

## ЗАДАЧА 9-1

### *Условие задачи*

В пяти пронумерованных пробирках находятся хлориды натрия, гидроксида бария, карбоната натрия, сульфата натрия и азотная кислота. Как распознать эти вещества, используя в качестве дополнительного реактива – индикатора метиловый оранжевый. Предложите самый рациональный и быстрый способ распознавания веществ; пропишите необходимые реакции и укажите признаки протекающих реакций.

### *Решение*

1. На небольшие порции всех растворов действуем индикатором: в одной из пробирок раствор становится красным, значит это азотная кислота.

2. В двух пробирках растворы становятся желтого цвета:

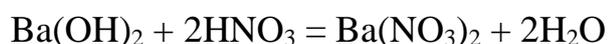
- основание - гидроксид бария,
- соль карбонат натрия ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), образованная слабой кислотой и сильным основанием. Идет гидролиз:



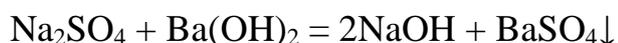
3. Добавим в обе эти пробирки раствор азотной кислоты. Только в одной из них выделится бесцветный газ ( $\text{CO}_2$ ):



В пробирке с гидроксидом бария химическая реакция протекает, но видимые признаки отсутствуют.



4. В двух пробирках растворы оранжевого цвета – среда нейтральная. В них хлорид натрия и сульфат натрия. Добавим к этим веществам раствор гидроксида бария. В одной пробирке выпадает осадок сульфата бария (белого цвета):



Во второй пробирке будет раствор хлорида натрия.

### *Система оценивания*

1	Определена азотная кислота действием индикатора	4 балла
2	Определена гидроксид бария индикатором и карбоната натрия	по 2 балла (всего 4 балла)
3	Составлено уравнение реакции гидролиза	1 балл
4	Составлено уравнение реакции карбоната натрия и гидроксида бария с азотной кислотой	по 2 балла (всего 4 балла)
5	Указан признак протекания реакции карбоната натрия с азотной кислотой	1 балл
6	Составлено уравнение реакции сульфата натрия с гидроксидом бария	2 балла
7	Указан признак протекания реакции сульфата натрия с гидроксидом бария	2 балла
	Определена пробирка с раствором хлорида натрия	2 балла
	<b>ИТОГО</b>	<b>20 баллов</b>

### ЗАДАЧА 9 – 2

#### *Условие задачи*

Рассчитайте массовую долю вещества в растворе, полученном при смешивании 400г 18%-ого раствора КОН со 100г раствора, содержащего 0,5 моль гидроксида калия.

#### *Решение*

1. Необходимо знать массу растворенного вещества и массу всего раствора. В исходном растворе КОН содержалось  $m(\text{KOH}) = \omega * m_{\text{р-ра}} = 0,18 * 400 = 72\text{г}$ .
2. В 100 граммах добавленного раствора содержится 0,5 моль КОН, тогда масса гидроксида калия  $m(\text{KOH}) = 0,5 * 56 = 28\text{г}$ .
3. Масса вещества в конечном растворе  $m(\text{KOH}) = 72 + 28 = 100\text{г}$ .

4. Масса конечного раствора  $400 + 100 = 500\text{г}$ .

5. Массовая доля гидроксида калия  $\omega = (100 / 500) \cdot 100 = 20\%$

### *Система оценивания*

1.	Найдена масса растворенного вещества 18 % раствора KOH	4 балла
2.	Найдена масса растворенного вещества KOH в 100 граммах раствора	4 балла
3.	Найдена масса вещества в конечном растворе	4 балла
4.	Найдена масса конечного раствора	4 балла
5.	Найдена массовая доля гидроксида калия	4 балла
	<b>ИТОГО</b>	<b>20 баллов</b>

### **ЗАДАЧА 9-3**

#### *Условие задачи*

При взаимодействии 6,72 л (н.у.) газообразного оксида некоторого элемента с избытком воды образовалась смесь кислот, на нейтрализацию которой потребовалось 108,2 мл раствора едкого натра с массовой его долей 10 % и плотностью 1,109 г/мл. Определите формулу оксида, если его плотность по фтору составляет 1,21. Составьте уравнения всех перечисленных реакций, в уравнении реакции взаимодействия оксида с водой расставьте коэффициенты методом электронного (или ионно-электронного) баланса.

