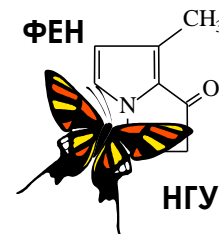




54-я Всесибирская открытая олимпиада школьников  
Первый отборочный этап 2015-2016 уч. года  
Решения заданий по химии  
8 класс



**Задача 1.** (автор В. А. Емельянов).

1. Для того, чтобы вычислить общую массу элемента железа в каждом блюде, надо умножить массу каждого из компонентов блюда на массовую долю железа (поделенную на 100 %):

Винегрет:  $60 \cdot 0,97 + 50 \cdot 0,724 + 30 \cdot 1 + 30 \cdot 0,95 + 15 \cdot 0 = 152,9$  г;

Салатик грибной:  $75 \cdot 1 + 60 \cdot 0,98 + 30 \cdot 0,95 + 15 \cdot 0 = 162,3$  г;

Макароны по-флотски:  $120 \cdot 0 + 150 \cdot 1 = 150$  г;

Манты «Гурман»:  $100 \cdot 0,126 + 130 \cdot 1 = 142,6$  г;

Стейк:  $300 \cdot 0,465 + 100 \cdot 0 = 139,5$  г;

Майонез «Лимонный»:  $4 \cdot 0,629 + 26 \cdot 0 = 2,5$  г;

Кетчуп «Особый»:  $15 \cdot 0,36 \cdot 0,344 + 15 \cdot 0,65 \cdot 0 = 1,9$  г;

Напиток газированный «Тархун»:  $5 \cdot 0,482 + 200 \cdot 0,02 \cdot 0 = 2,4$  г;

Коктейль «Турнбулева Синь»:  $80 \cdot 0,08 \cdot 0,197 + 120 \cdot 0,07 \cdot 0,17 = 2,7$  г.

2. **Шеля:** винегрет (152,9 г Fe; 160 у.е.ш.), макароны по-флотски (150; 160), стейк (139,5; 200), две порции майонеза ( $2 \cdot 2,5$ ;  $2 \cdot 10$ ) и напиток «Тархун» (2,4; 24).

Общая масса железа  $152,9 + 150 + 139,5 + 2 \cdot 2,5 + 2,4 = 449,8$  г.

Общая стоимость  $160 + 160 + 200 + 2 \cdot 10 + 24 = 564$  у.е.ш. Получается  $564 / 449,8 = 1,254$  у.е.ш. за 1 г Fe.

**Зяка:** салатик грибной (162,3 г Fe; 170 у.е.ш.), манты (142,6; 150), стейк (139,5; 200), две порции кетчупа ( $2 \cdot 1,9$ ;  $2 \cdot 8$ ) и коктейль «Турнбулева Синь» (2,7; 27).

Общая масса железа  $162,3 + 142,6 + 139,5 + 2 \cdot 1,9 + 2,7 = 450,9$  г.

Общая стоимость  $170 + 150 + 200 + 2 \cdot 8 + 27 = 563$  у.е.ш. Получается  $563 / 450,9 = 1,249$  у.е.ш. за 1 г Fe.

Таким образом, немного больше железа (всего на 1,1 г) в результате досталось Зяке. Поскольку он потратил на 1 у.е.ш. меньше, он же и сделал относительно более выгодный заказ, в среднем получил больше железа на каждую вложенную у.е.ш. Правда разница в оплате каждого приобретенного грамма железа получилась очень и очень незначительной.

3. Посчитаем соотношения количества атомов элементов в формулах, взяв по 100 г вещества:

Хлорное железо:  $n(\text{Fe}) : n(\text{Cl}) = m(\text{Fe})/M(\text{Fe}) : m(\text{Cl})/M(\text{Cl}) = 34,4/56 : (100-34,4)/35,5 = 0,614 : 1,848 = 1 : 3$ . Формула вещества  $\text{FeCl}_3$ .

Магнетит:  $n(\text{Fe}) : n(\text{O}) = m(\text{Fe})/M(\text{Fe}) : m(\text{O})/M(\text{O}) = 72,4/56 : (100-72,4)/16 = 1,293 : 1,725 = 1 : 1,334 = 3 : 4$ . Формула вещества  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ .

Пирит:  $n(\text{Fe}) : n(\text{S}) = m(\text{Fe})/M(\text{Fe}) : m(\text{S})/M(\text{S}) = 46,5/56 : (100-46,5)/32 = 0,830 : 1,672 = 1 : 2$ . Формула вещества  $\text{FeS}_2$ .

