

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 — 3–4 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) Лекарственный препарат содержит в молекуле восемь атомов углерода, девять атомов водорода, один атом азота и два атома кислорода. Запишите молекулярную формулу препарата и рассчитайте его относительную молекулярную массу.

Одна из лекарственных форм препарата — суспензия, содержащая 24 мг вещества в 1 мл. Какой объём суспензии необходим на один приём для ребёнка массой 12 кг, если доза препарата должна составить 10 мг на 1 кг массы тела?

Решение. Формула препарата $C_8H_9NO_2$.

Молекулярная масса складывается из атомных масс атомов, входящих в состав молекулы. Атомные массы составляют: для углерода — 12, для водорода — 1, для азота — 14 и для кислорода — 16 а. е. м.

Таким образом, молекулярная масса составляет

$$8 \cdot 12 + 9 \cdot 1 + 14 + 16 \cdot 2 = 151 \text{ г/моль.}$$

Рассчитаем дозировку препарата.

Так как необходима доза 10 мг на 1 кг массы тела, для ребёнка массой 12 кг требуется 120 мг препарата.

Суспензия содержит 24 мг препарата в 1 мл.

Таким образом, 120 мг препарата содержатся в $120 : 24 = 5$ мл суспензии.

Ответ. Молекулярная формула $C_8H_9NO_2$; дозировка 5 мл суспензии.

Критерии проверки:

формула $C_8H_9NO_2$ — 2 балла;

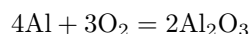
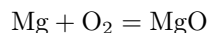
относительная молекулярная масса 151 г/моль — 2 балла;

дозировка 5 мл суспензии — 4 баллов.

Итого 8 баллов.

2. (8–9) Кусочки магния и алюминия одинаковой массы полностью сожгли в кислороде. При сжигании кусочка магния получено 8,0 г оксида. Определите массу взятых кусочков металла и массу полученного оксида алюминия. Напишите уравнения реакций горения.

Решение. Реакции горения:



Рассчитаем количество MgO (молярная масса 40 г/моль).

$$\frac{8 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

Значит в реакцию вступило 0,2 моль магния. Молярная масса магния 24 г/моль. Отсюда получаем массу магния:

$$0,2 \text{ моль} \cdot 24 \text{ г/моль} = 4,8 \text{ г}$$

Так как по условию массы магния и алюминия равны, масса алюминия также составляет 4,8 г.

Теперь найдём массу оксида алюминия. Молярная масса алюминия 27 г/моль, молярная масса оксида алюминия (Al_2O_3) 102 г/моль. 4,8 г алюминия составляют

$$\frac{4,8 \text{ г}}{27 \text{ г/моль}} \approx 0,178 \text{ моль}$$

Количество оксида алюминия Al_2O_3 по уравнению реакции будет в два раза меньше: 0,089 моль, что составляет

$$0,089 \text{ моль} \cdot 102 \text{ г/моль} = 9,078 \text{ г}$$

Ответ. Массы кусочков металла (магния и алюминия) 4,8 г; масса полученного оксида алюминия 9,078 г.

Критерии проверки:

уравнения реакций горения — 2 балла;

расчёт массы магния (и алюминия) 4,8 г — 3 балла;

расчёт массы оксида алюминия 9,078 г — 5 баллов.

Итого 10 баллов.

3. (8–11) Сколько граммов иодида калия выпадет в осадок из 73,0 г водного раствора, насыщенного при 80 °С, при охлаждении его до 20 °С? Растворимость иодида калия при 80 °С составляет 192 г на 100 г воды, а при 20 °С — 144 г на 100 г воды.

Решение. Задачу можно решить несколькими способами, мы приводим один из них.

При температуре 80 °С по условию 192 г соли содержится в 292 г насыщенного раствора (суммарная масса воды и растворённой соли). Тогда в 73 г насыщенного раствора содержится $192 \text{ г} \cdot \frac{73 \text{ г}}{292 \text{ г}} = 48 \text{ г}$ растворённого вещества. То есть первоначально в растворе находится 48 г соли и $73 \text{ г} - 48 \text{ г} = 25 \text{ г}$ воды.

