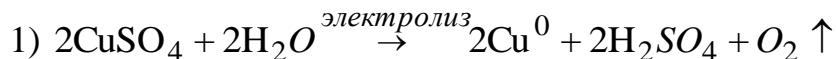


## 11 класс

**11.1** Электролиз 400 г 8 % раствора  $\text{CuSO}_4$  продолжали до тех пор, пока масса раствора не уменьшилась на 20,5 г. Вычислите массовые доли соединений в растворе, полученном после окончания электролиза, и массы веществ, выделившихся на инертных электродах.

**Решение:**



$$2) m_{\text{CuSO}_4} = 400 \cdot 0,08 = 32\text{г}$$

$$v_{\text{CuSO}_4} = \frac{32}{160} = 0,2\text{моль}$$

3) Масса выделившейся меди:

$$m_{\text{Cu}} = 0,2 \cdot 64 = 12,8\text{г}$$

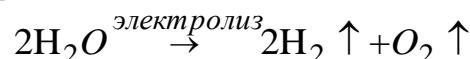
4) Масса выделившегося кислорода:

$$m_{\text{O}_2} = 0,1 \cdot 32 = 3,2\text{г}$$

5) Суммарная масса выделившихся продуктов:

$$m_{\text{прод}} = 12,8 + 3,2 = 16\text{г}$$

Если по условию потеря массы раствора больше чем 16 г, следовательно электролиз проводили и после выделения всей меди. Тогда идет разложение воды по реакции:



7) Масса разложившейся воды:  $20,5 - 16 = 4,5\text{г}$

Количество разложившейся воды:  $v_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{4,5}{18} = 0,25\text{моль.}$

8) На электродах выделилось:

на катоде:  $m_{\text{Cu}} = 12,5\text{г.}$

$$m_{\text{H}_2} = 0,25 \cdot 2 = 0,5\text{г.}$$

на аноде:  $m_{\text{O}_2} = 3,2 + \frac{0,25}{2} \cdot 32 = 7,2\text{г.}$

9) В растворе осталась только серная кислота в количестве 0,2 моль.

10) Масса серной кислоты:  $0,2 \cdot 98 = 19,6\text{г.}$

11) Масса оставшегося раствора:  $400 - 20,5 = 379,5\text{г.}$

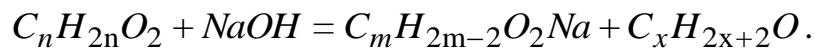
12) Массовая доля серной кислоты в оставшемся растворе:

$$\omega_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{19,6}{379,5} \cdot 100\% = 5,16\%.$$

**11.2** 22 г смеси двух изомерных насыщенных сложных эфиров обработали 121,2 мл раствора NaOH с массовой долей щелочи 12% и плотностью 1,1 г/мл. После завершения реакций массовая доля щелочи в полученном растворе составила 3,87%. Определите возможные структурные формулы исходных сложных эфиров.

**Решение:**

1) Общая формула сложного эфира  $C_nH_{2n}O_2$ .



Масса раствора щелочи:  $m_{p\text{-раствора}} = 121,2 \cdot 1,1 = 133,32\text{г}$ .

Масса вещества:  $m_{NaOH} = 133,32 \cdot 0,12 = 16\text{г}$ .

Количество вещества:  $v = \frac{16}{40} = 0,4\text{моль}$ .

Следовательно общее количество эфиров 0,4 моль, а так как они изомеры, то

$$M_{\text{эфиров}} = \frac{m_{\text{смеси}}}{v_{NaOH}}.$$

2) Масса полученного раствора  $133,32 + 22 = 155,32\text{ г}$ .

3) Масса оставшейся щелочи:  $155,32 \cdot 0,0387 = 6,00\text{г}$ .

4) Количество оставшейся щелочи:  $v_{ocm} = \frac{6}{40} = 0,15\text{моль}$ .