Поскольку в состав лимонита входит 3 элемента, а у нас есть только массовая доля железа, попробуем вычислить молекулярную массу лимонита:  $M = 56/0,629 = 89$  а.е.м., из которых 56 приходится на железо. Остается  $89-56 = 33$  а.е.м., что соответствует двум атомам кислорода и одному атому водорода. Тогда формула лимонита  $\text{FeHO}_2$  или, что более привычно,  $\text{FeOОН}$ .

4. Теперь попробуем вычислить молекулярную массу сидерита:  $M = 56/0,482 = 116$  а.е.м., из которых 56 приходится на железо. Остается  $116-56 = 60$  а.е.м. Углекислый газ получается при растворении в кислотах карбонатов, а 60 а.е.м. как раз соответствует карбонат-иону: трем атомам кислорода и одному атому углерода. Даже не зная этого свойства карбонатов, можно догадаться, что в состав сидерита входит углерод, поскольку в напитке оказался углекислый газ. В любом случае, формула сидерита  $FeCO_3$ . Уравнение реакции:  $FeCO_3 + 2HCl = FeCl_2 + CO_2\uparrow$ .

5. Масса замазки, приготовленной по рецепту, 500 г. Железа в ней  $0,126*500 = 63$  г, причем все оно содержится в 90 г «мумии». Следовательно, массовая доля железа в «мумии»  $63/90 = 0,7$ . Попробуем вычислить ее формулу. Если в состав молекулы «мумии» входит 1 атом железа, то ее масса  $56/0,7 = 80$  а.е.м., из которых 56 приходится на железо. Остается  $80-56 = 24$  а.е.м., что могло бы соответствовать двум атомам углерода, но углерод не подходит по условию. Если в состав молекулы «мумии» входит 2 атома железа, то ее масса  $56*2/0,7 = 160$  а.е.м., из которых 112 приходится на железо. Остается  $160-112 = 48$  а.е.м., что соответствует трем атомам кислорода. Таким образом, формула вещества  $Fe_2O_3$ .

#### **Система оценивания:**

1. Расчет массы железа в каждом блюде по 1 б .....  $1б*9 = 9 б$ ;
2. Расчет массы железа у каждого робота по 1 б, вывод о том, что у Зяки железа больше 1 б, вывод о том, что его покупка выгоднее 2 б (вывод – одинаково 1 б) ..  $1б*2+1б+2б = 5 б$ ;
- 3-4. Формулы, подтвержденные расчетом по 1 б (без расчета 0,5 б) .....  $1б*5 = 5 б$ ;
- Уравнение реакции 1 б ..... 1 б;
5. Формула мумии с расчетом 2 б (без расчета 1 б) ..... 2 б;
- Всего** ..... **22 балла**

#### **Задача 2. (автор В. А. Емельянов).**

1. Уравнение реакции, протекающей в вулкане Лемери:  $Fe + S = FeS$ . Железо было взято Лемери в количестве  $2/56 = 0,036$  моля, сера  $2/32 = 0,063$  моля, т.е. сера была в избытке. Избыток серы во время извержения вулкана просто сгорел:  $S + O_2 = SO_2$ .

2. Если оба вещества суммарной массой 4,4 г прореагируют полностью, получится ровно 4,4 г сульфида железа, т.е. ровно  $4,4/(56+32) = 0,05$  моля. В соответствии с уравнением реакции, чтобы получилось 0,05 моля  $FeS$ , должно прореагировать по 0,05 моля железа и серы. То есть надо смешать  $0,05*56 = 2,8$  г железных опилок и  $0,05*32 = 1,6$  г серы.

3. Два самых очевидных способа разделения смеси порошков железа и серы основаны на знании их особых свойств: железо притягивается к магниту, а порошок серы не смачивается водой. Поэтому 1-й способ разделения заключается в извлечении железа из смеси магнитом, а сера остается в чистом виде. Магнит можно обернуть тонкой бумагой, чтобы облегчить отделение железа уже от магнита. По 2-му способу смесь высыпается в воду, железо тонет, а сера остается на поверхности. Собрав серу, воду можно слить, а железо просушить между листами фильтровальной бумаги.

4. Уравнение реакции:  $2KNO_3 + C = 2KNO_2 + CO_2\uparrow$ . Количество углерода в кусочке угля массой 1,2 г составляет 0,1 моля, следовательно, углекислого газа получится тоже 0,1 моля. Его объем при атмосферном давлении и температуре ярко-красного каления составит около  $0,1*100 = 10$  л.