После охлаждения до температуры 20 °С масса воды осталась без изменений (25 г). Если при этой температуре на 100 г воды приходится 144 г соли, то на 25 г воды приходится $144 \text{ г} \cdot \frac{25 \text{ г}}{100 \text{ г}} = 36 \text{ г}$ соли.

То есть после охлаждения в растворе остаётся 100 г соли, а в садок выпадает 48 г – 36 г = 12 г.

Ответ. В осадок выпадет 12 г иодида калия.

Критерии проверки:

при температуре 80 °С в 73 г раствора 48 г соли — 3 балла;
при температуре 80 °С в 73 г раствора 25 г воды — 2 балла;
при температуре 20 °С в растворе 25 г воды — 2 балла;
при температуре 20 °С в растворе 36 г соли — 3 балла;
в осадок выпадает 12 г соли — 2 балла.

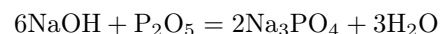
Итого 12 баллов.

4. (9–10) Какие из перечисленных ниже веществ могут взаимодействовать с 10%-ным водным раствором гидроксида натрия? Напишите уравнения возможных реакций.

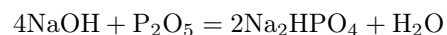
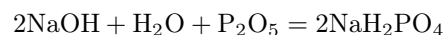
- | | |
|----------------------------------|----------------------|
| 1) P ₂ O ₅ | 5) Al |
| 2) CuO | 6) MgCO ₃ |
| 3) ZnO | 7) Cl ₂ |
| 4) CuSO ₄ | 8) H ₂ S |

Решение.

1) Реакция в избытке щёлочи:

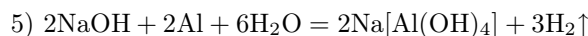
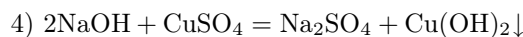


Однако в условии не указано, в каком соотношении вещества взаимодействуют. Поэтому нужно учитывать и образование кислых солей:



2) CuO — реакции нет.

3) $2\text{NaOH} + \text{ZnO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$
(за счёт амфотерности оксида цинка).



6) MgCO₃ — химического взаимодействия нет. (Карбонат магния может образовывать с водой кристаллогидраты, поглощая воду из раствора.)

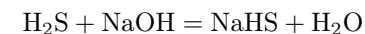
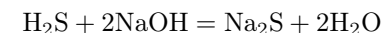
7) Диспропорционирование в холодном растворе:



При нагревании:



8)



Критерии проверки:

реакция с P₂O₅ — 1 балл;
получение кислых солей с P₂O₅ — 2 балла;
реакция с ZnO — 1 балл;
реакция с CuSO₄ — 1 балл;
реакция с Al — 2 балла;
одна реакция с Cl₂ — 1 балл;
вторая реакция с Cl₂ — 2 балла;
реакция с H₂S — 1 балл;
получение кислой соли с H₂S — 1 балл.

Итого 12 баллов.

5. (9–10) В 200 г водного раствора HCl с массовой долей 3,65% растворили 27,4 г металлического бария. Какие вещества будут содержаться в растворе после окончания реакции? Определите их массовые доли в растворе (в процентах).

Решение.

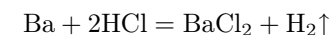
Количество металлического бария (молярная масса 137 г/моль):

$$\frac{27,4 \text{ г}}{137 \text{ г/моль}} = 0,2 \text{ моль}$$

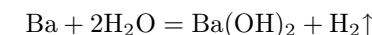
Количество соляной кислоты в растворе (молярная масса 36,5 г/моль)

$$\frac{200 \text{ г} \cdot \frac{3,65\%}{100\%}}{36,5 \text{ г/моль}} = \frac{200}{100} \cdot \frac{3,65}{36,5} \text{ моль} = 0,2 \text{ моль}$$

Реакция бария с соляной кислотой:



Так как 0,2 моль кислоты взаимодействует с 0,1 моль бария, а бария имеется 0,2 моль, то он находится в избытке. Избыток бария (0,1 моль) будет реагировать с водой:



После окончания реакции в растворе окажется хлорид бария и гидроксид бария:

BaCl₂: количество 0,1 моль, масса 20,8 г (молярная масса 208 г/моль);

Ba(OH)₂: количество 0,1 моль, масса 17,1 г (молярная масса 171 г/моль).

