

**Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников по химии 2017/2018 учебный год. 8 класс Задания и ответы**

**Задача 8-1.** Атмосфера планеты Уран состоит из трёх газообразных веществ *A*, *B*, *B*. Об этих веществах нам известно следующее:

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>B</b>
Масса молекулы вещества легче молекулы кислорода <b>в</b>	<b>2 раза</b>	<b>16 раз</b>	<b>8 раз</b>
Продукты взаимодействия с кислородом	Углекислый газ и вода	Вода	Не взаимодействуют
Объемные доли в атмосфере Урана	<b>2 %</b>	<b>83%</b>	<b>15%</b>

- 1) Определите, какие вещества входят в состав атмосферы Урана.
- 2) Запишите уравнения реакций взаимодействия газов *A* и *B* с кислородом.
- 3) Содержатся ли вещества *A*, *B*, *B* в атмосфере Земли?
- 4) Найдите массовые доли газов *A*, *B*, *B* в атмосфере Урана.

Решение: 1)  $M_r(A)/M_r(O_2) = 1/2$ ;  $M_r(A)/32 = 1/2$ ;  $M_r(A) = 16$

Так как при горении образуются углекислый газ и вода, то исходное вещество состоит из атомов углерода и водорода, т.к.  $M_r(A) = 16$ , то ***A* - CH<sub>4</sub>** **1 балл**

$M_r(B)/M_r(O_2) = 1/16$ ;  $M_r(B)/32 = 1/16$ ;  $M_r(B) = 2$

Так как при горении образуются только вода, то исходное вещество состоит из атомов водорода, т.к.  $M_r(B) = 2$ , то ***B* - H<sub>2</sub>** **1 балл**

$M_r(B)/M_r(O_2) = 1/8$ ;  $M_r(B)/32 = 1/8$ ;  $M_r(B) = 4$

Так как с кислородом не взаимодействует и имеет  $M_r(B) = 4$ , то ***B* - He** **1 балл**

2) **CH<sub>4</sub> + 3O<sub>2</sub> = CO<sub>2</sub> + 2H<sub>2</sub>O, 2H<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> = 2H<sub>2</sub>O** **2 балла**

3) в атмосфере Земли содержится только гелий **1 балл**

4) Рассмотрим 1 моль газовой смеси, тогда  $n(CH_4) = 0,02$  моль,  $n(H_2) = 0,83$  моль,  $n(He) = 0,15$  моль.

**1 балл**

$m(CH_4) = 0,02 \text{ моль} \times 16 \text{ г/моль} = 0,32 \text{ г}$

$m(H_2) = 0,83 \text{ моль} \times 2 \text{ г/моль} = 1,66 \text{ г}$

$m(He) = 0,15 \text{ моль} \times 4 \text{ г/моль} = 0,6 \text{ г}$

$m(CH_4) + m(H_2) + m(He) = 2,58 \text{ г}$

за полное выполненное действие по нахождению массы **2 балла**

$\omega(CH_4) = 0,32 \text{ г} / 2,58 \text{ г} \times 100\% = 12,4\%$

$\omega(H_2) = 1,66 \text{ г} / 2,58 \text{ г} \times 100\% = 64,3\%$

$\omega(He) = 0,6 \text{ г} / 2,58 \text{ г} \times 100\% = 23,3\%$

за полное выполненное действие по нахождению массовой доли **2 балла**

**Итого: 11 баллов**

**Задача 8-2**

Один из самых знаменитых опытов в истории химической науки состоял в следующем. Шведский помощник аптекаря Карл Вильгельм Шееле в 1774 г. внёс кусочек горящего красного фосфора в колбу, наполненную воздухом, и закрыл её пробкой. По окончании реакции и охлаждении колбы он поместил её горлышком вниз в сосуд с водой и открыл пробку. Вода поднялась в колбу, заполнив её на 1/5 объёма. Так Шееле узнал, что воздух, считавшийся ранее простым веществом, состоит из двух основных компонентов — кислорода и азота.

Что изменилось бы в наблюдениях Шееле, если бы вместо фосфора он использовал: А) раскаленный уголь; Б) магний; В) серу?

Ответ поясните уравнениями соответствующих реакций.

**Решение:**

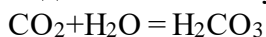
1) В случае с углеродом следует рассматривать два фактора:

Во-первых, CO<sub>2</sub>, который получается при сжигании углерода — газ, в отличие от оксидов фосфора. Значит, он занимает место, которое занимал кислород, и которое в случае фосфора сразу заполнилось водой.