#### *Решение*

1. Найти массу раствора едкого натра, массу едкого натра, его количество вещества:

$$m(\text{р-ра NaOH}) = V \cdot \rho = 108,2 \times 1,109 = 120 \text{ г}$$

$$m(\text{NaOH}) = m(\text{р-ра NaOH}) \cdot \omega = 120 \times 0,1 = 12 \text{ г}$$

$$v = m(\text{NaOH}) / M(\text{NaOH}) = 12 / 40 = 0,3 \text{ моль}$$

2. Найти количество вещества газообразного оксида:

$$v = V(X) / 22,4 = 6,72 / 22,4 = 0,3 \text{ моль.}$$

1 моль оксида реагирует с водой с образованием суммарно 1 моль кислот!

3. Найти молярную массу оксида:

$$M(X) = D(F_2) \cdot M(F_2) = 1,21 \times 38 = 46 \text{ г/моль}$$

4. В составе оксида может быть один, либо два атома кислорода (если 3, то уже  $48 > 46!$ ).

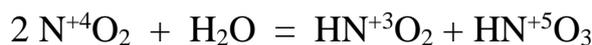
Таким образом, если один атом кислорода, на второй элемент остаётся 30 г/моль, и при его валентности II, такого элемента нет; при валентности I –  $30/2 = 15$ , тоже нет.

Вариант с двумя атомами кислорода в молекуле оксида:

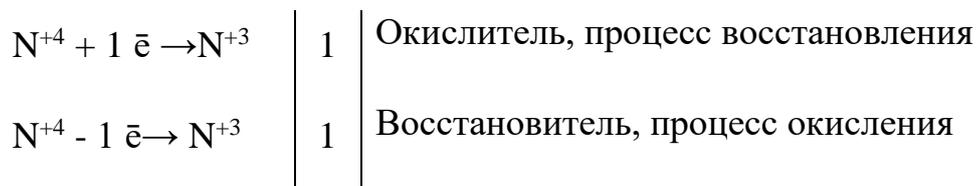
$46 - 32 = 14$ . Если таких 2 атома – это литий, но – 1) не газ, 2) не оксид, а пероксид (хоть такой и существует), 3) при взаимодействии с водой кислоты не образует, тем более – две.

Остаётся вариант с одним атомом – а это азот, и оксид –  $\text{NO}_2$ .

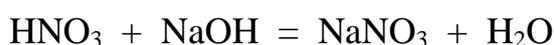
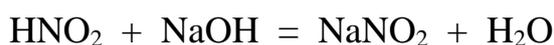
5. Взаимодействие оксида с водой:



Электронный баланс:



Нейтрализация кислот:



### **Система оценивания**

Найдено количество вещества едкого натра	3 балла
Найдено количество вещества неизвестного газа	2 балла
Найдена молярная масса оксида	3 балла
Рассуждения и нахождение формулы оксида	6 баллов
За каждое уравнение 1 балл	3 балла

Написан метод электронного баланса с указанием окислителя и восстановителя (или вещество-окислитель и вещество-восстановитель)	3 балла
<b>ИТОГО</b>	<b>20 баллов</b>

### ЗАДАЧА 9-4

#### *Условие задачи*

Катализатор Уилкинсона — тривиальное название химического соединения, координационного комплекса родия с формулой  $[\text{RhCl}(\text{PPh}_3)_3]$  ( $\text{PPh}_3 = \text{P}(\text{C}_6\text{H}_5)_3$ -трифенилфосфин). Полное название *трис-*(трифенилфосфин)родийхлорид, является гомогенным катализатором гидрирования. Назван в честь лауреата Нобелевской премии в области химии 1973 года Джеффри Уилкинсона, который ввёл его в широкую практику. В лаборатории катализатор Уилкинсона был получен взаимодействием хлорида родия (III) с трифенилфосфином в присутствии воды. В результате окислительно-восстановительной реакции помимо целевого продукта был получен оксид трифенилфосфина, в котором фосфор имеет степень окисления +5, и некий газ, имеющий плотность по воздуху равную 1,26.

