

Химия в профильном классе: решение задач централизованного тестирования

Г. Г. Куприянчик,
учитель химии высшей категории
гимназии №2 г. Пинска

Каждый год на ЦТ предлагается задача, сложная для большей части учащихся. Как правило, это задача, решение которой требует не только теоретических знаний, но и опоры на логическое мышление. После разбора таких задач с учителем или самостоятельно учащиеся понимают, что на самом деле задача не очень сложна. В течение нескольких лет я собираю такие задачи (с решениями). Работая в профильных классах, мне часто приходится дифференцировать задания для учащихся. Есть ребята, которые справляются с заданиями быстрее всех остальных, в таких случаях, чтобы ребёнку не было скучно на уроке и он продолжал развивать свои умения по химии, я предлагаю ему такие задачи. Если у него не получается решить задачу, даю ему подробное решение. А после анализа решения ученик работает с подобными задачами самостоятельно.

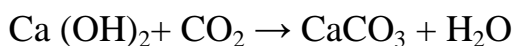
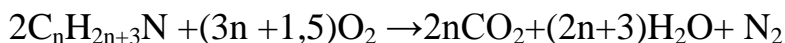
Разбираем на уроках и факультативных занятиях задачи не только из ЦТ, но и РТ (составители сборников В.А. Канащ, Вадим Э. Матулис, Виталий Э. Матулис), в обязательном порядке – из тренажёра А.И. Врублевского. Предлагаю анализ решения нескольких задач.

Задача 1. При поглощении продуктов полного сгорания некоторого алкиламина избытком известковой воды выпал осадок массой 21 г. Масса

раствора при этом уменьшилась ровно на 6,09 г. Определите молярную массу амина (считать, что азот не поглотился).

Решение

1) Составляем уравнения



$$2) n(CaCO_3) = \frac{m}{M} = \frac{16}{100} = 0,16 \text{ (моль);}$$

3) По уравнению мы видим, что $n(CaCO_3) = n(CO_2) = n(C)$

4) Масса раствора увеличивается за счёт массы воды и массы углекислого газа, но уменьшается за счёт массы карбоната кальция

$$-\Delta m = m(CO_2) + m(H_2O) - m(CaCO_3)$$

$$-6,09 = m(CO_2) + m(H_2O) - 21$$

$$5) m(CO_2) = nM = 0,21 * 44 = 7,04 \text{ (г)}$$

$$6) m(H_2O) = x$$

$$-6,09 = 7,04 + x - 21$$

$$x = 4,32$$

$$7) n(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{4,32}{18} = 0,24 \text{ (моль)}; n(H) = 2 n(H_2O) = 0,48 \text{ (моль)}$$

$$8) \frac{n(C)}{n(H)} = \frac{0,16}{0,48} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{n}{2n+3} = \frac{1}{3}; 3n = 2n+3; n = 3. \text{ Значит, } C_3H_9N, M(C_3H_9N) = 59 \text{ г/ моль}$$

Ответ: $M(C_3H_9N) = 59 \text{ г/ моль}$.

Вариант задачи 1. При поглощении продуктов полного сгорания некоторого алкиламина избытком известковой воды выпал осадок массой 16 г. Масса раствора при этом уменьшилась ровно на 4,64 г. Определите молярную массу амина (считать, что азот не поглотился). Ответ: 59 г/моль.

Задача 2. Относительная плотность озона и кислорода по гелию равна 8,4. Определите минимальный объём (дм³, н.у.) такой смеси, необходимой для

полного окисления смеси ацетилена, бутана и 2-метилпропана массой 100 г и относительной плотностью по неону 1,54.