$C + O_2 = CO_2$

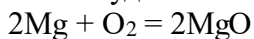
**2 балла**

Второй фактор — это значительная растворимость  $\text{CO}_2$  в воде, вследствие чего вода всё-таки поднимется в колбу, но меньше, чем на  $1/5$ .



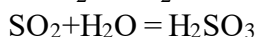
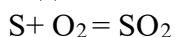
**2 балла**

2) Магний реагирует не только с кислородом, но и с азотом, поэтому теоретически вода может заполнить колбу целиком. Однако на практике этого не произойдет, так как для этого требуется, чтобы в результате сгорания магния в колбе был создан вакуум, что маловероятно. Во всяком случае, колба будет заполнена более чем на  $1/5$ .



**4 балла**

3) В случае серы ситуация аналогична углероду, однако  $\text{SO}_2$  растворим меньше, чем  $\text{CO}_2$ , поэтому воды в колбе будет ещё меньше.



**2 балла+2 балла за уравнения**

**Всего 12 баллов**

### Задача 8-3

В результате термоядерных процессов Солнце постоянно выбрасывает потоки протонов и нейтронов. Часть их достигает атмосферы Земли (в среднем 10 частиц на  $1 \text{ см}^2/\text{мин}$ ).

Рассчитайте суммарную массу частиц, попадающих в земную атмосферу за год. Доходит ли поток космических частиц до поверхности Земли? Почему? Площадь Земли —  $5 \cdot 10^8 \text{ км}^2$ .

Решение:

1. Определим число минут в году:

$$365 \text{ дней} \times 24 \text{ часа} \times 60 \text{ мин} = 525600 \text{ минут.}$$

**2 балла**

2. Переведем площадь Земли в  $\text{см}^2$ :

$$1 \text{ км}^2 = 10^{10} \text{ см}^2, S = 5 \times 10^8 \times 10^{10} = 5 \times 10^{18} \text{ см}^2.$$

**2 балла**

3. Рассчитаем годовое количество частиц, поступающих в атмосферу Земли:

$$5256 \times 10^2 \text{ минут} \times 5 \times 10^{18} \text{ см}^2 \times 10 \text{ частиц} = 2628 \times 10^{22} \text{ частиц.}$$

**2 балла**

4. Масса протона = массе нейтрона =  $1,67 \times 10^{-24} \text{ г}$ .

**2 балла**

$$\text{Масса всех частиц, входящих в атмосферу Земли за год, составит } 2628 \times 10^{22} \times 1,67 \times 10^{-24} = 43,8876 \text{ г.}$$

**2 балла**

Протоны и нейтроны, сталкиваясь с атомами, входящими в состав атмосферы, поглощаются ими, участвуют в ядерных реакциях.

**Итого: 10 баллов**

### Задача 8-4.

Хлорофилл — зеленый пигмент растений, участвующий в процессе фотосинтеза — представляет собой сложное органическое соединение с молярной массой 892 г/моль. В состав хлорофилла входят (по массе): Mg — 2,69%, C — 73,99%, O — 8,97%, N — 6,27%, остальное — водород.

1. Рассчитайте, сколько атомов магния содержится в одной молекуле хлорофилла. 2. Твердый остаток, полученный при сжигании 100 г хлорофилла, растворили в 100 г 10%-ной соляной кислоты. Рассчитайте массовые доли веществ в полученном растворе.

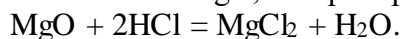
Решение.

1. Поскольку молярная масса хлорофилла составляет 892 г/моль, то на магний приходится  $892 \times 0,0269 = 24 \text{ г/моль}$ , что соответствует одному атому магния в молекуле (поскольку молярная масса магния равна 24 г/моль).

Тот же ответ можно получить, рассчитав из данных задачи брутто-формулу хлорофилла  $\text{MgC}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4$ .

**3 балла**

2. Сжигание сложных веществ чаще всего приводит к образованию оксидов тех элементов, которые образуют исходное вещество. Таким образом, твердым продуктом сжигания хлорофилла может быть только MgO, который реагирует с соляной кислотой по уравнению:



**1 балла**

3. В 100 г хлорофилла содержится  $100 \times 0,0269 = 2,69 \text{ г}$  или  $2,69/24 = 0,112 \text{ моль}$  атомов магния. Отсюда следует, что  $\nu(\text{MgCl}_2) = \nu(\text{MgO}) = \nu(\text{Mg}) = 0,112 \text{ моль}$ . **1 балл**

4. В свою очередь соляной кислоты введено в реакцию:  $m(\text{HCl}) = 100 \times 0,10 = 10 \text{ г}$ ,  $\nu(\text{HCl}) = 10/36,5 = 0,274 \text{ моль}$ .

