

ОТВЕТЫ И РЕШЕНИЯ ШКОЛЬНОГО ЭТАПА ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ

2020 – 2021 УЧЕБНОГО ГОДА

Адмиралтейский район Санкт-Петербурга

8 КЛАСС

Решение задачи № 1

В решении задачи используется уравнение, связывающее между собой число частиц в данной порции вещества и постоянную Авогадро.

$$N(\text{O}_3) = \nu(\text{O}_3) \cdot N_A = 150 \text{ моль} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 9,03 \cdot 10^{25} \text{ (1 балл)}$$

$$m(\text{O}_3) = \nu(\text{O}_3) \cdot M(\text{O}_3) = 150 \text{ моль} \cdot 48 \text{ г/моль} = 7200 \text{ г} = 7,2 \text{ кг (1 балл)}$$

Максимальный балл: 2 балла

Решение задачи № 2

Чтобы установить формулу оксида азота N_xO_y , который образуется во время грозы, достаточно узнать молярную массу этого соединения. Известные к настоящему времени оксиды азота состава N_2O , NO , N_2O_3 , NO_2 , N_2O_4 , N_2O_5 имеют молярные массы, равные соответственно 44, 30, 76, 46, 92 и 108 г/моль.

Напишем уравнение, связывающее между собой молярную массу вещества $M(\text{N}_x\text{O}_y)$, абсолютную массу молекулы $m(\text{N}_x\text{O}_y)$ и постоянную Авогадро N_A

$$M(\text{N}_x\text{O}_y) = m(\text{N}_x\text{O}_y) \cdot N_A = 4,99 \cdot 10^{-23} \text{ г} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 30 \text{ г/моль (2 балла)}$$

Максимальный балл: 2 балла

Решение задачи № 3

Пользуясь формулой для определения массовой доли элемента в соединении, вычислите молярные массы соединений XYCl_2 и XY_2Cl_2 :

$$\omega(\text{Cl в XYCl}_2) = \frac{2 \cdot M(\text{Cl})}{M(\text{XYCl}_2)} \cdot 100\%, \text{ следовательно,}$$

$$M(\text{XYCl}_2) = \frac{2 \cdot M(\text{Cl})}{\omega(\text{Cl в XYCl}_2)} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 35,5 \text{ г/моль}}{59,66\%} \cdot 100\% = 119 \text{ г/моль (1 балл)}$$

Аналогично для XY_2Cl_2 :

$$M(\text{XY}_2\text{Cl}_2) = \frac{2 \cdot M(\text{Cl})}{\omega(\text{Cl в XY}_2\text{Cl}_2)} \cdot 100\% = \frac{2 \cdot 35,5 \text{ г/моль}}{52,59\%} \cdot 100\% = 135 \text{ г/моль (1 балл)}$$

Найдем массы неизвестных элементов, входящих в состав второго и первого соединений:

$$M(\text{XY}) = M(\text{XYCl}_2) - 2 \cdot M(\text{Cl}) = 119 \text{ г/моль} - 2 \cdot 35,5 \text{ г/моль} = 48 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{XY}_2) = M(\text{XY}_2\text{Cl}_2) - 2 \cdot M(\text{Cl}) = 135 \text{ г/моль} - 2 \cdot 35,5 \text{ г/моль} = 64 \text{ г/моль}$$

Учитывая, что $M(\text{XY}) = M(\text{X}) + M(\text{Y})$, а $M(\text{XY}_2) = M(\text{X}) + 2 \cdot M(\text{Y})$, и обозначив $M(\text{X})$ и $M(\text{Y})$ соответственно как x и y , составим систему уравнений:

$$\begin{cases} x + y = 48 \\ x + 2y = 64, \end{cases}$$

решая которую получим, что $x = 32$, $y = 16$.

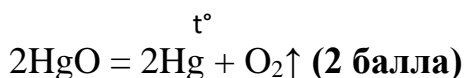
Значит, $M(\text{X}) = 32 \text{ г/моль (1 балл)}$, $M(\text{Y}) = 16 \text{ г/моль (1 балл)}$.

