

Варианты и решения
заданий заочного тура
олимпиады «Ломоносов»
по химии
для учащихся 5-9 классов

Олимпиада «Ломоносов» по химии
Решения заданий заочного тура (5-9 классы)

1. Напишите уравнения реакций разложения, соединения, обмена и замещения с участием одного и того же вещества.

Решение. Приведем один из возможных вариантов. Вещество – H_2O .

Разложение: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ (электролиз или действие высоких температур).

Соединение: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$.

Обмен: $\text{Al}_2\text{S}_3 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Al(OH)}_3\downarrow + 3\text{H}_2\text{S}\uparrow$.

Замещение: $\text{Ca} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\uparrow$.

2. Какие из перечисленных ниже открытий и достижений принадлежат Д.И. Менделееву?

- 1) Открытие закона сохранения массы
- 2) Открытие Периодического закона
- 3) Предсказание новых химических элементов
- 4) Создание физико-химической теории растворов
- 5) Первый в истории синтез этилового спирта
- 6) Открытие электрона
- 7) Открытие инертных газов
- 8) Создание учебника «Новый курс химической философии»
- 9) Открытие каталитического крекинга нефти
- 10) Вывод уравнения идеального газа

Укажите все правильные ответы.

Ответ: правильные ответы – 2, 3, 4, 10. С именем Дмитрия Ивановича Менделеева связано открытие Периодического закона и предсказание на его основе свойств новых химических элементов, разработка физико-химической теории растворов, а также вывод уравнения состояния идеального газа (уравнение Клапейрона – Менделеева).

3. Самый тяжелый при комнатной температуре газ состоит всего из двух элементов. Его молекула имеет массу 298 а.е.м. и включает 7 атомов. Атомная масса более тяжелого элемента составляет 61.7% от молекулярной массы газа. Установите формулу газа.

Решение. Масса атома тяжелого элемента составляет больше половины от массы молекулы, поэтому в составе молекулы – только один тяжелый атом и шесть легких. Представим формулу соединения как XY_6 . Атомная масса тяжелого элемента:

$$A(\text{X}) = 298 \cdot 0,617 = 184 \text{ а.е.м.} - \text{это вольфрам W.}$$

Тогда на шесть атомов легкого элемента Y приходится $298 - 184 = 114$ а.е.м. Его атомная масса:

$$A(\text{Y}) = 114 / 6 = 19 \text{ а.е.м.} - \text{это фтор F.}$$

Таким образом, формула газа – WF_6 .

Ответ: WF_6 .

4. Калий – один из важнейших элементов для организма человека. Именно благодаря ему взаимодействуют между собой нервные клетки. Содержание калия в организме составляет 0.2% по массе. Литр питьевой воды содержит в среднем 12 мг калия в виде положительно заряженных ионов. Если бы калий поступал в организм только с водой, сколько литров пришлось бы выпить школьнику массой 60 кг для того, чтобы получить необходимое количество калия?

Решение. Рассчитаем массу калия в организме школьника ($60 \text{ кг} = 60000 \text{ г}$):

$$m(\text{K}) = 60000 \cdot 0.002 = 120 \text{ г} = 120000 \text{ мг.}$$

Составим и решим пропорцию:

$$\begin{aligned} &1 \text{ л воды} - 12 \text{ мг калия,} \\ &x \text{ л воды} - 120\,000 \text{ мг калия.} \\ &x = 1 \cdot 120000 / 12 = 10000 \text{ л.} \end{aligned}$$

Ответ: 10000 л воды.

5. В ядерных реакторах золото превращается в свинец путем последовательного захвата (присоединения) медленных нейтронов и последующих бета-распадов (при бета-распаде ядро испускает электрон, при этом массовое число ядра не меняется, а заряд увеличивается на 1). Сколько захватов нейтронов и бета-распадов включает серия превращений $^{197}_{79}\text{Au}$ в $^{204}_{82}\text{Pb}$? Объясните.

Решение. При захвате нейтрона массовое число увеличивается на единицу, а заряд ядра не меняется; при β -распаде – наоборот, заряд ядра увеличивается на 1, а массовое число остается таким же. Поэтому можно по отдельности найти число захватов нейтрона:

$$N_n = 204 - 197 = 7$$

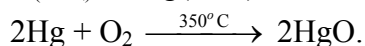
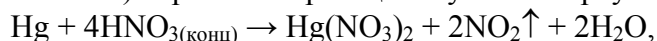
и число β -распадов:

$$N_\beta = 82 - 79 = 3.$$

Ответ: 7 захватов нейтрона и 3 β -распада.

6. Назовите самую тяжелую жидкость при комнатной температуре. Напишите два уравнения реакции с ее участием. Найдите в справочнике температуру кипения и рассчитайте, во сколько раз увеличивается объем вещества в результате полного испарения этой жидкости при температуре кипения.

Решение. Самая тяжелая жидкость при комнатной температуре – это ртуть (ее плотность составляет 13.5 г/см^3). Уравнения реакций с участием ртути:



Температура кипения ртути равна 357°C (630 K). При этой температуре и нормальном давлении 1 моль любого идеального газа занимает объем

$$V_{\text{м(г)}} = \frac{RT}{p} = \frac{8.314 \cdot 630}{101.3} = 51.7 \text{ л/моль} = 51700 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

Молярный объем жидкой ртути равен

$$V_{\text{м(ж)}} = \frac{M}{\rho} = \frac{200.16}{13.5} = 14.9 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

При испарении ртути объем увеличится в $51700 / 14.9 = 3470 \approx 3500$ раз.

Ответ: в 3500 раз.

7. При полном разложении оксида неизвестного элемента образуется только смесь газов с плотностью 3.2 г/л при нормальных условиях. Какой это оксид? Установите его формулу и напишите три уравнения реакции с его участием.

Решение. Средняя молярная масса продуктов разложения составляет

$$M_{\text{ср}} = 3.2 \cdot 22.4 = 71.68 \text{ г/моль}.$$

Очевидно, что один из продуктов разложения – кислород O_2 , его молярная масса меньше средней, следовательно, у второго газа молярная масса должна быть больше средней. Если предположить, что второй продукт разложения – простое вещество, то такую большую молярную массу может иметь только инертный газ: криптон или ксенон. Для криптона оксиды не известны, остается ксенон.

Пусть формула оксида XeO_n , тогда при его разложении в соответствии с уравнением

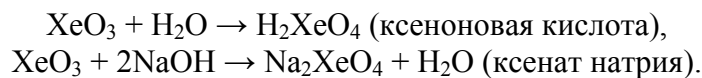


образуется смесь с молярным соотношением газов $\text{Xe} : \text{O}_2 = 1 : 0.5n$. Средняя молярная масса:

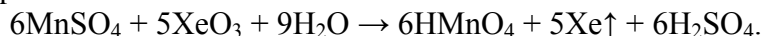
$$M_{\text{ср}} = \frac{131 + 0.5n \cdot 32}{1 + 0.5n} = 71.68,$$

$$n = 3.$$

Таким образом, формула оксида – XeO_3 . Это кислотный оксид, он реагирует с водой и со щелочами:



Оксид XeO_3 – сильный окислитель, в кислой среде он способен окислять соли марганца (II) до перманганата:



В слабощелочной среде образуется оксид марганца (IV):



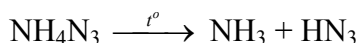
Ответ: XeO_3 .

8. Вещество **X** имеет ионное строение и состоит всего из двух элементов-неметаллов, мольные доли которых равны. Масса положительных ионов составляет 30% от массы вещества. Определите формулу **X**, напишите возможное уравнение реакции его разложения.

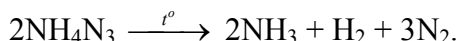
Решение. Нам хорошо известен катион, в состав которого входят неметаллы. Это ион аммония NH_4^+ . Значит, два элемента-неметалла, из которых состоит вещество **X**, это азот и водород. Условию задачи удовлетворяет NH_4N_3 , азид аммония:

$$\omega(\text{NH}_4^+) = \frac{18}{60} = 0.3 \text{ (30\%).}$$

Азид аммония – соль азидоводородной кислоты HN_3 . Уравнение реакции разложения азида аммония:

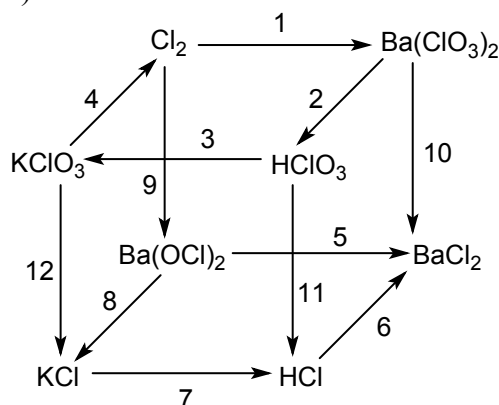


или, при более сильном нагревании:



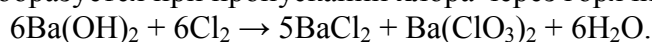
Ответ: NH_4N_3 , азид аммония.

9. Напишите уравнения реакций, соответствующие следующей схеме (каждая стрелка соответствует одной реакции):

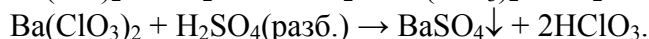


Решение.

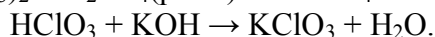
1) Хлорат бария образуется при пропускании хлора через горячий раствор $\text{Ba}(\text{OH})_2$:



2)



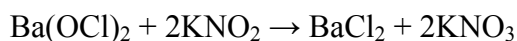
3)



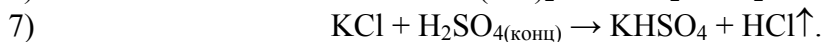
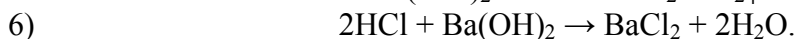
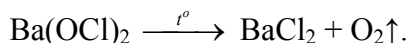
4) Хлорат калия — сильный окислитель; он окисляет соляную кислоту до хлора:



5) Гипохлорит бария — сильный окислитель, легко восстанавливается до хлорида:



или



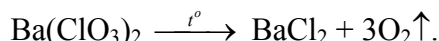
8) Гипохлорит бария можно превратить в хлорид калия путем восстановления до хлорида с одновременным протеканием обменной реакции:



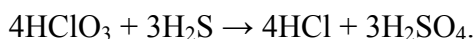
9) Гипохлорит бария образуется при пропускании хлора через холодный раствор $\text{Ba}(\text{OH})_2$:



10) Хлорат бария при сильном нагревании разлагается до хлорида:

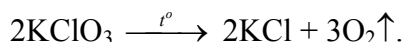


11) Соляная кислота может образоваться при полном восстановлении хлорноватой кислоты:



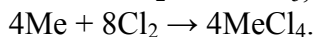
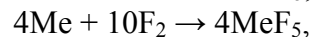
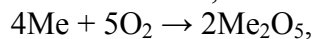
Однако при проведении этой реакции следует принимать меры, чтобы избежать сопорционирования Cl^{+5} и Cl^{-1} с получением молекулярного хлора (как, например, в реакции 4).

12) Хлорат калия при сильном нагревании разлагается до хлорида:



10. Простое вещество – металл реагирует с кислородом и галогенами. Объемы кислорода, фтора и хлора, которые расходуются на окисление одного и того же количества металла, относятся как 5 : 10 : 8. Молярная масса полученного хлорида на 6% больше, чем молярная масса оксида. Определите металл и напишите уравнения упомянутых реакций.

Решение. Из соотношения объемов кислорода, фтора и хлора следует, что в оксиде и фториде неизвестный металл Me – пятивалентный, а в хлориде – четырехвалентный:



Металл находим, исходя из соотношения молярных масс оксида и хлорида:

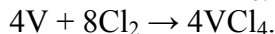
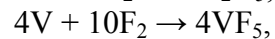
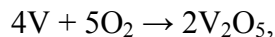
$$M(\text{Me}_2\text{O}_5) = 2x + 16 \cdot 5 = 2x + 80,$$

$$M(\text{MeCl}_4) = x + 35.5 \cdot 4 = x + 142,$$

$$(2x + 80) \cdot 1.06 = x + 142,$$

$$x = 51 \text{ г/моль, Me – это ванадий, V.}$$

Уравнения реакций:



Ответ: ванадий.