**1 балл**

По уравнению реакции видно, что соляная кислота взята в избытке. Избыток кислоты составил:  $\nu(\text{HCl})_{\text{изб}} = 0,274 - 2 \times 0,112 = 0,05$  моль,  $m(\text{HCl})_{\text{изб}} = 1,825$  г. **1 балл**

Масса раствора, полученного после реакции, складывается из массы раствора соляной кислоты и массы растворенного оксида магния:

$$m(\text{р-ра}) = 100 + 0,112 \times 40 = 104,5 \text{ г.} \quad \mathbf{1 \text{ балл}}$$

В конечном растворе присутствуют хлорид магния массой  $0,112 \times 95 = 10,64$  г и непрореагировавшая соляная кислота. Их массовые доли в растворе составляют:

$$\omega(\text{MgCl}_2) = 10,64/104,5 = 0,102 \text{ (10,2\%)}$$

$$\omega(\text{HCl}) = 1,825/104,5 = 0,0175 \text{ (1,75\%)}$$

**2 балла**

**Итого: 10 баллов**

### Задание 8-5

#### Выделение серы из мази.

Серная мазь, применяемая в медицине и ветеринарии при лечении некоторых кожных заболеваний, представляет собой смесь тонкоизмельченной серы (одна весовая часть) и медицинского вазелина (две весовые части). Предложите не менее 2-х способов выделения серы из серной мази, учитывая при этом, что медицинский вазелин представляет собой смесь жидких и твердых углеводородов, получаемых при перегонке нефти. Температура плавления вазелина 35–50°C, температура кипения выше 250°C, плотность 0,855–0,880 г/см<sup>3</sup>; вазелин нерастворим в воде, малорастворим в спирте, но растворяется в бензине, эфире.

Решение:

*Один из вариантов.* Нагреть серную мазь выше температуры 113°C. При этом сера расплавится и осядет на дно сосуда. При охлаждении смеси сера закристаллизуется и может быть отделена от вазелина.

**3 балла**

*Второй вариант* – в серную мазь добавляем бензин или эфир. Полученную смесь отстаиваем или отфильтровываем. Любой вариант решения с описанием, хотя бы кратким, – максимальное количество баллов.

**2 балла**

**. Всего – 7 баллов**

### Задача 8-6.

Одной из древнейших техник позолоты, применяемой на Руси с IX века, является метод огневого золочения. Для этого, согласно древнему рецепту, 7 частей (по массе) металла Z смешивают с 1 частью золота, нагревают до 300°C, дают остыть (при этом сплав остается жидким) и наносят на покрываемую поверхность, после чего поверхность прокаливается с помощью открытого огня. При этом масса металла Z в сплаве уменьшается в 48 раз, а в образующемся покрытии число атомов Z в 7 раз меньше числа атомов золота.

а) Определите металл Z. Ответ подтвердите расчетами.

б) Для лучшего сцепления перед нанесением позолоты покрываемую (обычно железную) поверхность обрабатывали раствором нитрата металла Z. Какая реакция могла при этом идти?

в) Огневое золочение – очень опасный метод, если не принимать мер предосторожности. Известно, что при проведении работ по золочению куполов Исаакиевского собора в Петербурге в 1838—1841 годах погибло около 60 мастеров. В чем причина опасности? Как можно защититься от нее?

**РЕШЕНИЕ** а) Пусть  $z$  г/моль – молярная масса неизвестного металла Z, а масса золота, использованная для приготовления смеси для позолоты – 1 г. Тогда масса неизвестного металла в этой смеси равна 7 г, а количество вещества неизвестного металла –  $7/z$  моль. После прокалывания это количество сокращается до  $7/(48 \times z)$  моль, в то время, как количество золота остается неизменным и равным  $1/M(\text{Au}) = 1/197$  моль.

По условию атомов Z после прокалывания в 7 раз меньше атомов золота, значит  $7 \times 7 / (48 \times z) = 1/197$ , откуда  $z = 201$ , что наиболее соответствует молярной массе ртути. Этот металл удовлетворяет условиям задачи, поскольку ртуть способна растворять большинство металлов, образуя амальгамы. Таким образом, Z – это ртуть.

б) Железо – более активный металл, чем ртуть, поэтому имеет место реакция вытеснения ртути из ее соли, что, возможно, приводит к частичному амальгамированию покрываемого железа и, соответственно, улучшению сцепления наносимого покрытия с металлической поверхностью:  
 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + \text{Fe} = \text{Fe}(\text{NO}_3)_2 + \text{Hg}$ .