Пользуясь Периодической системой элементов, определяем, что X – это сера, а Y – это кислород. Таким образом, формулы неизвестных соединений – SOCl_2 (1 балл) и SO_2Cl_2 (1 балл).

Максимальный балл: 6 баллов

Решение задачи № 4

Запишем уравнение реакции:



Количество вещества кислорода, который выделяется при разложении оксида ртути (II), составляет:

$$\nu(\text{O}_2) = 1/2 \cdot \nu(\text{HgO}) = (1/2 \cdot m(\text{HgO})) / M(\text{HgO}) = 108,5 \text{ г} / (217 \cdot 2) \text{ г/моль} = 0,25 \text{ моль (1 балл)};$$

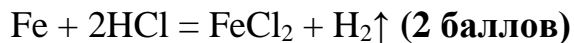
а его объем при н.у.:

$$V(\text{O}_2) = \nu(\text{O}_2) \cdot V_m = 0,25 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 5,6 \text{ л (1 балл)}$$

Максимальный балл: 4 балла

Решение задачи № 5

Простое вещество, содержащее 26 протонов (то есть соответствующее порядковому номеру элемента) – это железо (**1 балл**). Запишем уравнение реакции железа с соляной кислотой:



По уравнению реакции количество выделившегося газа (водорода) равно количеству вступившего в реакцию железа. Можем найти объем водорода при н.у.:

$$\nu(\text{H}_2) = \nu(\text{Fe}) = m(\text{Fe})/M(\text{Fe}) = 10\text{г}/56\text{ г/моль} = 0,179\text{ моль (1 балл)}$$

$$V(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) \cdot V_m = 0,179\text{ моль} \cdot 22,4\text{ л/моль} = 4\text{ л (1 балла)}$$

Максимальный балл: 5 баллов

ВСЕГО 19 БАЛЛОВ ЗА ВСЕ ЗАДАНИЯ

9 КЛАСС

Решение задачи № 1

Запишем уравнение реакции:



В соответствии коэффициентами уравнения реакции, которые в нашем случае равны 1, для получения заданного количества BaSO_4 требуется:

$$\nu(\text{BaO}) = \nu(\text{BaSO}_4) = \frac{m(\text{BaSO}_4)}{M(\text{BaSO}_4)} = \frac{100 \text{ г}}{233 \text{ г/моль}} = 0,43 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = \nu(\text{BaSO}_4) = 0,43 \text{ моль (1 балл)}$$

Максимальный балл: 3 балла

Решение задачи № 2

Вещество HOD – это просто вода, состоящая из обычного водорода протия (H) и его изотопа дейтерия (D). В отличие от обычной воды, такая «тяжелая» вода является биологическим ядом **(1 балл)**.

Химические свойства такой воды практически полностью аналогичны химическим свойствам обычной воды. В ответе можно было написать формулы и названия любых трех веществ, взаимодействующих с водой **(по 1 баллу за каждое вещество)**. Например, калий (K), оксид серы (VI) (SO_3), оксид натрия (Na_2O).

Максимальный балл: 4 балла

Решение задачи № 3

1240 мг/кг – это 1,24 г/кг и соответствует $1,24/62 = 0,02$ моль NO_3^- на кг. В 200 г моркови будет 0,004 моль нитрат-иона. В 4 л крови будет 400 000 капель **(2 балла)**.

В 1 капле будет $4 \cdot 10^{-3} / 4 \cdot 10^5 = 1 \cdot 10^{-8}$ моль NO_3^- . Число Авогадро $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$. Тогда в 1 капле будет $6,02 \cdot 10^{15}$ ионов NO_3^- **(2 балл)**.

