

Задача 9-3

Вещество **X** представляет собой белый порошок, хорошо растворимый в воде и легко разлагающийся при нагревании с выделением газа (*р-ция 1*). Действием на 10,0 г вещества **X** избытком горячего раствора вещества



Y, дающего белый творожистый осадок с нитратом серебра (*р-ция 2*), получили 5,0 г вещества **Z** в виде белого осадка (*р-ция 3*). Вещество **Z** встречается в природе в виде многочисленных минералов и входит в состав горных пород. Длительным выдерживанием в автоклаве при 55°C 20 г насыщенного при этой температуре раствора **X** с суспензией 3,6 г **Z** получили 7,2 г кристаллического вещества **N** с выходом 84% (*р-ция 4*). Вещество **N** обнаружено в природе в виде редкого минерала. При действии воды кристаллы **N** разрушаются. Так, при внесении 11,9 г **N** в 93,1 г воды выпадает осадок **Z** и образуется раствор массой 100 г. При добавлении к 10 г этого раствора избытка соляной кислоты выделяется 111,8 мл газа (н.у.).

Растворимость вещества **X** при 55°C равна 56,25 г в 100 г воды.

При нагревании твердого **Y** потеря массы в виде газообразных продуктов составляет примерно 49,3%.

Вопросы:

1. Определите неизвестные вещества **X**, **Y**, **Z** и **N**. Ответ обоснуйте, подтвердите расчетами.
2. Запишите уравнения реакций 1 – 4.

Решение задачи 9-3 (автор: Андреев М.Н.)

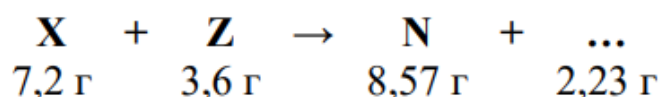
Рассчитаем массовую долю **X** в его насыщенном растворе:

$$\omega = 56,25/156,25 = 0,36 \text{ или } 36\%.$$

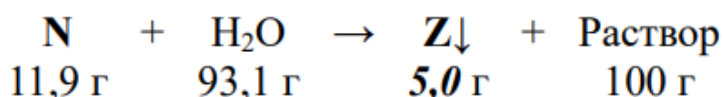
Следовательно, в 20 г насыщенного раствора содержится 7,2 г вещества **X**.

Найдем массу **N** при 100%-ном выходе, она равна $7,2/0,84 = 8,57$ г.

Если предположить, что вещества в автоклав помещены в стехиометрических количествах, а реакция протекает количественно, то получается, что схема реакция образования **N** имеет вид:



Рассмотрим разложение **N** в воде, по разности масс определим массу осадка:



Отношение массы **Z** к массе **N** равно $5,0/11,9 = 0,420$, что совпадает с соотношением при синтезе **N**: $3,6/8,57 = 0,420$.

Определим число моль газа, выделяющегося при подкислении раствора над осадком **Z**: $v = 0,1118/22,4 = 0,00499$ моль.

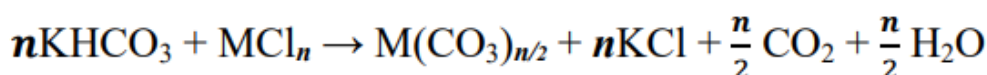
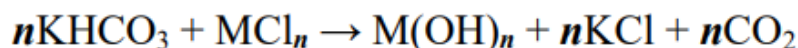
Масса вещества в 100 г раствора 6,9 г, а в 10 г – 0,69 г. В расчёте на 1 моль газа на формульную единицу, получается молярная масса растворенного вещества равна $M = 0,69/0,00499 = 138,28$ г/моль.

Если предположить, что газ – это CO_2 , то в растворе присутствует карбонат калия K_2CO_3 .

X не может быть карбонатом калия, т.к. по условию задачи это вещество легко разлагается, а карбонат калия плавится без разложения. Тем не менее **X** должно содержать и катион калия, и карбонат.

Всем требованиям задачи отвечает гидрокарбонат калия. **X** – KHCO_3 . Гидрокарбонаты металлов, как правило, растворимы. В условии указано, что раствор соли **Y** должен быть горячим, а значит в этих условиях возможно образование среднего карбоната, который выпадает в осадок, или гидроксида.

Запишем уравнения этих реакций в общем виде:



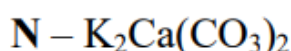
Тогда $M(\text{Z}) = 5 \cdot n \cdot M(\text{KHCO}_3) / 10 = 50 \cdot n$ г/моль

$n =$	1	2	3	4
	50	100	150	200
$M(\text{CO}_3)_{n/2}$	—	CaCO₃	—	—
$M(\text{OH})_n$	—	~Zn(OH) ₂	Tc(OH) ₃	—

Единственный разумный вариант – это $\text{Z} = \text{CaCO}_3$.

Найдем молярную массу N

$$M(\text{N}) = m(\text{N}) \cdot M(\text{Z}) / m(\text{Z}) = 8,57 \cdot 100 / 3,6 = 238 \text{ г/моль.}$$

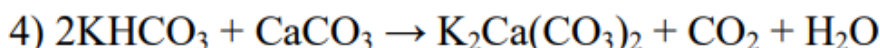
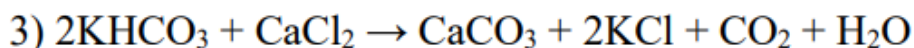
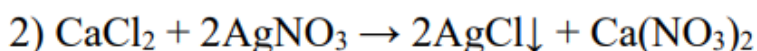
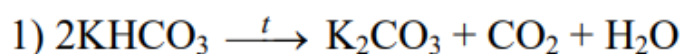


Вещество Y – это соль кальция, дающая белый творожистый осадок с нитратом серебра, предположительно CaCl_2 . Однако в условии задачи указано, что при нагревании это вещество разлагается. Хлорид кальция образует ряд кристаллогидратов, число молекул воды на формульную единицу

$$x = \frac{M(\text{CaCO}_3)}{18\left(\frac{1}{0,493} - 1\right)} = \frac{110}{18 \cdot 1,027} \approx 6$$

	X	Y	Z	N
вещества	KHCO ₃	CaCl ₂ ·6H ₂ O	CaCO ₃	K ₂ Ca(CO ₃) ₂

Уравнения реакций:



Система оценивания:

1.	Вещества X, Y, Z, N по 3 балла	12 баллов
2.	Уравнения реакций по 2 балла	8 баллов
ИТОГО:		20 баллов