Найдём массу раствора. К исходному раствору (200 г) был добавлен барий (27,4 г, он перешёл в раствор), и из раствора выделился водород (в обеих реакциях по 0,1 моль, то есть всего 0,2 моль, масса 0,4 г):

$$200 \text{ г} + 27,4 \text{ г} - 2 \frac{\text{г}}{\text{моль}} \cdot 0,2 \text{ моль} = 227 \text{ г}$$

Массовые доли растворённых веществ в растворе:

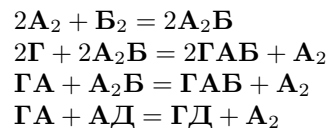
$$\begin{aligned} \text{BaCl}_2 : & \quad \frac{20,8 \text{ г}}{227 \text{ г}} \cdot 100\% \approx 9,16\% \\ \text{Ba(OH)}_2 : & \quad \frac{17,1 \text{ г}}{227 \text{ г}} \cdot 100\% \approx 7,53\% \end{aligned}$$

Ответ. Массовые доли в растворе: BaCl_2 — 9,16%; Ba(OH)_2 — 7,53%.

Критерии проверки:

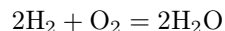
бария 0,2 моль, HCl 0,2 моль, барий в избытке — 1 балл;
 BaCl_2 : 0,1 моль, масса 20,8 г — 2 балла;
 реакция избытка бария с водой — 1 балл;
 Ba(OH)_2 : 0,1 моль, масса 17,1 г — 1 балл;
 масса раствора: $200 + 27,4 - 0,4 = 227 \text{ г}$ — 3 балла;
 Массовые доли: BaCl_2 9,16% и Ba(OH)_2 7,53% — 4 балла.
Итого 12 баллов.

6. (9–10) Вещества, образованные химическими элементами **А**, **Б**, **Г** и **Д**, вступают в следующие реакции:

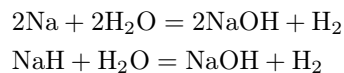


Определите элементы **А**, **Б**, **Г** и **Д** и указанные вещества, если известно, что A_2 , B_2 и Д_2 — газы; соединения, содержащие элемент **Г**, окрашивают пламя в жёлтый цвет; а каждое из веществ **АД** и **ГД** в количестве по 0,1 моль взаимодействует с избытком раствора нитрата серебра, образуя осадок массой 14,35 г.

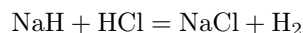
Решение.



А = водород
Б = кислород



Г = натрий (Г. к. окрашивает пламя в жёлтый цвет.)



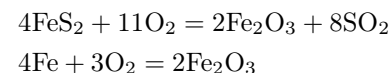
Д = хлор (Это подтверждается тем, что вещества HCl и NaCl образуют осадок при реакции с нитратом серебра. В таком случае выпадает осадок AgCl массой 14,35 г, что при молекулярной массе 143,5 г/моль соответствует взаимодействию с 0,1 моль HCl или NaCl .)

Критерии проверки:

А = водород — 1 балл;
Б = кислород — 1 балл;
Г = натрий — 1 балл;
 обоснование (окраска пламени) — 2 балла;
Д = хлор — 1 балл;
 обоснование (наличие или масса осадка) — 2 балла;
 формулы веществ — 2 балла.
Итого 10 баллов.