Максимальный балл: 4 балла

Решение задачи № 4

1. $\text{Fe} + 2\text{HCl} = \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\uparrow$
2. $\text{Fe} + 1,5\text{Cl}_2 = \text{FeCl}_3$
3. $\text{FeCl}_2 + 0,5\text{Cl}_2 = \text{FeCl}_3$
4. $\text{Fe} + 2\text{AgNO}_3 = \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$
5. $\text{FeCl}_2 + 2\text{AgNO}_3 = \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{AgCl}$
6. $\text{Fe} + 6\text{HNO}_{3(\text{конц.})} = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{NO}_2\uparrow + 3\text{H}_2\text{O}$ (при нагревании)
7. $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{HNO}_{3(\text{конц.})} = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
8. $\text{FeCl}_3 + 3\text{AgNO}_3 = \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{AgCl}$

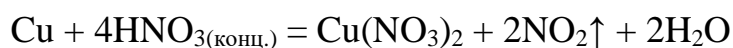
Возможны альтернативные решения.

По **2 балла** за каждое правильное уравнение реакции с указанием условий.

Максимальный балл: 16 баллов

Решение задачи № 5

Запишем уравнение реакции:



$\text{Al} + \text{HNO}_{3(\text{конц.})}$ – реакция не идет. Алюминий пассивируется холодной концентрированной азотной кислотой (**4 балла**).

$\text{Cu} + \text{HBr}$ – реакция не идет, медь не может вытеснить водород из кислот.



Зная объем бурого газа NO_2 , найдем его количество:

$$\nu(\text{NO}_2) = V/V_m = 0,5 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,022 \text{ моль} \text{ (1 балл)}$$

По уравнению реакции, количество меди, вступающей во взаимодействие с азотной кислотой, в 2 раза меньше, чем объем выделяющегося диоксида азота. Значит, в реакцию вступило 0,011 моль меди.

Можно найти массу прореагировавшей меди:

$$m(\text{Cu}) = \nu(\text{Cu}) \cdot M(\text{Cu}) = 0,011 \text{ моль} \cdot 64 \text{ г/моль} = 0,704 \text{ г} \text{ (1 балл)}$$

Так как смесь была разделена на две равные части, масса алюминия

$$m(\text{Al}) = 1,5 \text{ г} - m(\text{Cu}) = 0,796 \text{ г} \text{ (1 балл)}$$

Найдем количество алюминия:

$$\nu(\text{Al}) = 0,796 \text{ г} / 27 \text{ г/моль} = 0,0295 \text{ моль} \text{ (1 балл)}$$

По уравнению реакции, количество водорода в полтора раза больше, чем количество алюминия. Найдем объем выделяющегося водорода:

$$V(\text{H}_2) = \nu(\text{H}_2) \cdot V_m = 0,295 \text{ моль} \cdot 1,5 \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 0,99 \text{ л (1 балл)}$$

Максимальный балл: 13 баллов

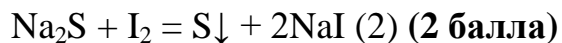
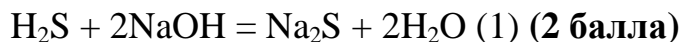
ВСЕГО 40 БАЛЛОВ ЗА ВСЕ ЗАДАНИЯ

10 КЛАСС

Решение задачи № 1

$$V(\text{возд.}) = 10 \text{ л/с} \bullet 3600 \text{ с/ч} \bullet 5 \text{ час} = 180 \text{ м}^3 \text{ (1 балл)}$$

Запишем уравнения реакций:



В соответствии с уравнениями (1) и (2)

$$\nu(\text{S}) = \nu(\text{Na}_2\text{S}) = \nu(\text{H}_2\text{S}) = 0,32 \text{ г/32г/моль} = 0,01 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}_2\text{S}) = \nu(\text{H}_2\text{S}) \bullet M(\text{H}_2\text{S}) = 0,01 \text{ моль} \bullet 34 \text{ г/моль} = 0,34 \text{ г (1 балл)}$$

Такая масса сероводорода (0,34 г) присутствовала во всем объеме воздуха, пропущенном через раствор гидроксида натрия, т.е. в 180 м³. Для сравнения этих данных со значением ПДКсс необходимо перевести их в одинаковую размерность:

$$m(\text{H}_2\text{S})/V(\text{возд.}) = 0,34 \bullet 1000 \text{ мг/180 м}^3 = 1,89 \text{ мг/м}^3 \text{ (3 балла)}$$

Это значение существенно превышает санитарную норму (0,008 мг/м³) (1 балл).

