

Конкурс по химии. Ответы и решения.

В скобках после номера задачи указаны классы, которым эта задача рекомендуется. Ученикам 8 класса предлагается решить 1–3 задачи, ученикам 9–11 классов — 2–4 задачи. Можно решать и задачи старших классов. Если вы младше 8 класса, но уже изучаете химию, то можно решать задачи для 8 класса (и для более старших классов). Решённые задачи класса младше своего не влияют на оценку.

1. (8–9) Имеется сплав меди с цинком массой 10,0 г. Если ввести в сплав дополнительно 2,0 г цинка, то процентное содержание цинка в новом сплаве окажется в 1,25 раз выше, чем в первоначальном. Определите состав первоначального сплава. Что будет наблюдаться при обработке порошка такого сплава соляной кислотой? Напишите уравнение реакции.

Ответ: первоначальный сплав содержал 4 г цинка и 6 г меди.

Решение. Обозначим содержание цинка в исходном сплаве за x г. Его процентное содержание составит $\frac{x}{10} \cdot 100\%$.

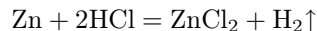
В конечном сплаве ($x + 2$) г цинка, масса сплава уже 12 г. Процентное содержание цинка в сплаве составит $x + 212 \cdot 100\%$.

По условию задачи составляем уравнение

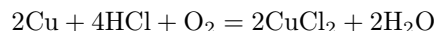
$$1,25 \cdot \frac{x}{10} = \frac{x + 2}{12}$$

Решая уравнение, получаем $x = 4$. Таким образом, состав исходного сплава — 4 г цинка и 6 г меди.

Реакция с соляной кислотой. При обработке порошка сплава соляной кислотой будет наблюдаться выделение водорода в результате растворения цинка.



Реакция $\text{Cu} + \text{HCl}$ не идёт, так как медь стоит правее водорода в ряду напряжений и не вытесняет водород из кислот. Однако если раствор насыщен кислородом¹, растворение меди возможно, но без выделения газа, так как восстанавливается в этом случае не ион H^+ , а молекулярный кислород



2. (8–9) Самый лёгкий из металлов — литий, его плотность составляет 0,534 г/см³. Кадмий приблизительно в 16 раз тяжелее — его плотность

¹Если поверхность раствора соляной кислоты контактирует с воздухом, находящаяся в растворе металлическая медь будет постепенно растворяться, а израсходованный кислород — восполняться из воздуха. Этот процесс будет происходить до полного растворения меди.

равна 8,65 г/см³. Пользуясь атомными массами, указанными в Периодической системе элементов, рассчитайте объёмы 1 моля для этих металлов.

Ответ: объём одного моля лития составляет 13,1 см³, объём одного моля кадмия составляет 12,9 см³.

Решение. Атомная масса лития составляет 7 г/моль, объём 7 граммов лития составляет $\frac{7 \text{ г}}{0,534 \text{ г/см}^3} \approx 13,1 \text{ см}^3$.

Атомная масса кадмия составляет 112 г/моль, объём 112 граммов кадмия составляет $\frac{112 \text{ г}}{8,65 \text{ г/см}^3} \approx 12,9 \text{ см}^3$.

Заметим, что молярные объёмы (т. е. объём одного моля) указанных металлов практически одинаковы, несмотря на существенные различия плотностей этих металлов.

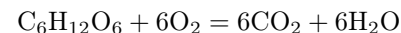
3. (8–9) Органическое вещество имеет молекулярную массу 180 а.е.м. При анализе установлено, что 72 а.е.м. в молекуле приходится на атомы углерода, и кроме этого, молекула вещества содержит атомы водорода и кислорода, причём атомов водорода в два раза больше, чем атомов кислорода. Напишите молекулярную формулу этого вещества. Составьте уравнение его реакции с кислородом (горения).

Ответ: молекулярная формула вещества $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

Решение. Атомная масса углерода составляет 12 а.е.м., поэтому величина 72 а.е.м. соответствуют 72 а.е.м./12 а.е.м. = 6 атомам углерода.

Остаются $180 - 72 = 108$ а.е.м. на кислород с водородом. Предположим, молекула содержит n атомов О (атомная масса 16 а.е.м.) и $2n$ атомов Н (атомная масса 1 а.е.м.). Тогда $16n + 2n = 108$, откуда $n = 6$ и формула вещества $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$.

Реакция горения



4. (9–10) В вашем распоряжении имеется «тяжёлая вода» D_2O — вода, в молекулах которой водород находится в форме дейтерия (изотопа водорода с атомной массой 2, обозначается буквой D) — и любые реактивы, не содержащие дейтерия. Напишите уравнения реакций, которые надо провести для получения следующих веществ:

- 1) LiOD
- 2) D_2SO_4
- 3) DCl
- 4) ND_4Cl
- 5) D_2
- 6) HD

(для получения некоторых веществ потребуется больше одной стадии).

