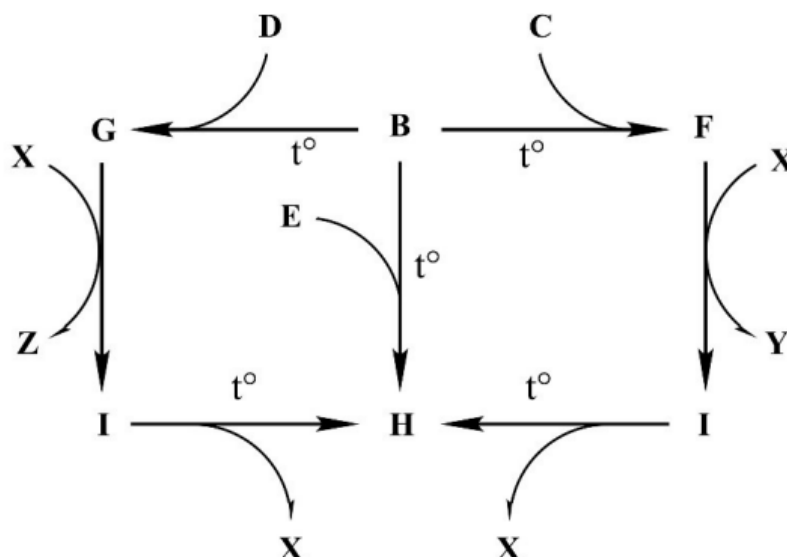


### Задача 9-3

#### *Химия простых веществ*

*Если ты считать не будешь, скоро химию забудешь*

Бинарные соединения **X**, **Y** и **Z**, обладают почти одинаковой плотностью в газообразном состоянии. Взаимосвязь между ними показана на схеме, представленной ниже.



#### **Дополнительная информация:**

1. В состав веществ **X**, **Y** и **Z** входят атомы элемента, образующего простое вещество **A**, молярная масса которого в 8 раз меньше, чем у **E**.
2. **A**-**E** представляют собой простые вещества, молярная масса которых в ряду возрастает.
3. При нормальных условиях вещества **B** и **C** являются твёрдыми, а **A**, **D** и **E** представляют собой газы.
4. Объёмное соотношение газообразных веществ **Y** и **Z**, полученное из навесок **B** одной и той же массы, составляет 3:4 при одинаковых условиях.
5. При термическом разложении 1 моль соединения **I** образуется 1 моль вещества **X**.

#### **Вопросы:**

1. Вычислите молярную массу соединений **X** - **Z**.
2. Определите вещества **A** – **I**. Ответ обоснуйте!
3. Установите состав веществ **X** - **Z**. Ответ обоснуйте.

### Решение задачи 9-3 (автор: Крысанов Н.С.)

Массы двух газообразных (при н.у.) простых веществ **Е** и **А** отличаются в 8 раз. В этом случае молярная масса **Е** может быть записана в виде  $8n$  г/моль. Под это условие отлично подходит кислород **Е** –  $O_2$ , молярная масса которого составляет 32 г/моль. Тогда молярная масса соединения **А** окажется в 8 раз меньше и составит 4 г/моль, что свидетельствует о наличии в его составе лёгких атомов – гелия или водорода. Поскольку атомы элемента **А** входят в состав соединений **Х-З**, сделаем выбор в пользу водорода. Единственной разумной комбинацией с данной молярной массой является молекула, состоящая из двух атомов дейтерия, **А** –  $D_2$ . Существует лишь одно простое вещество, являющееся газом при н.у., молярная масса которого лежит в диапазоне от 4 г/моль до 32 г/моль, – это азот **В** –  $N_2$ . Тогда среди соединений **Х-З** могут быть дейтериевая (тяжёлая) вода  $D_2O$  и тридейтероаммиак  $ND_3$ . Обратим внимание, что они действительно обладают одинаковой молярной массой в 20 г/моль, что соответствует практически одинаковой плотности в газообразном состоянии при одинаковых условиях. Такой же молярной массой обладает и содержащий атомы дейтерия тетрадейтерометан  $CD_4$ , тогда одним из простых веществ **В-С** является углерод. *Молярной массой в 20 г/моль также обладают  $HF$  и  $BT_3$ . Данные варианты при наличии логичного обоснования могут быть засчитаны как верные и оценены полным баллом.*

Анализируя схему, представленную в условии задачи, можно предположить, что в состав вещества **У**, помимо водорода, входит элемент, образующий твёрдое простое вещество **С**, вероятно, являющееся углеродом **С** –  $C$ . Значит, **У** представляет собой тетрадейтерометан **У** –  $CD_4$ . Он образуется при разложении карбида, образованного элементом **В**, с помощью соединения **Х**. Разумно предположить, что среди тридейтероаммиака  $ND_3$  и дейтериевой воды  $D_2O$  на роль **Х** лучше всего подходит именно тяжёлая вода **Х** –  $D_2O$ , тогда по остаточному принципу **З** представляет собой тридейтероаммиак **З** –  $ND_3$ .

Дополнительным подтверждением этого факта может послужить стехиометрическое соотношение веществ **У** и **З**, образующихся из навесок **В**

одинаковой массы. Проверим наше предположение с помощью уравнений химических реакций, считая, что степень окисления элемента **A** равна +k:

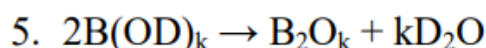
1.  $4B + kC \rightarrow B_4C_k$
2.  $3B + 0,5kN_2 \rightarrow B_3N_k$
3.  $B_4C_k + 4kD_2O \rightarrow 4B(OD)_k + nCD_k \uparrow$
4.  $B_3N_k + 3kD_2O \rightarrow 3B(OD)_k + nND_k \uparrow$

$$n(CD_4) = k \cdot n(B_4C_k) = \frac{k}{4} \cdot n(B),$$

$$n(ND_3) = k \cdot n(B_3N_k) = \frac{k}{3} \cdot n(B),$$

$$\frac{V(CD_4)}{V(ND_3)} = \frac{n(CD_4)}{n(ND_3)} = \frac{3}{4}.$$

Тогда вещество **I** представляет собой дейтероксид элемента **B**  $B(OD)_k$ , который при нагревании разлагается на оксид  $B_2O_k$  и дейтериевую воду согласно уравнению реакции:



По условию задачи  $\nu(B(OD)_k) = \nu(D_2O)$ , откуда  $k = 2$ . Тогда твёрдое простое вещество **B** образовано двухвалентным элементом с молярной массой меньше, чем у углерода, что соответствует бериллию **B** – Be.

<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
D <sub>2</sub>	Be	C	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Be <sub>2</sub> C
<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
Be <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	BeO	Be(OD) <sub>2</sub>	D <sub>2</sub> O	CD <sub>4</sub>	ND <sub>3</sub>

Если участник расшифровал лишь часть представленной схемы, и предположенные им соединения не противоречат информации в условии задачи, можно оценить расшифрованные вещества полным баллом.

#### Система оценивания:

1.	Определение химических формул соединений <b>A–I</b> , подтверждённое логическими рассуждениями по 1 баллу	9 баллов
2.	Определение химических формул соединений <b>X–Z</b> , подтверждённое логическими рассуждениями по 2 балла	6 баллов
		<b>Итого: 15 баллов</b>