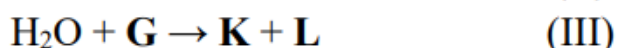


Задача 9-1

Одним из устаревающих способов получения крупнотоннажного продукта химической промышленности неорганического вещества **K** из газа **X** является каталитический цикл с использованием газа **Y** – так называемый ... *метод*.

Последовательность реакций в данном цикле с коэффициентами приведена ниже:



Известно, что **G** имеет ионное строение и содержит 4 элемента в своём составе, а **L** – нестабильное соединение, существующее только в растворе.

Запишите суммарное уравнение получения **K** (можно использовать буквенные обозначения веществ).

Определите неизвестные соединения, представленные на схеме.

Примесным компонентом в получаемом растворе **K** является соединение **P** со схожими химическими свойствами, присутствие которого обусловлено использованием **Y** в качестве катализатора.

Определите соединение **P**. Приведите уравнение реакции, объясняющие образование соединения **P** в растворе **K**.

Приведите название описанного метода получения **K**.

При использовании стехиометрических количеств реагентов реакции имеют следующие выходы: I – 48%, II – 88%, III – 87%, IV – 74%.

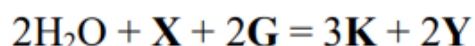
Вычислите расход реагентов (в тоннах) на получение 1 тонны чистого **K**. Примите, что вода находится в избытке и ее количество рассчитывать не нужно. Если Вам не удалось установить формулы веществ, вычислите расход реагентов в молях на получение 1 моль **K**.

) Газ **X** является побочным продуктом другого крупнотоннажного химического производства. Напишите уравнение реакции, ведущей к его образованию.

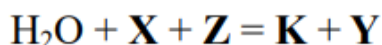
Решение задачи 9-1

1) Внимательно рассмотрим 4 данных уравнения. Нам известно, что вещество **K** – продукт, который должен оказаться справа, **X** – реагент, который должен оказаться слева, **Y** – катализатор, который не должен остаться в конечной схеме. Также видно, что вещество **O** встречается в схеме только один раз – значит, это тоже реагент. Соединения **Z**, **G** и **L** – по-видимому, промежуточные вещества, которые тоже должны сократиться в конечной схеме.

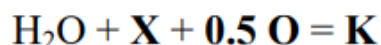
Обратимся к реакции **IV**, в которой соединение **X** находится слева. Скомбинируем её с реакцией **III**, чтобы исключить промежуточное вещество **L**. Получим:



Используем реакцию **II**, чтобы исключить промежуточное соединение **G**. Получим:



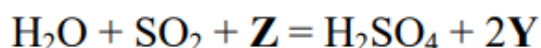
Реакция **I** позволит исключить вещества **Z** и **Y**. Итоговая реакция синтеза **K** имеет следующий вид:

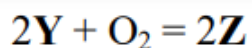


2) Попробуем определить соединение **K**. Видно, что в его синтезе используется вода, следовательно, оно содержит кислород и водород. С учётом того, что это крупнотоннажный неорганический продукт химической промышленности, получаемый из газа, понимаем, что это кислота. Среди вариантов H_2SO_4 , HNO_3 и H_3PO_4 последняя не подходит сразу, поскольку она не образуется из газа. На 1 молекулу воды образуется 1 молекула **K**, что позволяет исключить и азотную кислоту. Итак, **K** – H_2SO_4 .

Серную кислоту получают из диоксида серы. Тогда **X** – SO_2 , **O** – O_2 .

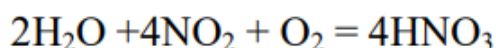
Рассмотрим имеющиеся уравнения реакций с учётом полученных ранее данных:





Из этих двух реакций видно, что **Y** и **Z** отличаются на 1 атом кислорода, причём **Y** легко окисляется. Кроме того, при пропускании этих веществ через раствор серной кислоты образуется ионное соединение **G**. Анион в этом соединении – очевидно, сульфат или гидросульфат. Следовательно, газ **Y** способен образовывать катионы. В тексте задачи также может быть найдена информация о **P**, похожем по свойствам на H_2SO_4 и обусловленном наличием **Y** в каталитической схеме. Всё это указывает на то, что **Y** – NO , **Z** – NO_2 . Тогда **G** – $NOHSO_4$ ($NO^+ HSO_4^-$), **L** – HNO_2 .

3) **P** – азотная кислота HNO_3 . Она образуется при пропускании смеси кислорода и диоксида азота через воду:



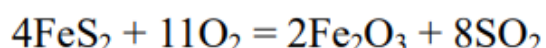
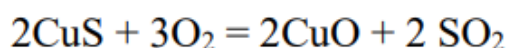
4) Данный метод получения серной кислоты называется *нитрозным* или *башенным*.

5) В приведённой схеме образуется только 1 моль **K**, поскольку **K**, образующийся в реакции **III**, затрачивается в реакции **II**. Соединение **X** (SO_2) используется только на последней стадии, поэтому на 1 моль **K** необходимо, с учётом выхода, $1/0.74 = 1.35$ моль **X**. Соединение **O** (O_2) проходит через все 4 стадии, а по схеме на 1 моль **K** необходимо 0.5 моль O_2 . Тогда, с учётом выхода, необходимое количество **O** равно $0.5/(0.74 \cdot 0.87 \cdot 0.88 \cdot 0.48) = 1.84$ моль.

В 1 тонне чистого **K** содержится 10 204 моль. На получение этого количества понадобится $10204 \cdot 1.35 \cdot 64 / 1\,000\,000 = \underline{0.882\text{ т}}$ **X** (SO_2) и $10\,204 \cdot 1.84 \cdot 32 / 1\,000\,000 = \underline{0.601\text{ т}}$ **O** (O_2).

Катализатор в ходе реакции не расходуется, поэтому его количество считать не следует.

6) SO_2 преимущественно получают при обжиге сульфидных минералов, главным образом, пирита или сульфидов меди:



Система оценивания:

1	Суммарное уравнение получения K	3 балла
2	Неизвестные соединения X, Y, Z, K, O, G, L , по 1 баллу	7 баллов
3	Соединение P – 1 балл уравнение реакции – 2 балла	3 балла
4	Название метода	1 балл
5	Расчёт массы X – 2 балла, расчёт массы O – 3 балла; <i>за расчёты количества вещества – 1 и 2 балла соответственно</i>	5 баллов
6	Уравнение реакции обжига сульфидного минерала	1 балл
		ИТОГО: 20 баллов