Максимальный балл: 10 баллов

Решение задачи № 2

В одной «инъекции» муравья содержится $3,0 \bullet 10^{-3} \text{ см}^3$ муравьиной кислоты (раствор, впрыскиваемый муравьем, 50% по объему), так как это составляет 80% всех запасов кислоты муравья, всего в организме *Formica rufa* содержится $3,75 \bullet 10^{-3} \text{ см}^3$ муравьиной кислоты (2 балла).

Если предположить, что при перегонке собиралось 100% всей муравьиной кислоты, содержащейся в муравьях, то для получения 1 литра муравьиной кислоты (1000 см³) требуется:

$$1000 \text{ см}^3 / (3,75 \bullet 10^{-3} \text{ см}^3) = 265252 \text{ муравья (2 балла)}$$

(при весе рыжего лесного муравья *Formica rufa* 7 мг это соответствует примерно 1850 г муравьев) (2 балла).

Максимальный балл: 6 баллов

Решение задачи № 3

Находим формулу костного минерала. Если сложить приведенные процентные содержания элементов (39,89% + 41,41% + 18,50), мы получим 99,8%, а не 100% - оставшиеся 0,2% приходятся на водород (**2 балла**) (подсказка в решении – информация о том, что костный минерал – основная соль, следовательно, содержит в своем составе группу OH. Элемент X – фосфор (**2 балла**) – это определяется с помощью общей химической эрудиции).

Определяя соотношения:

$$v(\text{Ca}):v(\text{O}):v(\text{P}):v(\text{H}) = \frac{39,89}{40} : \frac{41,41}{16} : \frac{18,50}{31} : \frac{0,2}{1}$$

Получаем:

$\text{Ca}_5\text{P}_3\text{O}_{13}\text{H}$ или $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$ (**2 балла**) – гидроксифосфат кальция (**2 балла**). Тривиальное название – гидроксиапатит (это название не оценивается).

10 единиц твердости по шкале Мооса соответствует самому твердому минералу – алмазу, при этом наименьшая твердость по этой же шкале – единица – помимо классического для шкалы талька соответствует аллотропной модификации алмаза – графиту, качественный состав которого, очевидно, идентичен составу алмаза (**3 балла**).

Максимальный балл: 11 баллов

Решение задачи № 4

Селитряная водка – это азотная кислота (**1 балл**), ее соли называются селитры. Запишем уравнения реакции между азотной кислотой и гидроксидом алюминия:



Найдем количества реагирующих веществ:

$$v(\text{Al}(\text{OH})_3) = 2,34 \text{ г} / 98 \text{ г/моль} = 0,03 \text{ моль}$$

$$v(\text{HNO}_3) = (V \cdot \rho \cdot \omega) / M = (35 \cdot 1,08 \cdot 0,4) / 63 = 0,09 \text{ моль (1 балл)}$$

По уравнению реакции, эти вещества должны взаимодействовать в соотношении 3 моль к 1 моль, следовательно, имеющаяся смесь является стехиометрической, то есть оба вещества прореагируют полностью, и в образующемся растворе будет только нитрат алюминия. Поскольку нитрат алюминия, эта соль, образованная сильной кислотой и слабым основанием,

она гидролизуеться по катиону. Следовательно, в полученном растворе среда будет кислая (3 балла).

