

## Решения заданий муниципального этапа ВсОШ 2023-24, Липецкая область

### 7-8 класс

Задача 8-1. Не только массовая доля

Вы уже знаете, что концентрацию вещества в растворе можно выразить массовой долей растворённого вещества. Но это далеко не единственный и даже не самый распространённый среди химиков способ выражения концентраций.

1. В растворе серной кислоты в воде содержится в 1,6 раза больше атомов водорода, чем атомов кислорода. Рассчитайте массовую долю серной кислоты в этом растворе.

Пусть  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) + n(\text{H}_2\text{O}) = 1$  моль;  $n(\text{H}_2\text{SO}_4) = x$  моль,  $n(\text{H}_2\text{O}) = 1-x$  моль.

Тогда  $n(\text{H}) = 2x + 2(1-x) = 2x + 2 - 2x = 2$  моль;  $n(\text{O}) = 4x + (1-x) = 3x+1$  моль.

$n(\text{H}) = 1,6 n(\text{O})$ ;  $2 = 1,6(3x+1)$ , отсюда  $x=0,083$ .

$n(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,083$  моль,  $n(\text{H}_2\text{O}) = 1-x = 0,917$  моль.

$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \cdot 0,083 = 8,134$  г;  $m(\text{H}_2\text{O}) = 18 \cdot 0,917 = 16,506$  г;  $m_{\text{р-ра}} = 24,64$  г.

Тогда  $\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = 8,134 : 24,64 = 0,33$  или 33%.

2. Молярная концентрация выражается числом молей растворённого вещества в 1 литре раствора. Обозначается буквой  $c$ ;  $[c] = \text{моль/л}$ . Рассчитайте молярную концентрацию серной кислоты в растворе из п.1, если известно, что его плотность равна  $1,245 \text{ г/см}^3$ .

Найдём объём того же количества раствора, что и в п.1 (можно считать и на 1 л, но для количества из п.1 уже выполнены все предварительные вычисления).

$V = 24,64 : 1,245 = 19,8 \text{ см}^3 = 0,0198 \text{ л}$ ;  $c = 0,083 : 0,0198 = 4,19 \text{ моль/л}$ .

3. Ещё один способ выражения концентрации – моляльность  $c_m$ , число молей растворённого вещества, приходящееся на 1 кг растворителя.  $[c_m] = \text{моль/кг}$ . Рассчитайте моляльность рассматриваемого раствора серной кислоты.

$c_m = n(\text{H}_2\text{SO}_4) : m(\text{H}_2\text{O}) = 0,083 \text{ моль} : 0,0165 \text{ кг} = 5,03 \text{ моль/кг}$ .

4. Концентрация вещества в растворе может быть выражена также через титр  $T$ . Это масса вещества в 1 мл раствора;  $[T] = \text{г/мл}$ . Рассчитайте титр этого же раствора.

$T = 8,134 \text{ г} : 19,8 \text{ мл} = 0,4108 \text{ г/мл}$ .

5. До какого объёма следует разбавить этот раствор, чтобы концентрация серной кислоты в нём составила 1 моль/л?

$c = n/V$ , отсюда  $V = n/c = 0,083 \text{ моль} : 1 \text{ моль/л} = 0,083 \text{ л} = 83 \text{ мл}$ .

Система оценивания

П.1 3 балла (1 балл за составление уравнения, позволяющего найти соотношение компонентов; 1 балл за нахождение масс или количеств компонентов; 1 балл за массовую долю). Допускается расчёт не в молях, а в количествах атомов через число Авогадро, хотя такой путь не является рациональным.

П.2 2 балла за правильный расчёт концентрации.

П.3 2 балла за правильный расчёт молярности.

П.4 2 балла за правильный расчёт титра.

П.5 2 балла за правильный расчёт объёма.

Итого 11 баллов.

Задача 8-2. Летела ракета...

Смесь голубой жидкости А и бесцветной жидкости В используется в качестве экологически чистого ракетного топлива. При сгорании этой смеси образуется бесцветное вещество С.

Жидкость В в этой смеси можно заменить другой бесцветной жидкостью D. В результате реакции между А и D образуются вещества С и Е.

Если смочить жидкостью А тёмное вещество F, то получится взрывчатая смесь, при взрыве которой получается только вещество Е.

1. Определите вещества А-F, если известно, что В, F – простые вещества; С, D, Е – бинарные, а массовая доля одного из элементов в составе Е равна 27,29%. И самое главное: при обычных условиях вещество А не жидкое и бесцветное...

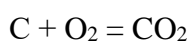
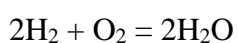
Единственное число в задаче – массовая доля одного из элементов в составе Е. Проанализируем, какую информацию можно из него получить. Е – бинарное вещество и единственный продукт при взрыве смеси веществ. Значит, при взрыве произошла реакция соединения, а со взрывом могут происходить реакции соединения с кислородом или галогенами. Если в составе Е есть кислород, то его массовая доля может быть или 27,29%, или  $100 - 27,29 = 72,71\%$ . В первом случае вычисление возможных молекулярных масс при различном числе атомов кислорода не приводит ни к какой формуле реально существующего вещества, подходящего по смыслу задачи, а во втором случае при двух атомах кислорода получаем  $M = 2 \cdot 16 / 0,7271 = 44$  г/моль, что соответствует  $\text{CO}_2$ .

Тогда тёмное простое вещество F – углерод в виде графита, угля или сажи, А – кислород, который при обычных условиях представляет собой бесцветный газ, но жидкий кислород, используемый как окислитель ракетного топлива, действительно, голубая жидкость.

Самый экологически чистый из процессов горения топлива – это горение водорода, тогда В – жидкий водород, С – вода.

D при горении образует углекислый газ и воду, следовательно, это какой-либо углеводород. Принимается любой реально существующий или указание на смесь углеводородов. Итак, А –  $\text{O}_2$ , В –  $\text{H}_2$ , С –  $\text{H}_2\text{O}$ , D –  $\text{C}_x\text{H}_y$  (любой), Е –  $\text{CO}_2$ , F – С.

2. Запишите уравнения всех реакций, о которых идёт речь в задаче.



3. При каких условиях А – голубая жидкость?

При низкой температуре (температура кипения кислорода  $-183^{\circ}\text{C}$ , но указание точной температуры не требуется). Если сказано, что при повышенном давлении без указания на низкую температуру, то это неправильный ответ (для кислорода критическая температура  $-119^{\circ}\text{C}$ ), но одновременное понижение температуры и повышение давления – ответ правильный (это позволит получить жидкий кислород при более высокой температуре, чем при обычном давлении).

Система оценивания

П.1. По 1 баллу за каждое вещество, суммарно 6 баллов.

За подтверждение состава E расчётом 2 балла.

Всего 8 баллов.

П.2 3 уравнения по 1 баллу, всего 3 балла.

П.3 1 балл.

Итого 12 баллов.

### Задача 8-3. Высокотемпературный сверхпроводник

Начиная изучать химию, вы столкнулись с тем, что вещества имеют строго определённый состав, который выражается химической формулой. Для веществ, имеющих молекулярное строение, состав (за исключением изотопного) одинаковый всегда. Но среди веществ немолекулярного строения существуют и вещества с переменным составом. Чтобы записать формулу такого вещества, используют дробные индексы, например,  $\text{WO}_{2,9}$ . Другой пример вещества с переменным составом -  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ . Если  $x < 0,65$ , это вещество при понижении температуры ниже  $-181^{\circ}\text{C}$  переходит в сверхпроводящее состояние, то есть его электрическое сопротивление становится равным нулю. Вещества, которые переходят в такое состояние не при температуре жидкого гелия ( $-269^{\circ}\text{C}$ ), а при более высокой, чем температура кипения азота ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) называются высокотемпературными сверхпроводниками, и это одно из них.

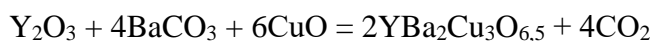
1. Образец  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  (вещество А) содержит 41,33% бария. Рассчитайте  $x$  и запишите формулу этого образца. Будет ли он проявлять свойства сверхпроводника?

С учётом требуемой в примечании точности расчётов,  $M(\text{A}) = 2 \cdot 137,33 / 0,4133 = 664,55$  г/моль. Вычитая из этой молярной массы 2 атомных массы бария, атомную массу иттрия и 3 атомных массы меди, получим остаток 110,33 г/моль, при делении которого на атомную массу кислорода получается 6,90. Таким образом, формула А  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6,90}$ .

Тогда  $x = 7 - 6,90 = 0,10$ , вещество будет проявлять свойства сверхпроводника.

Студент 1-го курса химфака МГУ Илья получил от научного руководителя задание для курсовой работы – синтезировать сверхпроводник состава  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{6,5}$  (вещество Б) спеканием соответствующих карбонатов и оксидов. Для успешного синтеза необходимо, чтобы молярное соотношение реагентов точно соответствовало составу синтезируемого вещества. В распоряжении Ильи есть 6,00 г  $\text{Y}_2\text{O}_3$ , 10,00 г  $\text{BaCO}_3$  и 3,22 г  $\text{CuO}$ .

2. Запишите уравнение реакции получения Б, если в результате образуется только Б и углекислый газ.



3. Рассчитайте максимальную массу вещества Б, которую может получить Илья из этой порции реактивов.

$n(Y_2O_3) = 6,00 : 225,82 = 0,02657$  моль;  $n(BaCO_3) = 10,00 : 197,34 = 0,05067$  моль;  $n(CuO) = 3,22 : 79,55 = 0,04048$  моль.

В соответствии с уравнением реакции, из данного количества  $Y_2O_3$  можно получить 0,05314 моль В, из  $BaCO_3$  – 0,02534 моль; из  $CuO$  – 0,01349 моль. Значит, оксид иттрия и карбонат бария в избытке, количество продукта определяется по оксиду меди.

Тогда  $n(B) = n(CuO)/3 = 0,01349$  моль,  $m(B) = nM = 0,01349 * 658,22 = 8,88$  г.

4. Рассчитайте массы реактивов, которые останутся у Ильи после такого синтеза.

В реакцию вступит  $0,01349 * 225,82 / 2 = 1,52$  г  $Y_2O_3$  и  $0,01349 * 197,34 * 2 = 5,32$  г  $BaCO_3$ .

Останется  $6,00 - 1,52 = 4,48$  г  $Y_2O_3$  и  $10,00 - 5,32 = 4,68$  г  $BaCO_3$ .

Примечание: в этой задаче атомные массы элементов возьмите с точностью 2 знака после запятой.

Система оценивания:

П.1 2 балла за вывод формулы А, 1 балл за х и 1 балл за обоснованный вывод о свойствах, всего 4 балла.

П.2. 2 балла за уравнение реакции.

П.3. По 1 баллу за определение двух веществ, находящихся в избытке; 2 балла за расчёт массы продукта. Всего 4 балла.

П.4 По 2 балла за расчёт масс веществ, всего 4 балла.

Итого 14 баллов. Если участник не обратил внимания на указание о точности атомных масс, баллы за расчёты ставятся с коэффициентом 0,5.

#### Задача 8-4. Химия на кухне

Химические процессы окружают нас повсюду, в том числе, и на кухне. Ниже приведён список некоторых процессов, происходящих при приготовлении пищи.

- а) горение природного газа;
- б) кипение воды в чайнике;
- в) растворение сахара в горячем чае;
- г) выделение газа при добавлении уксуса к пищевой соде;
- д) «подгорание» пирога.

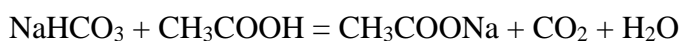
1. Какие из перечисленных процессов являются химическими, а какие — физическими?

Химические – а, г, д; физические – б, в.

2. Как, не пробуя на вкус, различить поваренную соль и сахар? Предложите два разных способа.

Например: водный раствор соли проводит ток, а сахара – нет; при нагревании сахар плавится и обугливается, а соль в домашних условиях расплавить не получится; соль окрашивает пламя в жёлтый цвет, а сахар – нет; раствор соли даёт осадок с нитратом серебра, а сахар нет... оцениваются любые два правильных с точки зрения физики или химии ответа.

3. Какой объём углекислого газа (н. у.) образуется при взаимодействии 2,52 г пищевой соды с избытком уксуса?



$$n(\text{NaHCO}_3) = 2,52/84 = 0,03 \text{ моль}, n(\text{CO}_2) = 0,03 \text{ моль}, V(\text{CO}_2) = 0,03 \cdot 22,4 = 0,672 \text{ л.}$$

Система оценивания:

П.1 По 1 баллу за каждый правильный ответ, всего 5 баллов.

П.2 По 1 баллу за правильный способ, всего 2 балла.

П.3 1 балл за уравнение реакции, 2 балла за расчёт объёма газа, всего 3 балла (если вместо гидрокарбоната карбонат, то баллы с коэффициентом 0,5)

Итого 10 баллов.