

Ключи
к заданиям муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по химии
2020-2021 учебный год
11 класс

Продолжительность олимпиады: 180 минут. Максимально возможное количество баллов: 50

Задача 1.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию	Баллы
Найдено количество CO ₂ $n(\text{CO}_2) = \frac{p \cdot V}{R \cdot T} = \frac{110 \cdot 8,1}{8,31 \cdot 298} = 0,36 \text{ моль.}$	2
В молекуле CO ₂ содержится один атом углерода, следовательно, n ₁ (C) = 0,36 моль n(H ₂ O) = 2,16/18 = 0,12 моль; n(H) = 0,24 моль n(K ₂ CO ₃) = 8,28/138 = 0,06 моль.	2
В 0,06 моль карбоната калия содержится 0,12 моль калия и 0,06 моль углерода (n ₂ (C) = 0,06 моль). n(C) = n ₁ (C) + n ₂ (C) = 0,36 + 0,06 = 0,42 моль.	2
Проверка элементного состава: 0,42 · 12 + 0,24 · 1 + 0,12 · 39 = 9,96 г.	2
Поскольку по условию задачи полностью сгорело 12,84 г, можно сделать вывод, что в навеске вещества содержался еще и кислород в количестве: 12,84 - 9,96 = 2,88 г. n(O ₂) = 2,88/16 = 0,18 моль	1
Брутто-формула вещества В: C _x H _y K _z O _i . x:y:z:i = 0,42: 0,24: 0,12: 0,18 = 7: 4: 2: 3 - калийная соль полностью замещенной салициловой (2-гидроксибензойной) кислоты	1
Итого	10

Задача 2.

Для начала рассчитаем максимальную молярную массу **Ф**:

$$25 \times 10^{-23} \times 6,02 \times 10^{23} = 150 \text{ г/моль}$$

Из условия задачи известно, что брутто-формула **Ф** выражается как C_nH_nO_n. Число атомов водорода в такой молекуле не может быть нечётным, так как валентности остальных элементов – чётные. Поэтому, учитывая максимальную молярную массу, **Ф** может иметь формулу только C₂H₂O₂ или C₄H₄O₄.

Поскольку **Ф** нейтрализуют раствором NaOH, логично предположить, что **Ф** – карбоновая кислота, содержащая группу COOH. Карбоновой кислоты с формулой C₂H₂O₂ не существует, поэтому правильная формула **Ф** – C₄H₄O₄. Этой формуле соответствуют три изомера этилендикарбоновой кислоты (то, что **Ф** – именно дикарбоновая кислота, можно проверить по данным титрования):



В качестве правильного ответа на задачу принимались все три изомера. Реальная пищевая добавка **Ф** – транс-1,2-этилендикарбоновая кислота, тривиальное название – фумаровая кислота. Она является пищевым регулятором кислотности и содержится в небольших количествах в каждой клетке, так как является промежуточным веществом в общем для всех живых организмов цикле превращений карбоновых кислот (цикл Кребса).

Задачу можно решить и другим способом, например, вычислив молярную массу **Ф** из данных о титровании.

За расчет возможной брутто-формулы **Ф** (ограничение сверху в 150 г/моль и соображения о том, что нечетного числа атомов водорода быть не может, дает формулу C₄H₄O₄) – **4 балла**

За возможные структуры **Ф** (малеиновая кислота, фумаровая кислота, 1,1-этилендикарбоновая кислота) – **3 балла** (1 балл за каждую структуру)

За объяснение роли **Ф** в качестве пищевой добавки (подкислитель и/или консервант) – **1 балл**

Итого: 8 балл

Задача 3.

1) Пропустить смесь через кислоту. $\text{NH}_3 + \text{H}^+ = \text{NH}_4^+$ (остальные компоненты не реагируют) К раствору соли аммония добавить щелочь и нагреть. Выделится аммиак. Собрать выделившийся аммиак.	(2балла)
2) Пропустить остаток через известковую воду. $\text{CO}_2 + 2\text{OH}^- + \text{Ca}^{2+} = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{H}_2\text{O}$ (остальные компоненты не реагируют) Осадок отфильтровать, высушить, прокалить. Собрать выделившийся углекислый газ.	(2балла)
3) Разделение CO и N ₂ можно провести следующим образом. $4\text{CO} + \text{Ni} = \text{Ni}(\text{CO})_4$ (N ₂ не реагирует) При более высокой температуре карбонил никеля разлагается с выделением угарного газа. Можно получить также карбонил железа, но при других условиях.	(2балла)
Итого	6 балла

Задача 4.