Рассчитайте относительную молекулярную массу образующегося газа. Предложите формулу оксида трифенилфосфина. Составьте уравнение реакции и расставьте коэффициенты методом электронного баланса. Укажите окислитель и восстановитель.

Рассчитайте массу и выход (в %) катализатора, если в реакцию было взято 5,3 г  $\text{RhCl}_3$ , а объем выделившегося газа составил 0,98 л при н.у.

#### *Решение*

1. Определим относительную молекулярную массу газа:

$$M_{\text{г(в-ва)}} = D_{\text{возд}} \cdot M_{\text{г(воздуха)}} = 1,26 \cdot 29 = 36,5$$

2. Формула оксида:  $\text{O}_x(\text{PPh}_3)_y$ .

Зная, что степень окисления кислорода -2, фенила -1, а по условию задачи фосфор находится в высшей степени окисления +5, определим значения x и y, равные 1 (x=y=1).

3. Составим схему реакции:



4. Уравниваем методом электронного баланса:



Исходя из электронного баланса, коэффициенты перед хлоридом родия и катализатором Уилконсона равны единице, перед  $\text{PPh}_3$  и  $\text{OPPh}_3$  равны единице. Однако помимо 1 молекулы трифенилфосфина, участвующей в окислительно-восстановительной реакции, еще три молекулы трифенилфосфина входят в состав катализатора Уилконсона, поэтому в итоговом уравнении реакции перед трифенилфосфином нужно поставить коэффициент 4.



5.  $\text{P}^{+3}$  - восстановитель;  $\text{Rh}^{+3}$  - окислитель

6. Рассчитываем массу и выход катализатора:

$$M_r(\text{RhCl}_3) = 103 + 3 \cdot 35,5 = 209,5 \text{ г/моль}$$

$$n(\text{RhCl}_3) = 5,3 / 209,5 = 0,0253 \text{ моль (теоретически)}$$

$$n(\text{HCl}) = 2 n(\text{RhCl}_3) = 2 \cdot 0,0253 = 0,0506 \text{ моль (теоретически)}$$

Зная, что 1 моль любого газа занимает объем 22,4 л при нормальных условиях, рассчитаем реальное количество выделившегося газа:

$$n(\text{HCl}) = V/V_m = 0,98 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,04375 \text{ моль}$$

Определим выход хлороводорода в %, который будет также соответствовать выходу катализатора:

$$(0,04375 \text{ моль} / 0,0506 \text{ моль}) \cdot 100\% = 86,5\%.$$

### Система оценивания

1	Определена относительная молекулярная масса газа	2 балла
---	--	---------

2	Определена формула оксида	2 балла
3	Составлена схема реакции	2 балла
4	Составлено уравнение реакции, расставлены коэффициента методом электронного баланса	3 балла
5	Указаны окислитель и восстановитель	1 балл
6	Рассчитана молярная масса катализатора	2 балла
7	Рассчитано количество вещества катализатора	2 балла
	Найдено теоретическое значение количества вещества хлороводорода	2 балла
	Найдено практическое значение количества вещества хлороводорода	2 балла
	Найден выход хлороводорода	2 балла
	<b>ИТОГО</b>	<b>20 баллов</b>

### ЗАДАЧА 9-5

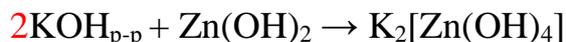
#### *Условие задачи*

Студенту выдали задание приготовить комплексную соль, для получения которой он взвесил 0,25г гидроксида металла, имеющего электронную формулу:  $3s^23p^63d^{10}4s^2$ , и добавить ее к 30 мл раствора гидроксида калия с концентрацией 0,2 моль/л. После очистки и сушки были получены бесцветные (белые) кристаллы с выходом 73 %. Чистоту соединения студент проверил с помощью элементного анализа и получил следующие результаты: Met, 30,5; К, 36,8. Определите металл комплексной соли. Предположите формулу полученного соединения и напишите уравнение реакции. Определите, какой реагент был взят в избытке и рассчитайте массу полученной соли. Представьте доказательства, подтвержденные расчетами, о том, что полученные данные элементного анализа соответствуют формуле соединения.