в) Засчитываются любые разумные идеи, например, работа в противогазе с коробкой, содержащей активированный уголь или другой сорбент, улавливающий вредоносные пары ртути. Работа на открытом пространстве является частично верным ответом - стоит учитывать, что пары ртути довольно тяжелы и это является недостаточно эффективной мерой (мастера-золотильщики знали о вреде паров ртути и работали на открытом пространстве)

Критерии оценивания: а) Полностью верный ответ и расчет - 10 баллов. Ответ без подтверждения расчетом - 1 балл, верно записанное, но неверно решенное уравнение - 6 баллов.

б) Приведено уравнение реакции - 5 баллов, без коэффициентов - 2 балла. В качестве правильного ответа принимается, в том числе, реакция образования нитрата трехвалентного железа:  $3\text{Hg}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Fe} = 2\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + 3\text{Hg}$ .

в) Объяснение причины опасности применения метода - 2 балла. Любая разумная и работающая идея защиты от паров ртути - 3 балла, предложение работать на открытом пространстве - 1 балл. Итого за задачу – **20 баллов**

### Задача 8-7.

Одно из распространенных успокоительных средств – бромид калия. Это вещество применяют как в виде порошка, так и в виде раствора. Его принимают три раза в день по 1 столовой ложке (15 г) 3 %-ного раствора бромида калия. Какое число атомов брома и калия попадает в день в организм пациента? Сколько грамм калия и брома необходимо взять, чтобы получить дневную норму потребления бромида калия.

Поэт Иосиф Бродский упоминал это лекарство так: "Здесь можно жить, забыв про календарь, глотать свой бром, не выходить наружу...". В каком смысле (простое вещество или химический элемент) в этом тексте используется слово бром? Ответ аргументируйте.

Решение.

Число атомов:  $15 \times 3 \times 0,03 = 1,35$  г – общая масса вещества бромида калия, которая попадает в организм. Количество вещества  $n = m/M = 0,0113$  моль.

Число атомов калия и брома равны друг другу и равны соответственно  $N_A \times n = 0,0113 \times 6,02 \times 10^{23} = 0,068026 \times 10^{23}$ .

Масса калия равна  $n(\text{KBr}) \cdot M(\text{K}) = 0,4407$  г.

Массу брома можно получить вычитанием  $1,35 \text{ г} - 0,4407 \text{ г} = 0,9093$  г, либо также через количество вещества тогда масса получится 0,904 г. При этом сумма масс калия и брома не будет равна суммарной массе бромида калия!

Калий и бром, – это элементы.

### Задача 8-8

Образец щелочного металла массой 2 г, окисленный с поверхности на 1,5%, поместили в воду. Один из полученных продуктов при действии на него хлороводородной кислоты дает вещество, широко используемое в приготовлении пищи.

1. Напишите уравнения реакций.
2. Какова масса образовавшегося вещества?

**Решение:**

1. Определим массу продуктов окисления

$$m_{\text{окисл.}} = m_{\text{образца}} \cdot \omega_{\text{окисл.}} = 2 \text{ г} \times 1,5\% / 100\% = 0,03 \text{ г} \quad 1 \text{ балл}$$

2. Найдем массу чистого металла (очевидно, что это натрий)

$$3. \quad m_{\text{мет.}} = m_{\text{образца}} - m_{\text{окисл.}} = 2 \text{ г} - 0,03 \text{ г} = 1,97 \text{ г} \quad 1 \text{ балл}$$

4. Найдем массу продукта – гидроксида натрия:



$$m_{1(\text{NaOH})} = 1,97 \text{ г} \times 80 \text{ г} / 46 \text{ г} = 3,43 \text{ г} \quad 1 \text{ балл}$$



$$m_{2(\text{NaOH})} = 0,03 \text{ г} \times 160 \text{ г} / 156 \text{ г} = 0,031 \text{ г} \quad 1 \text{ балл}$$

Общая масса гидроксида натрия

$$m_{(\text{NaOH})} = 3,43 \text{ г} + 0,03 \text{ г} = 3,46 \text{ г} \quad 1 \text{ балл}$$

5. Определим массу образовавшейся поваренной соли:



$$m_{(\text{NaCl})} = 3,46 \text{ г} \times 58,5 \text{ г} / 40 \text{ г} = 5,06 \text{ г} \quad 1 \text{ балл}$$

Всего 10 баллов