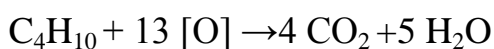
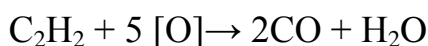
Решение

1) Находим $M(\text{смеси}) = M(\text{He}) * D = 4 * 8,4 = 33,6$ (г/моль)

2) $M(\text{УВ}) = M(\text{Ne}) * D = 20 * 1,54 = 30,8$ (г/моль) УВ-углеводород

$n(\text{УВ}) = 100/30,8 = 3,247$ моль

3) Записываем уравнения реакций, так как бутан и 2-метилпропан имеют одинаковую формулу, то уравнений будет только 2:



4) Пусть $n(\text{C}_2\text{H}_2) = x$ моль, тогда $n(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 3,247 - x$ моль, $n_1(\text{O}) = 5x$ моль

$n_2(\text{O}) = 13(3,247 - x) = 42,211 - 13x$ моль

$$100 = 26x + 58(3,247 - x)$$

$$100 = 26x + 188,326 - 58x$$

$$88,326 = 32x$$

$$x = 2,76$$

5) $n_1(\text{O}) = 5x = 5 * 2,76 = 13,8$ моль

6) $n_2(\text{O}) = 42,211 - 13x = 42,211 - 13 * 2,76 = 6,331$ моль

7) $n_1(\text{O}) + n_2(\text{O}) = 20,131$ моль, $m(\text{O}) = 20,131 * 16 = 322,096$ (г)

Масса атомарного кислорода равна массе смеси озона и кислорода

8) $m(\text{O}) = m(\text{O}_2 + \text{O}_3) = 322,096$ г

9) $n(\text{O}_2 + \text{O}_3) = \frac{322,096}{33,6} = 9,586$ (моль)

10) $V(\text{O}_2 + \text{O}_3) = n * V_m = 9,586 * 22,4 = 214,7 \approx 215$ (дм³)

Ответ: $V(\text{O}_2 + \text{O}_3) = 215$ дм³.

Вариант задачи 2. Относительная плотность озона и кислорода по азоту равна 1,23. Определите минимальный объём (дм³, н.у.) такой смеси, необходимой для полного окисления смеси этана, бутадиена-1,3 и бутана-1 массой 42 г и относительной плотностью по гелию 8,1 (Ответ: 100).

Задача 3. В смеси, состоящей из циклогексана, этиламина и бутина-2, массовые доли углерода и азота равны соответственно 82,5% и 4,8%. Вычислите максимальную массу такой смеси в граммах, которую можно окислить газовой смесью массой 318,4 г, состоящей из кислорода и озона. Продукты реакции только CO_2 , H_2O и N_2 .

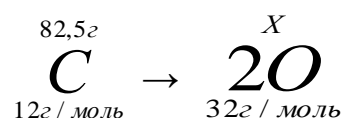
Решение

У нас есть вещества C_6H_{12} , $\text{C}_2\text{H}_5\text{NH}_2$, C_4H_6 . В процессе окисления образовались только CO_2 , H_2O и N_2

1) Допустим, $m_1(\text{смеси}) = 100$ г, тогда $m(\text{C}) = 82,5$ г, $m(\text{N}) = 4,8$ г

$m(\text{H}) = 100 - (82,5 + 4,8) = 12,7$ г

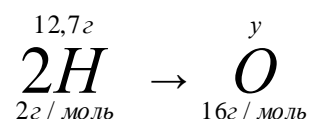
2) В CO_2 на 1 атом С приходится 2 О, отсюда составляем схему



3) Получается пропорция, по которой находим массу атомарного кислорода в CO_2 :

$$\frac{82,5\text{г}}{12\text{г} / \text{моль}} = \frac{x}{32\text{г} / \text{моль}}; \quad x = 220 \text{ г}$$

4) В H_2O на 2 атома Н приходится 1 атом О, составляем схему:



5) Получается вторая пропорция, по которой находим массу атомарного кислорода в воде:

$$\frac{12,7\text{г}}{2\text{г} / \text{моль}} = \frac{y}{16\text{г} / \text{моль}}; \quad y = 101,6 \text{ г}$$

6) Находим сумму атомарного кислорода: $m(\text{O}) = 220 + 101,6 = 321,6$ (г)

7) По пропорции находим, сколько нужно г смеси, если известно, что на 100 г смеси пришлось 321,6 г.

Масса атомарного кислорода равна массе смеси озона и кислорода

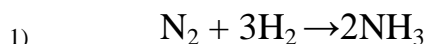
$$\frac{100z(\text{смеси})}{x} = - \frac{321,6z(O)}{318,4z(O)}; x = 99 \text{ г}$$

Ответ: m(смеси)=99 г.

