

7. Производство азотной кислоты – процесс, сопровождающийся образованием токсичных нитрозных газов (оксидов азота): **A**, **B**, **C**, **D**, **E**. Известно, что взаимодействие газов **A** и **B** при охлаждении приводит к образованию **E**, а газы **B** и **C** имеют равное массовое содержание образующих их элементов.

1) Приведите формулы газов **A** – **E**.

Одним из методов очистки выделяющихся газов от оксидов азота является восстановление угарным газом. При восстановлении таким методом смеси отходящих газов объемом 106.5 л (1.2 атм, 350 °С) выделяется 989.8 кДж энергии. Считайте, что смесь состоит преимущественно из газов **A** и **B**.

2) Используя справочные данные, установите состав газовой смеси в объемных долях, ответ подтвердите расчетом.

Вещество	CO	CO ₂	N ₂ O	NO	NO ₂
Q _{обр.} , кДж/моль	110.5	393.5	-82.0	-90.3	-33.5

3) Приведите два примера других газов-восстановителей, которые могут быть использованы для обезвреживания нитрозных газов, и соответствующие уравнения реакций.

№ 7

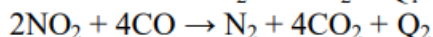
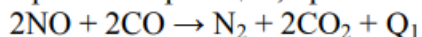
1. Оксиды азота: N₂O, NO, N₂O₃, NO₂, N₂O₅. К нитрозным газам можно отнести все, кроме N₂O₅. Взаимодействие газов **A** и **B** – процесс конпропорционирования, таким образом при охлаждении можно получить неустойчивый оксид азота (III) – N₂O₃ (**E**). Значит, **A** и **B** – NO и NO₂. Газы **B** и **C** имеют равное массовое содержание образующих их элементов. Следовательно, соединение **C** – это димер соединения **B**, т.е. N₂O₄.

A	B	C	D	E
NO	NO ₂	N ₂ O ₄	N ₂ O	N ₂ O ₃

2. Количество смеси отходящих газов может быть рассчитано по уравнению Менделеева-Клапейрона:

$$v(\text{газов}) = \frac{pV}{RT} = \frac{1.2 \cdot 101325 \cdot 106.5 \cdot 10^{-3}}{8.314 \cdot (350 + 273)} = 2.5 \text{ моль}$$

Уравнения реакций, протекающих при восстановлении смеси отходящих газов:



Рассчитаем тепловые эффекты этих реакции по закону Гесса:

$$Q_1 = 2Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) - 2Q_{\text{обр.}}(\text{NO}) - 2Q_{\text{обр.}}(\text{CO}) = 2 \cdot 393.5 + 2 \cdot 90.3 - 2 \cdot 110.5 = 746.6 \text{ кДж}$$

$$Q_2 = 4Q_{\text{обр.}}(\text{CO}_2) - 2Q_{\text{обр.}}(\text{NO}_2) - 2Q_{\text{обр.}}(\text{CO}) = 4 \cdot 393.5 + 2 \cdot 33.5 - 4 \cdot 110.5 = 1199.0 \text{ кДж}$$

Пусть количества газов в смеси: $v(\text{NO}) = x$ моль, $v(\text{NO}_2) = y$ моль, тогда:

$$\begin{cases} x + y = 2.5 \\ \frac{746.6}{2} \cdot x + \frac{1199.0}{2} \cdot y = 989.8 \end{cases}$$

Решая данную систему, получим:

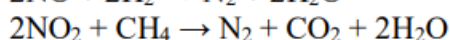
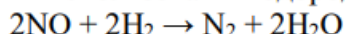
$$\begin{cases} x = 2.25 \\ y = 0.25 \end{cases}$$

Следовательно, объемные (мольные) доли газов в смеси:

$$\varphi(\text{NO}) = \frac{2.25}{2.25 + 0.25} = 0.9 \text{ (90\%)}$$

$$\varphi(\text{NO}_2) = 1 - 0.9 = 0.1 \text{ (10\%)}$$

3. В качестве других газов-восстановителей для обезвреживания нитрозных газов могут быть использованы водород, метан:



Рекомендации к оцениванию:

- | | | |
|----|---|-----------|
| 1. | Формулы газов А – Е – по 0.5 балла | 2.5 балла |
| 2. | Уравнения реакций – по 1 баллу | 5.5 балла |
| | Расчет тепловых эффектов реакций по закону Гесса – по 1 баллу | |
| | Объемные доли газов (с расчетом) – 1.5 балла | |
| 3. | Примеры газов-восстановителей – по 0.5 балла | 2 балла |
| | Уравнения реакций – по 0.5 балла | |

ИТОГО: 10 баллов