7. (10–11) Через нагретую трубку, содержащую смесь пирита (FeS_2) и порошка металлического железа, пропускали кислород, пока оба вещества полностью не прореагировали. По окончании реакций продукт извлекли из трубки, охладили и взвесили. Масса твёрдого продукта оказалась равной массе исходной смеси. Определите состав исходной смеси в процентах по массе. Напишите уравнения реакций.

Решение. Уравнения реакций:



В потоке кислорода железо будет окисляться до Fe_2O_3 . Решения, в которых предполагалось получение Fe_3O_4 (как при окислении на воздухе), тоже учитывались. А получение FeO оценивалось лишь частью баллов.

Пусть в смеси было x моль FeS_2 (молярная масса 120 г/моль) и y моль металлического железа (молярная масса 56 г/моль). По условию масса твёрдого продукта (Fe_2O_3 , молярная масса 160 г/моль) равна массе исходной смеси, которая складывается из масс железа ($56y$ г) и пирита ($120x$ г). Количество вещества Fe_2O_3 , полученного в каждой из реакций, вдвое меньше исходного количества реагента:

$$120x + 56y = 160 \frac{x}{2} + 160 \frac{y}{2}$$

$$40x = 24y$$

$$\frac{x}{y} = \frac{24}{40} = 0,6$$

$$\frac{120x}{56y} = \frac{120}{56} \cdot 0,6 = \frac{72}{56} = \frac{9}{7} = \frac{9 \cdot 100/(9+7)}{7 \cdot 100/(9+7)} = \frac{9 \cdot 6,25}{7 \cdot 6,25} = \frac{56,25}{43,75}$$

В полученной дроби числитель и знаменатель (их сумма равна 100) являются массовым долям веществ в процентах: 56,25% пирита и 43,75% железа.

Ответ. Массовый состав исходной смеси: 56,25% FeS₂ и 43,75% Fe.

Критерии проверки:

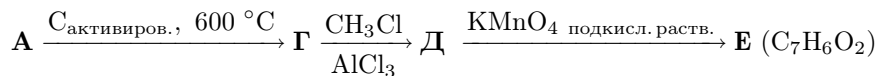
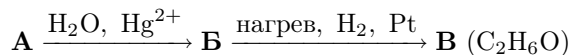
уравнения реакции — 2 балла (за Fe₃O₄ оценка не снижается);

соотношение в молях Fe : пирит = 1 : 0,6 — 4 балла;

массовые доли — 4 балла.

Итого 10 баллов.

8. (10–11) Даны схемы химических превращений веществ **А**, **Б**, **В**, **Г**, **Д**, **Е**.



В скобках даны брутто-формулы веществ **В** и **Е**.

Расшифруйте вещества **А**, **Б**, **В**, **Г**, **Д**, **Е**. Напишите уравнение реакции между веществами **В** и **Е**.

Решение.

А = ацетилен

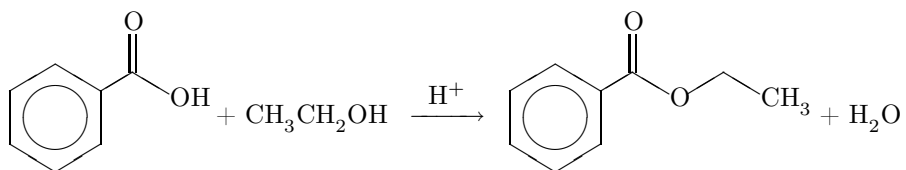
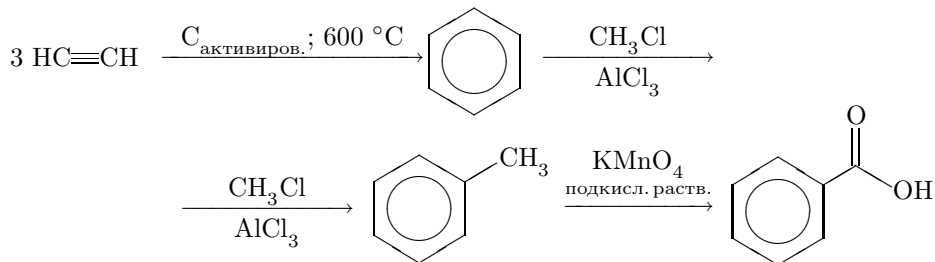
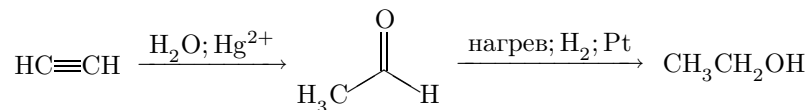
Б = ацетальдегид