Вариант задачи 3. В смеси, состоящей из этена, метиламина и метана, массовые доли водорода и азота равны соответственно 15,7% и 13,7%. Вычислите максимальную массу такой смеси в граммах, которую можно окислить газовой смесью массой 329,6 г, состоящей из кислорода и озона. Продукты реакции только CO₂, H₂O и N₂. (Ответ: 105 г.)

Задача 4. Смесь азота с водородом при нагревании пропустили над катализатором. В результате реакции с выходом 60% был получен аммиак, а содержание водорода в полученной газовой смеси составило 58% по объёму. Рассчитайте массовую долю (%) водорода в исходной газовой смеси.

Решение



Реакция до конца не прошла, так как реакция обратимая.

2) Допустим, $n_1(\text{N}_2)=1$ моль, $n_{\text{прор}}(\text{N}_2) = 0,6$ моль, $n_{\text{прор}}(\text{H}_2) = 3 \cdot 0,6 = 1,8$ моль

$$n(\text{NH}_3) = 0,6 \cdot 2 = 1,2 \text{ моль}$$

После реакции :NH₃ -1,2 моль

$$\text{N}_2 = 1 - 0,6 = 0,4 \text{ моль}$$

3) Вместе: 1,2+0,4 =1,6, так как содержание водорода после реакции составило 58%, то всё остальное, значит, 42%. Составляем пропорцию и находим оставшийся водород:

$$1,6 \text{ моль} - 42 \%$$

$$x \text{ моль} - 58 \%, \quad x = 2,2 \text{ моль}$$

Можно составить таблицу:

	N ₂	H ₂	NH ₃
Б (было)	1	x	-
И (использовалось)	0,6	1,8	-

С (стало)	0,4	2,2	1,2
-----------	-----	-----	-----

3) Так как водорода реагировало 1,8 моль, то всего его было первоначально:

$$2,2 + 1,8 = 4 \text{ моль}$$

$$5) m(\text{H}_2) = 4 * 2 = 8 \text{ (г)}$$

$$6) m_1(\text{N}_2) = 1 * 28 = 28 \text{ (г)},$$

$$7) m(\text{N}_2 + \text{H}_2) = 8 + 28 = 36 \text{ (г)},$$

$$8) w(\text{H}_2) = \frac{8}{36} = 0,22 \text{ (22\%)}$$

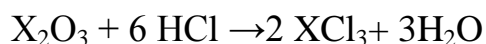
Ответ: 22 %.

Вариант задачи 4. Смесь азота с водородом при нагревании пропустили над катализатором. В результате реакции с выходом 80% был получен аммиак, а содержание водорода в полученной газовой смеси составило 50% по объёму. Рассчитайте массовую долю (%) водорода в исходной газовой смеси. (Ответ: 23%.)

Задача 5. Оксид металла X_2O_3 массой 3,06 г полностью растворили в соляной кислоте. Из полученного раствора выделили 9,66 г кристаллов состава $\text{XCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (выход 66,7%). Укажите молярную массу (г/моль) металла X.

Решение

1) Записываем в общем виде уравнение:



2) Находим, сколько должно было выпасть кристаллов при 100% выходе, составляя пропорцию:

$$9,66 \text{ г (XCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O)} - 66,7 \%$$

$$x \text{ г (XCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O)} - 100\%$$

$$\frac{9,66}{x} = \frac{66,7\%}{100\%}; x = 14,48 \text{ г}$$

3) Допустим, $n(\text{X}_2\text{O}_3) = x$, тогда $n(\text{XCl}_3) = 2x$, $n(6 \text{H}_2\text{O}) = 2x \cdot 6 = 12x$

4) Составляем систему из 2 уравнений

$$\begin{cases} 3.06 = (2\text{Ar}(\text{X}) + 48) \cdot x \\ 14.48 = (\text{Ar}(\text{X}) + 106.5 + 6 \cdot 18) \cdot 2x \end{cases}$$
$$\begin{cases} 3.06 = 2\text{Ar}(\text{X})x + 48x \\ 14.48 = 2\text{Ar}(\text{X})x + 429x \end{cases}$$

Отнимаем от второго уравнения первое и получаем:

$$11.42 = 381x$$

$$x = 0.03$$

4) Находим молярную массу металла: $M(\text{X}) = \frac{102 - 48}{2} = 27$ (г/моль)

Это алюминий

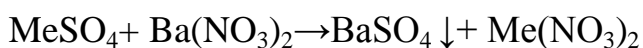
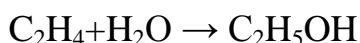
Ответ: 27 г/моль.