Максимальный балл: 7 баллов

Решение задачи № 5

В качестве вещества А подходит карбонат калия, который из KHCO_3 можно получить двумя различными способами. Согласно пронумерованным переходам записываем уравнения реакций:

1. $2\text{KHCO}_3 = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (при нагревании)
2. $\text{KHCO}_3 + \text{KOH} = \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$

В качестве вещества Б подходит КОН, который из K_2CO_3 можно получить двумя способами; в свою очередь H_2 из КОН также можно получить двумя способами:

3. $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Ba}(\text{OH})_2 = \text{BaCO}_3 + 2\text{KOH}$
4. $\text{K}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaCO}_3 + 2\text{KOH}$
5. $6\text{KOH} + 2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} = 2\text{K}_3[\text{Al}(\text{OH})_6] + 3\text{H}_2\uparrow$
6. $2\text{KOH} + \text{Si} + \text{H}_2\text{O} = \text{K}_2\text{SiO}_3 + 2\text{H}_2\uparrow$

Возможны альтернативные решения.

По 2 балла за каждое правильное уравнение реакции с указанием условий.

Максимальный балл: 12 баллов

ВСЕГО 46 БАЛЛОВ ЗА ВСЕ ЗАДАНИЯ

11 КЛАСС

Решение задачи № 1

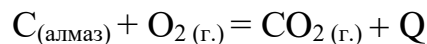
В термохимическом уравнении реакции



приведен тепловой эффект сгорания алмаза в соответствии со стехиометрическим уравнением реакции, где фигурирует 1 моль углерода (в модификации алмаз). Поскольку Теннант сжигал в реакторе другое количество углерода, а именно:

$$\nu(\text{алмаз}) = m(\text{алмаз})/M(C),$$

то для уравнения реакции



с помощью соотношения $\nu_{0B}/\nu_B = Q_0/Q$ получим

$$Q = (Q_0 \cdot m(\text{алмаз}))/M(C) = (396 \cdot 0,033)/12 = 1,089 \text{ кДж} = 1089 \text{ Дж (1 балл)}$$

В соответствии с уравнением реакции количество вещества выделяющегося газа равно количеству вещества вступившего в реакцию углерода:

$$\nu(CO_2) = \nu(\text{алмаз}).$$

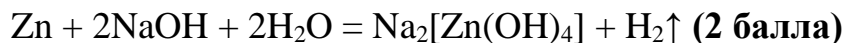
Поэтому расчет объема выделившегося газа можно вести по формуле:

$$V(CO_2) = \nu(CO_2) \cdot V_m = (V_m \cdot m(\text{алмаз}))/M(C) = (0,033/12) \cdot 22,4 = 0,0616 \text{ л} = 61,6 \text{ мл (1 балл)}$$

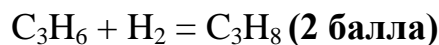
Максимальный балл: 2 балла

Решение задачи № 2

В состав латуни входит цинк и медь, с раствором щелочи взаимодействует цинк:



Гидрирование циклопропана описывается уравнением:



Количество вещества может быть найдено по формуле:

$$\nu = \frac{m}{M}, \text{ следовательно, } \nu(C_3H_6) = 0,46 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{Zn}) = \nu(\text{H}_2) = 0,46 \text{ моль}$$

Значит, масса цинка в сплаве составляет:

$$m(\text{Zn}) = M \cdot \nu = 65 \text{ г/моль} \cdot 0,46 \text{ моль} = 29,9 \text{ г} \approx 30 \text{ г}, \text{ а масса меди:}$$

$$m(\text{Cu}) = m(\text{сплава}) - m(\text{Zn}) = 85 \text{ г} - 30 \text{ г} = 55 \text{ г} \text{ (2 балла)}$$

Массовая доля меди может быть найдена по формуле:

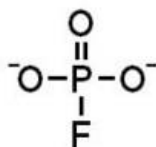
$$\omega(\text{Cu}) = \frac{m(\text{Cu})}{m(\text{сплава})} \cdot 100\%$$

$$\omega(\text{Cu}) = \frac{55 \text{ г}}{85 \text{ г}} \cdot 100\% = 65\% \text{ (1 балл)}$$