В = этанол

Г = бензол

Д = метилбензол

Е = бензойная кислота



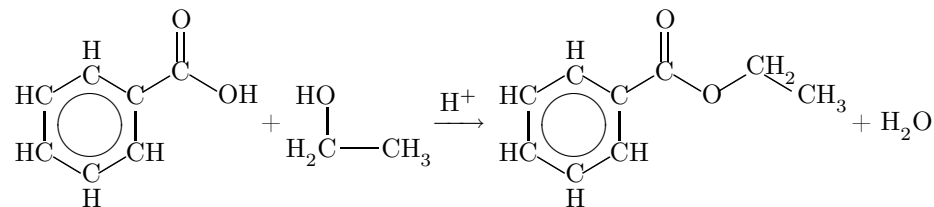
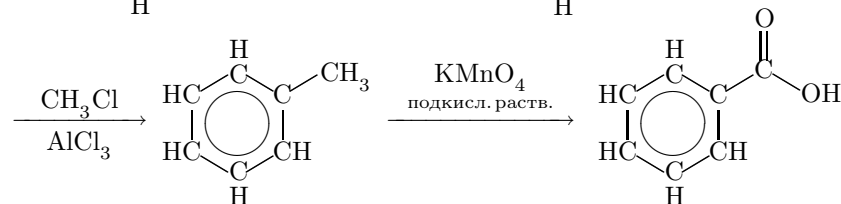
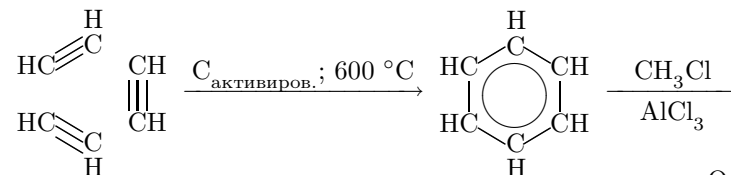
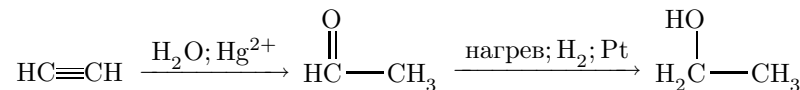
Критерии проверки:

за каждое вещество — 2 балла (6 веществ = 12 баллов);

реакция бензойной кислоты с этанолом — 2 балла.

Итого 14 баллов.

Примечание. Для тех, кто пока не знаком с сокращённой записью химических формул, приводим эти формулы с обозначением всех атомов.