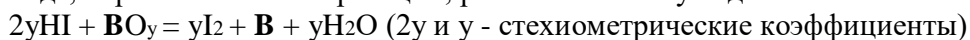
Из состава продуктов реакции логично предположить, что речь идет о взаимодействии оксида и гидрида элементов **A** и **B**:



Рассчитаем среднюю молярную массу исходной смеси газов:

$$n \text{ (смеси газов)} = 5,00/22,4 = 0,223 \text{ моль; } M \text{ (смеси газов)} = (24,1 + 1,61)/0,223 = 115 \text{ г/моль}$$

Поскольку газы очень тяжелые, то логично предположить, что один из них HI. Количество йода, образовавшегося в реакции, равно количеству воды:

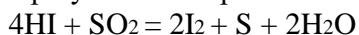


$$n \text{ (воды)} = 1,61/18 = 0,0894 \text{ моль; } m \text{ (йода)} = 0,0894 \times 254 = 22,7 \text{ г}$$

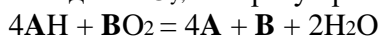
Поскольку количество второго простого вещества **B** пропорционально количеству воды и йода, мы можем оценить его молярную массу:

$$m \text{ (B)} = 24,1 - 22,7 = 1,4 \text{ г; } M \text{ (B)} = 1,4/(0,0894/y) = 15,7 \times y$$

При $y = 2$ это хорошо соответствует молярной массе серы. Таким образом, ответ:



Задачу можно решить и другим способом. Например, можно вычислить стехиометрическое соотношение между количеством вещества исходных газов и продукта реакции воды – оно равно 2:5. Подставляя это соотношение в исходное уравнение реакции между гидридом **AH_x** и оксидом **BO_y**, мы сразу приходим к уравнению вида:



Отсюда можно вычислить молярные массы исходных газов .

При наличии расчетов и рассуждений, за определение веществ (SO₂, HI, S, I₂) – **16 баллов** (4 балла за каждое вещество)

За ответ без расчетов и рассуждений – 2 балла

Если вещества не определены, за расчет средней молярной массы газовой смеси (115,2 г/моль) – 2 балла

Если вещества не определены, за соображение что загадана реакция оксида с гидридом (т.е. $\text{AH}_x + \text{BO}_y = \text{A} + \text{B} + \text{H}_2\text{O}$) – 2 балла.

Итого: 16 балл

Задача 5.

Содержание верного ответа и указания по оцениванию	Баллы
Составлены уравнения реакции:	

1) $C_6H_6 + 7,5O_2 = 6CO_2 + 3H_2O$	2
2) $2C_6H_5NH_2 + 15,5O_2 = 12CO_2 + 7H_2O + N_2$	4
3) $CO_2 + 2KOH = K_2CO_3 + H_2O$	2
<p>$V(CO_2) + V(N_2) = 6,49$ л.</p> <p>Из данной смеси только CO_2 взаимодействует с KOH, оставшийся N_2 количеством вещества соответствует 0,02 моль анилина (по уравнению 2) или $0,02 \cdot 93 = 1,86$ г, откуда:</p> <p>$V(CO_2) = 6,94 - 0,224 = 6,72$ л или $6,72/22,4 = 0,3$ моль.</p> <p>Из анилина образовалось $0,02 \cdot 6 = 0,12$ моль CO_2, а $0,3 - 0,12 = 0,18$ моль CO_2 - из бензола (уравнение 1), которого в смеси было $0,18/6 = 0,03$ моль или $0,03 \cdot 78 = 2,34$ г.</p> <p>Таким образом, в смеси $(1,86/1,86 + 2,34) \cdot 100\% = 44\%$ анилина и 56% бензола.</p>	
Ответ правильный, но не приводятся уравнения соответствующих реакций	5
Ответ правильный, но не полный по отношению ко всем солям	5
Итого	10