5. Из условия известно, что продуктами разложения  $(NH_4)_2Cr_2O_7$  являются только  $N_2$ ,  $H_2O$  и оксид хрома. Попробуем написать состав оксида хрома, убрав из исходного соединения молекулу азота и  $4*2/2 = 4$  молекулы воды. Остается 2 атома хрома и три атома кислорода, т.е. состав оксида хрома  $Cr_2O_3$ . Уравнение реакции:  $(NH_4)_2Cr_2O_7 = N_2 + 4H_2O + Cr_2O_3$ . При разложении 5 г, т.е.  $5/252 = 0,02$  молей дихромата аммония получится 0,02 моля оксида хрома и  $0,02 + 4*0,02 = 0,1$  моль газовой смеси, состоящей из азота и водяных паров. Масса оксида хрома составит  $0,02*151 = 3$  г, суммарный объем газов  $0,1*100 = 10$  л.

6. В 2 чайных ложках соды содержится 10 г, т.е.  $10/84 = 0,12$  моля  $NaHCO_3$ . Углекислого газа по уравнению реакции получится тоже 0,12 моля, его объем (как и объем пены) при атмосферном давлении и комнатной температуре составит примерно  $0,12*24,4 = 2,9$  л.

**Система оценивания:**

1. Уравнения реакций по 1 б, избыток серы 1 б .....  $1б*2+1б = 3 б$ ;  
 2. Расчет масс железа и серы 2 б ..... 2 б;  
 3. Указания на магнит и воду (без деталей очистки) по 2 б .....  $2б*2 = 4 б$ ;  
 4. Уравнение реакции 1 б, объем газа 2 б .....  $1б+2б = 3 б$ ;  
 5. Формула  $Cr_2O_3$  1 б, уравнение реакции 1 б, масса  $Cr_2O_3$  и объем газа по 2 б .....  $1б+1б+2б*2 = 6 б$ ;  
 6. Объем пены 2 б ..... 2 б;  
**Всего** ..... **20 баллов**

**Задача 3. (авторы В. Н. Конев, В. А. Емельянов).**

1. Из условий получения веществ **A** и **B** понятно, что они содержат только фосфор и хлор. Тогда посчитаем соотношения количества атомов элементов в формулах, взяв по 100 г вещества:

**A:**  $n(P) : n(Cl) = m(P)/M(P) : m(Cl)/M(Cl) = (100-77,45)/31 : 77,45/35,5 = 0,727 : 2,182 = 1 : 3$ . Формула вещества  $PCl_3$ .

**B:**  $n(P) : n(Cl) = m(P)/M(P) : m(Cl)/M(Cl) = (100-85,13)/31 : 85,13/35,5 = 0,480 : 2,40 = 1 : 5$ . Формула вещества  $PCl_5$ .

Вещества **C** и **D** по условиям получения могут содержать фосфор, хлор, серу и кислород. Поскольку про вещество **D** известно, что оно состоит из тех же элементов, что и **F**, а вещество **F** в реакции с водой дает смесь соляной и серной кислот (см. условие), следовательно, в состав **D** и **F** входят сера, хлор и, возможно, кислород. Тогда в состав **C** обязательно входят фосфор и хлор, а также, возможно, кислород. В состав **E** могут входить хлор, углерод и кислород. Попробуем вычислить их формулы:

**C:** Поскольку молекулярная масса **C** не менее 118 а.е.м., то на хлор в этом веществе приходится не менее  $0,6936*118 = 81,8$  а.е.м. Следовательно, оно содержит не менее  $81,8/35,5 = 2,3$  атомов хлора. Если в состав молекулы входит 3 атома хлора, то ее масса  $35,5*3/0,6936 = 153,5$  а.е.м., из которых  $35,5*3 = 106,5$  приходится на хлор. Остается  $153,5-106,5 = 47$  а.е.м., что соответствует одному атому фосфора и одному атому кислорода. Таким образом, формула вещества  $POCl_3$ .

**D:** Если в состав молекулы входит 1 атом хлора, то ее масса  $35,5/0,596 = 59,6$  а.е.м., из которых 35,5 приходится на хлор. Остается  $59,6-35,5 = 24,1$  а.е.м., что меньше атомной массы серы. Если в состав молекулы входит 2 атома хлора, то ее масса  $35,5*2/0,596 = 119,1$  а.е.м., из которых 71 приходится на хлор. Остается  $119,1-71 = 48,1$  а.е.м., что с приемлемой точностью (неточность связана с округлением атомных масс) соответствует одному атому серы и одному атому кислорода. Таким образом, формула вещества  $SOCl_2$ .

**E:** Если в состав молекулы входит 1 атом хлора, то ее масса  $35,5/0,7168 = 49,5$  а.е.м., из которых 35,5 приходится на хлор. Остается  $49,5-35,5 = 14$  а.е.м., что заметно (на 2 а.е.м.) больше атомной массы углерода. Если в состав молекулы входит 2 атома хлора, то ее масса  $35,5*2/0,7168 = 99$  а.е.м., из которых 71 приходится на хлор. Остается  $99-71 = 28$  а.е.м., что соответствует одному атому углерода и одному атому кислорода. Таким образом, формула вещества  $COCl_2$ .

