,5 \text{ г/моль}$$

Теперь найдем плотность:

$$\rho = \frac{43,5}{22,4} = 1,94 \text{ г/моль}.$$

5. Монохлорметан образуется по следующей реакции:



Тепловой эффект реакции рассчитывается по формуле:

$$Q_r = \Sigma E_{\text{св}}(\text{образ.}) - \Sigma E_{\text{св}}(\text{разрыв.})$$

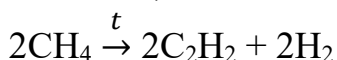
В ходе реакции разрываются одна связь C-H, одна связь Cl-Cl, и образуются по одной связи C-Cl и H-Cl.

$$Q_r = (84 + 103) - (104 + 58) = 25 \text{ ккал/моль}$$

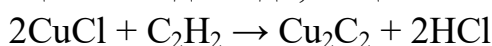
6. Данная реакция представляет собой галогенирование алкана, что является классическим примером реакции радикального замещения.

7. При переходе от фтора к иоду уменьшается энергия связи между атомами галогена, что влечет за собой понижение теплового эффекта реакции.

8. Метан разлагается по следующему уравнению реакции, образуя ацетилен, вещество С:



Ацетилен взаимодействует с хлоридом меди (I) с образованием ацетиленида меди, вещества D:



Система оценивания:

- | | |
|--|----------|
| 1. За верный ответ | 2 балла |
| 2. За каждое уравнение реакции по 1 баллу | 2 балла |
| 3. За каждое вещество по 1 баллу | 5 баллов |
| 4. За расчет плотности | 2 балла |
| 5. За расчет теплового эффекта | 4 балла |
| 6. За верный ответ | 1 балл |
| 7. За верный ответ | 1 балл |
| 8. За вещество С – 1 балл, за вещество D – 2 балла | 3 балла |

ИТОГО	20 баллов
--------------	------------------