Максимальный балл: 7 баллов

Решение задачи № 3

Структура фторфосфат-аниона (2 балла):



Возьмем пасту массой 100 г, в ней содержится 0,05 грамм фтора (2,63 ммоль) в составе NaF и столько же фтора в составе Na₂PO₃F. Масса фторида натрия определяется по формуле:

$$m(\text{NaF}) = 2,63 \text{ ммоль} \cdot 42 \text{ мг/ммоль} = 110,5 \text{ мг} \text{ (2 балла)}$$

Масса фторфосфата натрия определяется по формуле:

$$m(\text{Na}_2\text{PO}_3\text{F}) = 2,63 \text{ ммоль} \cdot 144 \text{ мг/ммоль} = 378,7 \text{ мг} \text{ (2 балла)}.$$

Процентное содержание фторида натрия, фторфосфата натрия составит соответственно 0,1105% (1 балл) и 0,3787% (1 балл).

Максимальный балл: 8 баллов

Решение задачи № 4

$$\nu(\text{Fe}) = x \text{ моль}, \nu(\text{Cu}) = 1,5x \text{ моль}, \nu(\text{CuO}) = 2x \text{ моль}$$

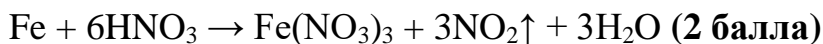
$$56x + 1,5x \cdot 64 + 2x \cdot 80 = 12,48$$

$$x = 0,04 \text{ моль}$$

$\nu(\text{Fe}) = 0,04$ моль, $\nu(\text{Cu}) = 0,06$ моль, $\nu(\text{CuO}) = 0,08$ моль (2 балл)

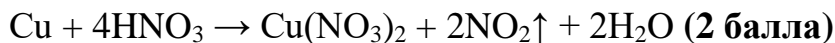
0,04 моль 0,24 моль

0,12 моль

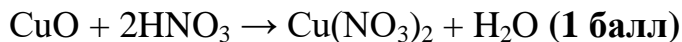


0,06 моль 0,24 моль

0,12 моль



0,08 моль 0,16 моль



$$\nu(\text{HNO}_3) = 0,24 \text{ моль} + 0,24 \text{ моль} + 0,16 \text{ моль} = 0,64 \text{ моль}$$

$$V(\text{HNO}_3 \text{ р-р}) = \frac{0,64 \text{ моль} \cdot 63 \text{ г/моль}}{0,6 \cdot 1,365 \text{ г/мл}} = 49,2 \text{ мл (1 балл)}$$

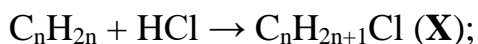
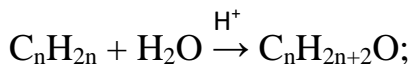
$$\nu(\text{NO}_2) = 0,12 \text{ моль} + 0,12 \text{ моль} = 0,24 \text{ моль}$$

$$V(\text{NO}_2) = 0,24 \text{ моль} \cdot 22,4 \text{ л/моль} = 5,376 \text{ л (1 балл)}$$

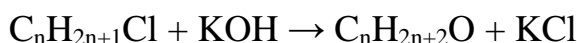
Максимальный балл: 9 баллов

Решение задачи № 5

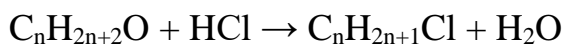
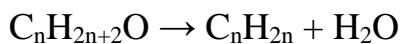
С учетом того, что C_nH_{2n} – это алкен, а $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}\text{O}$ – алканол, предлагаем следующие уравнения реакций:



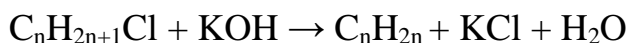
H_2O



$\text{H}_2\text{SO}_4, 170^\circ\text{C}$



Спиртовой р-р



По 2 балла за каждое правильное уравнение реакции с указанием условий.

Максимальный балл: 12 баллов

ВСЕГО 38 БАЛЛОВ ЗА ВСЕ ЗАДАНИЯ