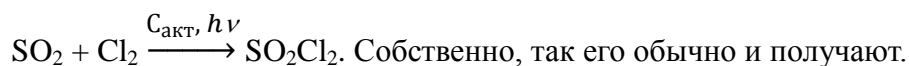
**F:** Если в состав молекулы входит 1 атом хлора, то ее масса  $35,5/0,5253 = 67,6$  а.е.м., из которых 35,5 приходится на хлор. Остается  $67,6-35,5 = 32,1$  а.е.м., что почти совпадает с атомной массы серы. Однако, нам известно, что вещества **D** и **F** состоят из одних и тех же элементов, следовательно, в состав **F** должен входить еще и кислород. Если в состав молекулы входит 2 атома хлора, то ее масса  $35,5*2/0,5253 = 135,16$  а.е.м., из которых 71 приходится на хлор. Остается  $135,16-71 = 64,16$  а.е.м., что с приемлемой точностью соответствует одному атому серы и двум атомам кислорода. Таким образом, формула вещества  $SO_2Cl_2$ .

2. Уравнения описанных реакций получения веществ **A-E**:  $2P + 3Cl_2 \xrightarrow{t, ^\circ C} 2PCl_3$ ;  $PCl_3 + Cl_2 \xrightarrow{t, ^\circ C} PCl_5$ ;



3. Уравнение реакции вещества **F** с водой, приводящей к образованию смеси серной и соляной кислот:  $SO_2Cl_2 + 2H_2O = H_2SO_4 + 2HCl$ .

Как же получить вещество **F**, да еще и исходя из новых знаний, полученных при чтении этой задачи? Поскольку теперь мы знаем про реакцию присоединения хлора к окиси углерода с образованием  $\text{COCl}_2$ , ничто не мешает нам предположить, что также можно получить и  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ :



(Если предложена реакция  $\text{PCl}_5$  с  $\text{SO}_3$ , то ее тоже нужно зачесть, т. к. ее тоже можно предположить, прочитав условие задачи).

4. Исходя из условия, при взаимодействии веществ **A-E** с водой должна получаться смесь двух кислот:  $\text{PCl}_5 + 4\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4 + 5\text{HCl}$ ;  $\text{PCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_3 + 3\text{HCl}$ ;  $\text{POCl}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{HCl}$ ;  $\text{SOCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_2$  (или  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ) +  $2\text{HCl}$ ;  $\text{COCl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2$  (или  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) +  $2\text{HCl}$ .

5. Количество вещества в сосудах, которое пропорционально количеству молекул, считается как отношение массы вещества к его молекулярной массе:  $\nu = m/M$ . Чтобы посчитать массу вещества, надо умножить его плотность (в  $\text{г/см}^3$ ) на объем ( $\text{см}^3$ ), который у всех веществ одинаковый. Поэтому достаточно сравнить отношения  $\rho/M$ , чтобы дать ответ на поставленный вопрос.

Более того, ответ о наименьшем количестве молекул очевиден без расчетов: это сосуд, содержащий газообразное вещество **E**, плотность которого ( $4,12 \text{ г/л} = 0,00412 \text{ г/см}^3$ ) на 3 порядка меньше плотности остальных веществ.

Вычислим отношения  $\rho/M$  для остальных веществ:  $1,57/137,5 = 0,0114$  (**A**);  $2,1/208,5 = 0,0101$  (**B**);  $1,65/153,5 = 0,0107$  (**C**);  $1,64/119 = 0,0138$  (**D**);  $1,67/135 = 0,0124$  (**F**). Получается, что наибольшее число молекул содержится в сосуде с веществом **D**.

**Система оценивания:**

- 1. Молекулярные формулы веществ A-F по 2 б .....  $2\text{б} \cdot 6 = 12 \text{ б}$ ;
- 2. Уравнения реакций по 1 б .....  $1\text{б} \cdot 4 = 4 \text{ б}$ ;
- 3. Уравнение реакции 1 б, способ получения 2 б .....  $1\text{б} + 2\text{б} = 3 \text{ б}$ ;
- 4. Уравнения реакций по 1 б .....  $1\text{б} \cdot 5 = 5 \text{ б}$ ;
- 5. Наименьшее – в сосуде с E, наибольшее – в сосуде с D по 2 б .....  $2\text{б} \cdot 2 = 4 \text{ б}$ ;
- Всего** ..... **28 баллов**