#### *Решение*

1. Данная запись  $3s^23p^63d^{10}4s^2$  говорит о том, что вещество имеет 65 электронов. В таблице Менделеева под номером 65 находится элемент – цинк (Zn). Следовательно, в реакцию был взят  $Zn(OH)_2$ , гидроксид цинка.

2. Запишем уравнение реакции:



3. Для расчета количества полученной соли необходимо определить молярные массы и количество вещества реагентов:

$$M_r(Zn(OH)_2) = 65 + 2 \cdot 16 + 2 \cdot 1 = 99 \text{ г/моль.}$$

$$n(Zn(OH)_2) = 0,25 \text{ г} / 99 \text{ г/моль} = 0,0025 \text{ моль}$$

$$n(KOH) = 0,2 \text{ моль/л} \cdot 0,03 \text{ л} = 0,006 \text{ моль}$$

По уравнению реакции нужно использовать 2 экв. КОН по отношению к соединению цинка. Это соответствует  $2 \times 0,0025 \text{ моль} = 0,005 \text{ моль}$ . Таким образом, КОН был взят в избытке.

4. Расчет количества полученной соли будем производить по гидроксиду цинка.

По уравнению реакции количество комплексной соли эквимольно соединению цинка:

$$M_r(K_2[Zn(OH)_4]) = 2 \cdot 39 + 65 + 4 \cdot 16 + 4 \cdot 1 = 211 \text{ г/моль}$$

$$m_{теор.}(K_2[Zn(OH)_4]) = 0,0025 \text{ моль} \cdot 211 \text{ г/моль} = 0,5275 \text{ г.}$$

Зная, что выход соли составил 73%, рассчитаем массу соли:

$$m_{эксп}(K_2[Zn(OH)_4]) = 0,5275 \text{ г} \cdot 0,73 = 0,3851 \text{ г}$$

5. Далее необходимо рассчитать массовые доли металлов в комплексной соли. Для этого требуется найти атомные массы элементов:

массовая доля элемента  $i$  в молекуле  $z$ :  $w_i = (m_i/m_z)100\% = (v_i A_{r,i}/M_{r,z})100\%$ , где  $v_i$  – стехиометрический коэффициент простого вещества в уравнении образования продукта реакции

$$w(Zn) = (65/211) \cdot 100\% = 30,8 \%$$

$$w(K) = (2 \cdot 39/211) \cdot 100\% = 37 \%$$

6. Остается сравнить полученные лабораторные результаты с расчетными и сделать вывод о соответствии предполагаемой формуле.

Для  $K_2[Zn(OH)_4]$  вычислено: Zn, 30,8; K, 37; найдено: Zn, 30,5; K, 36,8.

Формула соответствует результатам элементного анализа.

### *Система оценивания*

1	Определен металл	2 балла
2	Записано уравнение реакции	2 балла
3	Определена молярная масса гидроксида цинка	1 балл
4	Рассчитано количество вещества гидроксида цинка	1 балл
5	Рассчитано количество вещества гидроксида калия	1 балл
6	Доказано, какое вещество взято в избытке	2 балла
7	Указано, что расчет производится по гидроксиду цинка	1 балл
8	Определена молярная масса комплексной соли $K_2[Zn(OH)_4]$	1 балл
9	Рассчитано теоретическое значение массы комплексной соли $K_2[Zn(OH)_4]$	1 балл
10	Рассчитано экспериментальное значение массы комплексной соли $K_2[Zn(OH)_4]$	1 балл
	Записана формула для нахождения массовых долей металлов	2 балла
11	Рассчитаны массовые доли металлов в комплексной соли	По 2 балла (всего 4 балла)
12	Сделан вывод о соответствии формулы результатам элементного состава	1 балл
	<b>ИТОГО</b>	<b>20 баллов</b>