По аналогии составлена авторская задача. Оксид металла XO массой 0,6 г полностью растворили в соляной кислоте. Из полученного раствора выделили 1,34 г кристаллов состава $\text{XCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (выход 68%). Укажите молярную массу (г/моль) металла X . (Ответ: 24 г/моль.)

Задача 6. Кристаллогидрат $\text{MeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ растворили в растворе массой 100 г с массовой долей MeSO_4 равной 10%. В результате получили раствор с массовой долей MeSO_4 , равной 20,8%. При добавлении к этому раствору избытка раствора нитрата бария выпало 37,86 г осадка. При обезвоживании кристаллогидрата выделяется столько воды, сколько требуется для гидратации 11,2 дм³ (н.у.) этена. Укажите молярную массу (г/моль) кристаллогидрата.

Решение

1) Записываем уравнения реакций, происходящих по условиям задачи:



2) Находим химическое количество осадка:

$$n(\text{BaSO}_4) = \frac{m}{M} = \frac{37,86}{233} = 0,162 \text{ (моль)};$$

$$n(\text{BaSO}_4) = n(\text{MeSO}_4)$$

3) Находим химическое количество этена:

$$n(\text{C}_2\text{H}_4) = \frac{V}{V_m} = \frac{11,2}{22,4} = 0,5 \text{ (моль)};$$

$$n(\text{C}_2\text{H}_4) = n(\text{H}_2\text{O})$$

4) Находим массу воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = n \cdot M = 0,5 \cdot 18 = 9 \text{ (г)}$$

5) Пусть масса MeSO_4 -х, тогда, используя формулу

$$w(\text{в-ва}) = \frac{m(\text{в} - \text{ва})}{m((\text{р} - \text{ра}))}, \text{ составляем уравнение}$$

$$0,208 = \frac{10 + x}{9 + x + 100}, x = 16$$

$$6) m(\text{кристаллогидрата}) = 16 + 9 = 25 \text{ (г)}$$

$$7) \sum m(\text{MeSO}_4) = 10 + m(\text{MeSO}_4 \text{ в кристаллогидрате}) = 10 + 16 = 26 \text{ (г)}$$

8) Находим молярную массу MeSO_4

$$M(\text{MeSO}_4) = \frac{m}{n} = \frac{26}{0,162} = 160,5 \text{ (г/моль)}, Ar(\text{Me}) = 160,5 - 96 = 64,5. \text{ Это медь Cu.}$$

9) Находим химическое количество соли в кристаллогидрате:

$$n(\text{CuSO}_4) = \frac{16}{160} = 0,1 \text{ (моль)}, \text{ а } n(\text{H}_2\text{O}) = 0,5 \text{ моль, значит, } \frac{n(\text{CuSO}_4)}{n(\text{H}_2\text{O})} = 1:5$$

Формула кристаллогидрата: $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

$$M(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 250 \text{ г/моль}$$

Ответ: 250 г/моль.

По аналогии составлена авторская задача. Кристаллогидрат $\text{MeSO}_4 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ растворили в растворе массой 100 г с массовой долей MeSO_4 , равной 10%. В результате получили раствор с массовой долей MeSO_4 , равной 19,7%. При добавлении к этому раствору избытка раствора нитрата бария выпало 38,72 г осадка. При обезвоживании кристаллогидрата выделяется столько воды, сколько требуется для гидратации 15,68 дм³ (н.у.) этена.

Укажите молярную массу (г/моль) кристаллогидрата. (Ответ: $M(\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}) = 278$ г/моль.)