Решение. Примеры способов получения (возможны и другие способы):

- 1) $\text{LiOD} \quad \text{Li}_2\text{O} + \text{D}_2\text{O} = 2\text{LiOD}$
- 2) $\text{D}_2\text{SO}_4 \quad \text{SO}_3 + \text{D}_2\text{O} = \text{D}_2\text{SO}_4$
- 3) $\text{DCl} \quad \text{NaCl} + \text{D}_2\text{SO}_4(\text{раств. в D}_2\text{O}) = \text{NaDSO}_4 + \text{DCl}$
- 4) $\text{D}_2 \quad 2\text{D}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{D}_2 + \text{O}_2$
- 5) $\text{ND}_4\text{Cl} \quad \text{Li}_3\text{N} + 3\text{D}_2\text{O} = 3\text{LiOD} + \text{ND}_3$
 $\text{ND}_3 + \text{DCl} = \text{ND}_4\text{Cl}$
- 6) $\text{HD} \quad \text{NaH} + \text{D}_2\text{O} = \text{NaOD} + \text{HD}$

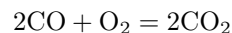
5. (9–10) Смесь оксида углерода(II) и кислорода имеет объём 168 мл (н. у.). После окисления всего оксида углерода объём газовой смеси составил 140 мл (н. у.). Определите состав исходной газовой смеси (в мл). Какие вещества и в каких количествах образуются при пропускании полученного оксида углерода(IV) в раствор, содержащий 0,15 г гидроксида натрия? Напишите уравнения реакций.

Ответ:

состав смеси газов: 56 мл CO и 112 мл O₂;

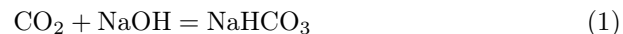
состав раствора: 0,00125 моль (0,1325 г) гидрокарбоната натрия и 0,00125 моль (0,1054 г) карбоната натрия.

Решение. Монооксид углерода и кислород взаимодействуют по уравнению

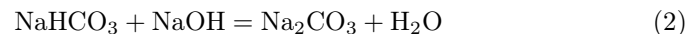


Объём смеси уменьшается на объём прореагировавшего кислорода, значит, прореагировало 28 мл кислорода. С ним вступило в реакцию $2 \cdot 28 = 56$ мл CO. Так как CO израсходовался полностью, то в смеси было всего 56 мл CO и $168 - 56 = 112$ мл O₂.

Реакции CO₂ со щёлочью



Если щёлочи больше, чем в молярном соотношении 1:1 с CO₂, то идёт вторая реакция



По условию имеется 0,00375 моль NaOH и 0,0025 моль CO₂ (так как при окислении получилось 56 мл CO₂, что соответствует 0,0025 моль).

По реакции (1) образуется 0,0025 моль гидрокарбоната натрия. После этого останется 0,00125 моль гидроксида натрия, который вступит в реакцию (2). С ним прореагирует 0,00125 моль гидрокарбоната натрия, при этом получится 0,00125 моль карбоната натрия (или 0,1325 г). Помимо этого, в растворе останется непрореагировавший гидрокарбонат натрия в количестве $0,0025 - 0,00125 = 0,00125$ моль (или 0,105 г)

6. (9–11) Среди веществ, которые мама использовала при готовке, Петя обнаружил белый порошок и решил его проанализировать. Для начала он набрал вещество в ложку и стал осторожно нагревать его. Содержимое ложки вспенилось, и довольно быстро в ней ничего не осталось. Для следующего опыта Петя добавил к белому порошку немного соляной кислоты. На этот раз смесь сразу начала пениться, а при нагревании из ложки снова улетучилось всё содержимое, причём напоследок образовалось целое облако белого дыма. Наконец, в третий раз Петя налил на порошок раствор гидроксида натрия. Он сразу почувствовал неприятный запах, а после нагревания на ложке осталось довольно много белого налёта. Что представлял собой белый налёт, оставшийся в ложке? Что за вещество исследовал Петя? Для чего его могли использовать на кухне? Напишите уравнения описанных реакций.

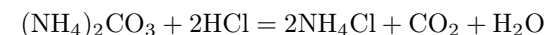
Решение. Вещество — карбонат аммония (NH₄)₂CO₃ или гидрокарбонат аммония (NH₄)HCO₃.

Реакции (для примера — для карбоната аммония).

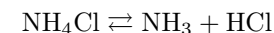
Термическое разложение (все продукты летучие):



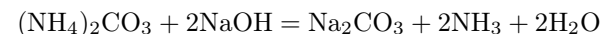
Реакция с соляной кислотой:



Образование белого дыма («дым» — мелкие твёрдые частички NH₄Cl, образующиеся в воздухе в результате обратной реакции газообразных продуктов термического разложения NH₄Cl):



Реакция с гидроксидом натрия (белый налёт — карбонат натрия):



На кухне вещество применяется как разрыхлитель для теста (используется вышеуказанная реакция термического разложения с образованием летучих продуктов, протекающая во время выпечки теста в духовке).