5) Количество щелочи, пошедшее на реакцию:

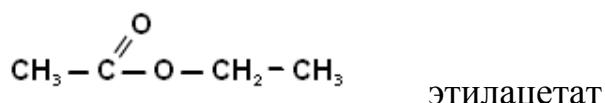
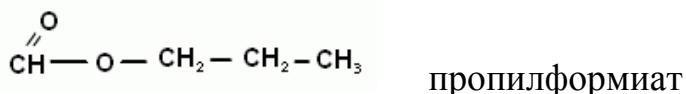
$$v_{NaOH} = 0,4 - 0,15 = 0,25\text{моль}.$$

6) Определяем молярную массу эфиров:  $M_{\text{эфиров}} = \frac{22}{0,25} = 88\text{г / моль}$ .

7) Определяем молекулярную формулу эфиров:  $M_{C_nH_{2n}O_2} = 88\text{г / моль}$ .

$$14n + 32 = 88; 14n = 56; n = 4; C_4H_8O_2.$$

8) Возможные структурные формулы:



Смесь может содержать любую комбинацию из двух этих эфиров.

**11.3** Атомная масса бора 10,81. Бор состоит из двух изотопов с числом нейтронов в ядре соответственно равным 5 и 6. Сколько процентов тяжелого изотопа бора содержится в ортоборной кислоте?

**Решение:**

Обозначим процентное содержание изотопа  $^{11}_5\text{B}$  в природном боре через  $x$ , а изотопа  $^{10}_5\text{B}$  через  $100-x$ .

$$\text{Тогда запишем: } \frac{11x + 10(100 - x)}{100} = 10,81.$$

Отсюда  $x=81\%$ .

Молярная масса ортоборной кислоты равна:  $M_{\text{H}_3\text{BO}_3} = 61,83 \text{ г/моль}$

Следовательно, процентное содержание изотопа  $^{11}_5\text{B}$  в ортоборной кислоте составит:

$$\omega = \frac{10,81}{61,83} \cdot 81 = 14,16\%.$$

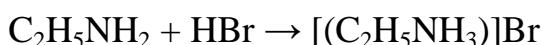
**11.4** К 30 л смеси, состоящей из аргона и этиламина, добавили 20 л бромоводорода, после чего плотность смеси по воздуху стала 1,814. Вычислите объемные доли газов в исходной смеси.

**Решение:**

Пусть в исходной смеси содержалось  $x$  л аргона и  $y$  л этиламина.

Тогда  $x + y = 30$  л.

Этиламин реагирует с HBr с образованием твердой соли бромида этиламмония:



Средняя молярная масса полученной газовой смеси равна  $M_{\text{cp}} = 1,814 \cdot 29 = 52,6 \text{ г/моль}$

Следовательно, в газовой смеси остались аргон ( $M = 40$ ) и HBr ( $M = 81$ ). Если бы остались аргон и этиламин ( $M = 45$ ), то выполнялось бы:  $40 < M_{\text{cp}} < 45$ .

Итак, у литров HBr прореагировало с амином, осталось 20-у литров аргона. Решив систему из двух уравнений:

$$M_{\text{cp}} = \frac{40x + 81(20 - y)}{x + (20 - y)} = 52,6$$

$$x + y = 30$$

находим:  $x = 18$  л,  $y = 12$  л.

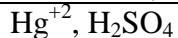
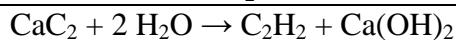
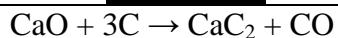
Объемные доли газов равны:

$$\omega(Ar) = \frac{18}{30} = 0,6 = 60\%$$

$$\omega(\text{амина}) = \frac{12}{30} = 0,4 = 40\%$$

**9.5** Продукт прокаливания негашеной извести и кокса подвергли действию воды. Выделившийся при этом газ ввели в разбавленную серную кислоту, содержащую соли  $Hg^{2+}$ , образовалось вещество А. При окислении А получается соединение Б, которое в присутствии серной кислоты и спирта (с тем же числом атомов углерода, что и в веществе А) образует низкокипящую приятно пахнущую жидкость В. Соединение В в присутствии алкоголя названного спирта образует другое сильно пахнущее высококипящее вещество С. Последнее в отличие от В обесцвечивает бромную воду, образует гидразон, но не дает реакцию «серебряного зеркала», находит широкое применение в синтетической органической химии. Запишите структурные формулы А, Б, В, С, их названия, запишите уравнения и условия проведения всех перечисленных реакций.

**Решение:**



Соединение С существует в двух таутомерных формах:

