

Задача 9-4

Химики изучили состав продуктов реакции металла **X** с веществом **Y** в присутствии различных количеств воды при комнатной температуре. Степень окисления металла **X** в продуктах реакции одинакова во всех опытах. Эксперименты проводили с одинаковыми навесками **X** массой 1.000 г и избытком **Y** в герметичном сосуде. После того, как **X** полностью прореагировал, сосуд слегка подогревали для полного выделения газов из жидкой реакционной смеси, а затем из газовой фазы отбирали пробы, которые анализировали. Во всех экспериментах было установлено наличие трех газообразных продуктов реакции **A**, **B**, **C**, состоящих из одних и тех же двух элементов, смесь газов окрашена. Массы этих продуктов в сосуде после окончания каждого эксперимента приведены в таблице.

	$m(\text{A})$, мг	$m(\text{B})$, мг	$m(\text{C})$, мг
Эксперимент 1	37.4	176.8	209.1
Эксперимент 2	24.7	89.3	253.3
Эксперимент 3	10.2	382.5	214.2

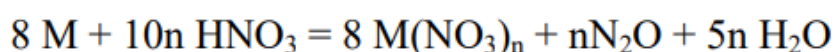
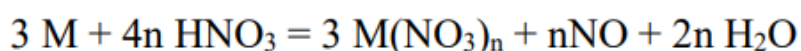
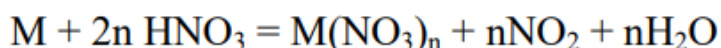
Вопросы:

1. Определите элементы, входящие в состав газообразных продуктов, и формулу вещества **Y**.
2. Определите формулы соединений **A**, **B**, **C**. Ответ подтвердите расчетом.
3. В каком из экспериментов было взято минимальное количество воды, а в каком – максимальное?
4. С помощью расчета определите, какой металл **X** был использован в экспериментах. Запишите уравнения трёх реакций, протекающих в ходе описанных экспериментов, приводящих к образованию **A**, **B** и **C**.
5. При использовании вместо **X** некоторых других металлов среди продуктов реакции можно обнаружить также газы **D** и **E**. Приведите их формулы.

Решение задачи 9-4 (автор: Седов И.А.)

1. Хорошо известно, что металлы вступают в реакцию с кислотами с образованием газов. Образование трех разных газов, состоящих из одной и той же пары элементов, говорит в пользу того, что речь идет об азотной кислоте HNO_3 (**Y**) и оксидах азота – NO_2 , NO и N_2O (N_2O_3 в описанных условиях разлагается).

2. Запишем уравнения реакций произвольного металла **M** с азотной кислотой с образованием каждого из трех газов:



Во всех трех опытах использовалось одинаковое количество металла, а значит, должна принимать одинаковые значения следующая величина (количество эквивалентов металла):

$$n\nu(\text{M}) = \nu(\text{NO}_2) + 3\nu(\text{NO}) + 8\nu(\text{N}_2\text{O}) = \frac{1}{46}m(\text{NO}_2) + \frac{3}{30}m(\text{NO}) + \frac{8}{44}m(\text{N}_2\text{O})$$

Теперь можно определить, под какой буквой скрывается каждый из газов. Заметим, что масса газа **B** сильно меняется (по сравнению с другими двумя газами) от второго эксперимента к третьему. Значит, ему соответствует минимальный коэффициент в вышеприведенной сумме, т.е. **B** – NO_2 . Чтобы определить **A** и **C**, вычислим значения $n\nu(\text{M})$ для обоих вариантов отнесения:

1) **A** – N_2O , **C** – NO :

	$\frac{1}{46}m(\text{NO}_2) + \frac{3}{30}m(\text{NO}) + \frac{8}{44}m(\text{N}_2\text{O}), \text{ ммоль}$
Эксперимент 1	31.6
Эксперимент 2	31.8
Эксперимент 3	31.6

2) A – NO, C – N₂O:

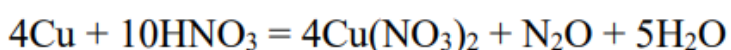
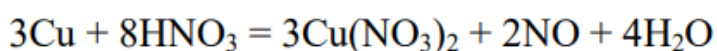
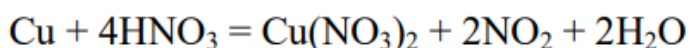
	$\frac{1}{46}m(NO_2) + \frac{3}{30}m(NO) + \frac{8}{44}m(N_2O), \text{ ммоль}$
Эксперимент 1	45.6
Эксперимент 2	50.5
Эксперимент 3	48.3

Очевидно, что результаты сходятся лучше в первом случае. Таким образом, A – N₂O, C – NO.

3. Как известно, концентрированная азотная кислота преимущественно восстанавливается до NO₂, а с понижением ее концентрации выход NO₂ падает. Поэтому эксперимент 3 соответствует минимальному количеству воды, а эксперимент 2 – максимальному.

4. Из вышеприведенной таблицы следует, что было взято примерно 31.7 ммоль эквивалентов металла. Это соответствует молярной массе эквивалента $1000 / 31.7 = 31.55$ г/моль, что ближе всего к эквиваленту меди при $n = 2$ (31.77 г/моль).

Уравнения реакций:



5. Эти газы – азот N₂ и водород H₂.

Система оценивания:

1	За каждый элемент – 1 балл За формулу Y – 1 балл	3 балла
2	По 2 балла за каждую формулу A, B и C при наличии расчёта Без расчёта – 1 балл	6 баллов
3	Выбор опыта с минимальным и максимальным содержанием воды	1 балл
4	Определение металла – 1 балл Уравнения реакций (1 – 3) по 1 баллу	4 балла
5	Газы D и E по 0.5 балла	1 балл
	ИТОГО	15 баллов