7. (10–11) При обжиге некоторого минерала (массой 5,52 г) получено 1,344 л газа с плотностью по водороду 32 и твёрдый остаток. При растворении твёрдого остатка в избытке серной кислоты образовался раствор, из которого можно выделить средние соли двух разных металлов в молярном отношении 2:1. А при внесении в раствор железной пластинки она приобретает красноватый цвет, и по окончании реакции в растворе содержатся ионы только одного металла. Определите формулу минерала.

Ответ: минерал — CuFeS₂ (халькопирит).

Решение.

Обоснование. Газ — SO_2 (судя по плотности по водороду). Его количество 0,06 моль.

Один из металлов железа, так как после окисления железа с пластинки в растворе никакого металла, кроме железа, нет.

Второй металл, вероятно, медь (красноватый металл, который осаждается на металлическом железе)

Расчёт. Так как при обжиге образуются оксиды в высшей степени окисления, то при растворении в серной кислоте были получены CuSO_4 и $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$.

Соотношение этих солей 2:1 указывает на то, что металлы присутствуют в минерале в отношении 1:1 (соотношение 4:1 маловероятно).

Навеска минерала содержала $0,06 \cdot 32 = 1,92$ г серы. На долю металлов приходится $5,52 - 1,92 = 3,6$ г.

Металлы присутствуют в молярном отношении 1:1, значит количество каждого металла: $3,6 : (64 + 56) = 0,03$ моль (где 64 и 56 — молярные массы меди и железа соответственно, выраженные в г/моль).

Учитывая ранее установленное количество серы 0,06 моль, можно записать химическую формулу минерала: CuFeS_2 .

8. (10–11) Непредельный углеводород массой 4,1 г присоединяет 8,0 г брома, образуя дибромид. Определите строение углеводорода, если известно, что его гидрирование и последующее хлорирование на свету приводит только к одному монохлорпроизводному.

Ответ: циклогексен.

Решение. 1 моль углеводорода присоединяет 1 моль Br_2 (160 г брома), 4,1 г этого углеводорода присоединяют 8,0 г Br_2 . Отсюда молярная масса углеводорода $M = 160 \cdot 4,1/8,0 = 82$ г/моль. Это соответствует единственно возможной² формуле C_6H_{10} .

Если бы углеводород был диеном или алкином, то при его гидрировании получался бы алкан, дающий несколько изомерных монохлорпроизводных. Таким образом, это циклогексен.

9. (11) В органической химии часто используются вещества, содержащие изотоп водорода — дейтерий (D). Предложите способы получения следующих дейтерированных соединений:

- 1) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OD}$
- 2) $\text{CH}_2\text{D}-\text{CH}_2\text{OH}$
- 3) CHD_2CHO
- 4) CD_3COOH
- 5) CH_3COOD
- 6) $\text{C}_6\text{H}_5\text{D}$

В качестве исходных веществ можно применять любые органические соединения, не содержащие дейтерия, и тяжёлую воду D_2O (как источник дейтерия).

Решение. Примеры способов получения (возможны и другие способы):

- 1) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OD}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{ONa} + \text{D}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{OD} + \text{NaOD}$
- 2) $\text{CH}_2\text{D}-\text{CH}_2\text{OH}$ получение DCl см. в решении задачи № 4
 $\text{CH}_2=\text{CH}_2 + \text{DCl} \rightarrow \text{CH}_2\text{D}-\text{CH}_2\text{Cl}$
 $\text{CH}_2\text{D}-\text{CH}_2\text{Cl} + \text{NaOH}(\text{водн.}) \rightarrow \text{CH}_2\text{D}-\text{CH}_2\text{OH} + \text{NaCl}$
- 3) CHD_2CHO $\text{C}_2\text{H}_2 + \text{D}_2\text{O} \xrightarrow{\text{соли Hg}} \text{CHD}_2\text{CHO}$ (реакция Кучерова)
- 4) CD_3COOH $2\text{D}_2\text{O} \xrightarrow{\text{электролиз}} 2\text{D}_2 + \text{O}_2$
 $\text{C} + 2\text{D}_2 \xrightarrow{\text{нагревание, давление}} \text{CD}_4$
 $\text{CD}_4 + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{хлорирование на свету}} \text{CD}_3\text{Cl} + \text{DCl}$
 $\text{CD}_3\text{Cl} + \text{NaCN} \rightarrow \text{CD}_3\text{CN} + \text{NaCl}$
 $\text{CD}_3\text{CN} + 2\text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{H}^+} \text{CD}_3\text{COOH} + \text{NH}_3$
- 5) CH_3COOD $\text{CH}_3\text{COCl} + \text{D}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOD} + \text{DCl}$
- 6) $\text{C}_6\text{H}_5\text{D}$ $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br} + \text{Mg} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{MgBr}$
 $\text{C}_6\text{H}_5\text{MgBr} + \text{D}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{D} + \text{Mg}(\text{OH})\text{Br}$

²Большее количество атомов углерода (≥ 7) в молекуле соответствует значениям $M > 7 \cdot 12 = 84 > 82$ г/моль, а меньшее количество (≤ 5) соответствует нереализуемым формулам C_5H_{22} , C_4H_{34} , ...