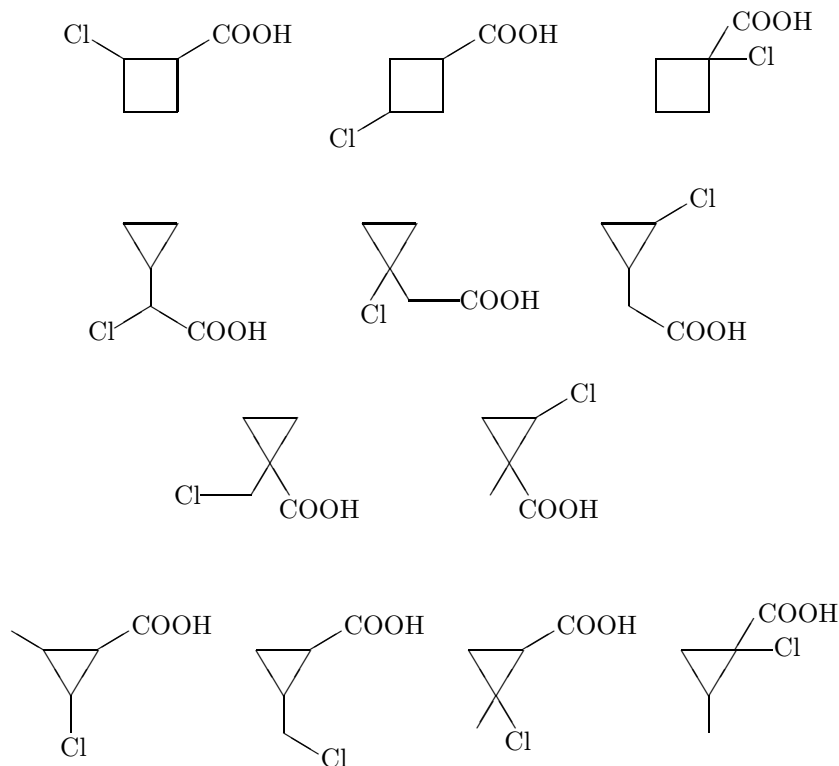
9. (11) Одноосновная монохлоркарбоновая кислота **А** не имеет в молекуле двойных связей. На нейтрализацию 2,69 г кислоты требуется 20 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 1 моль/л. Газообразные продукты, полученные при сжигании такой же навески кислоты, поглощаются водным раствором гидроксида натрия, при этом на их полную нейтрализацию требуется 220 мл раствора гидроксида натрия с концентрацией 1 моль/л. Рассчитайте молекулярную формулу кислоты **А**. Изобразите её возможные структурные формулы (оптические изомеры не учитывать). Напишите уравнение реакции горения.

Решение.

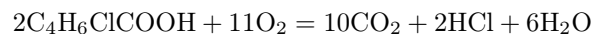
1) Рассчитаем молярную массу вещества. 2,69 г кислоты требуют для нейтрализации 0,02 л · 1 моль/л = 0,02 моль щёлочи. Поскольку кислота одноосновная, она реагирует с щёлочью в молярном соотношении 1 : 1, т. е. молярная масса кислоты 2,69 г : 0,02 моль = 134,5 г/моль.

2) Определим брутто-формулу кислоты. По условию в её структуре содержится группа COOH и атом хлора, т. е. из молярной массы можно вычесть 45 и 35,5. Остаётся $134,5 - 45 - 35,5 = 54$ г/моль, которые соответствуют 4 атомам углерода, и остаётся 6 а. е. м. для атомов водорода. Брутто-формула кислоты: $C_4H_6ClCOOH$.

3) По условию соединение не имеет двойных связей, поэтому структурные формулы, соответствующие брутто-формуле, — производные циклобутана и циклопропана (всего возможно 12 вариантов, без учёта возможных различий пространственного расположения атомов, согласно условию задачи):



4) Реакция горения:



5) Для проверки можно использовать данные по нейтрализации продуктов горения: гидроксид натрия ($0,22 \text{ л} \cdot 1 \text{ моль/л} = 0,22 \text{ моль}$) нейтрализует HCl (0,02 моль) в соотношении 1 : 1 и CO_2 (в растворе H_2CO_3 , 0,1 моль) в соотношении 2 : 1, т. е. 0,02 моль щёлочи расходуется на HCl и 0,2 моль — на H_2CO_3 , всего 0,22 моль, т. е. 220 мл раствора.

Критерии проверки:

молярная масса кислоты (из данных нейтрализации) 134,5 г/моль — 1 балл;
 брутто-формула $C_5H_7ClO_2$ или $C_4H_6ClCOOH$ — 2 балла;
 структурные формулы — по 1 баллу (12 шт. = 12 баллов);
 реакция горения — 2 балла;
 учёт данных по сгоранию (например, для проверки) — 1 балл.
Итого 18 баллов.

Примечание. Для школьников, пока не знакомых с сокращённой записью химических формул, приводим формулы изомеров (п. 3) с обозначением всех атомов.

