

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Теоретические основы химической технологии

Задание 1

Путем разложения углекислого кальция CaCO_3 , содержащегося в известняке получают известь CaO . Определить какое максимальное количество CaO можно получить из 750 кг известняка, если в нем содержится 75 % CaCO_3 . Написать уравнение реакции.

Решение:

1. Найдем количество CaCO_3 в известняке

$$x = \frac{m_{\text{изв}} \cdot a}{100} = \frac{750 \cdot 75}{100} = 562.5 \text{ кг}$$

где а - массовая доля CaCO_3

2. Напишем химическую реакцию и определим молекулярные массы CaCO_3 и CaO



$$M_r(\text{CaCO}_3) = 40 + 12 + 16 \cdot 3 = 100$$

$$M_r(\text{CaO}) = 40 + 16 = 56$$

3. Определив максимальное количество CaO .

В 100 кг CaCO_3 – 56 кг CaO

В 562,5 кг – х кг

$$x = \frac{562,5 \cdot 56}{100} = 315 \text{ кг}$$

Ответ: максимально можно получить 315 кг извести

Задание 2

Для получения формальдегида HCHO проводят окисление метилового спирта CH_3OH на серебряном катализаторе: $\text{CH}_3\text{OH} + 0,5 \text{O}_2 = \text{HCHO} + \text{H}_2\text{O}$. Кроме этой основной реакции протекает ряд побочных реакций, в результате которых

образуются муравьиная кислота HCOOH, оксид углерода, углекислый газ CO₂, метан CH₄ и другие продукты.

На окисление подали 6,5 кмоль метилового спирта. Из них образовалось 3,9 кмоль формальдегида, 1,8 кмоль побочных продуктов (суммарного) и остались не окисленными 0,8 кмоль метилового спирта. Найти степень превращения метилового спирта CH₃OH, выход формальдегида $\Phi_{\text{CH}_3\text{OH}}$ и селективность процесса по формальдегиду $\Phi_{\text{НСОН}}$.

Решение:

1. Определим сколько кмоль спирта вступило в реакцию, для этого количество непрореагировавшего спирта необходимо вычесть из его начального количества:

$$n_{\text{вст}} = 6,5 - 0,8 = 5,7 \text{ кмоль}$$

2. Рассчитаем степень превращения метилового спирта:

$$x = \frac{n_{\text{вст}}}{n_{\text{исх}}} = \frac{5,7}{6,5} = 0,877 \text{ или } 87,7\%$$

3. Определим выход формальдегида:

Максимальное количество формальдегида будет получено, если весь метиловый спирт образует формальдегид, в таком случае максимально возможное количество формальдегида будет 6,5 кмоль, фактически же получено 3,9 кмоль, значит:

$$\varphi = \frac{n_{\text{прак}}}{n_{\text{теор}}} = \frac{3,9}{6,5} = 0,6 \text{ или } 60\%$$

4. Рассчитаем селективность по формальдегиду.

Общее количество полученных продуктов равно сумме количества формальдегида 3,9 кмоль и количества побочных продуктов 1,8 кмоль.

$$\Phi = \frac{n_{\Phi}}{n_{\text{мак}}} = \frac{3,9}{3,9 + 1,8} = 0,68$$

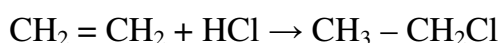
Ответ: степень превращения 87,7 %, выход – 60 %, селективность – 0,68

Задание 3

Выход этилхлорида, получаемого гидрохлорированием этилена, составляет 85 % от теоретического. Определить объем этиленовой фракции, если объемная доля этилена в нем равна 85 %, необходимой для получения 760 кг этилхлорида.

Решение:

1. Уравнение химической реакции:



$$M_r(\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}) = 64,5$$

2. Определим теоретическую массу этилхлорида с учетом выхода продукта:

$$m_{\text{теор}} = \frac{m_{\text{пр}} * 100\%}{\omega_{\text{вых}}} = \frac{760 * 100}{85} = 894,12 \text{ кг}$$

3. Определим объем этилена по уравнению

$$V = \frac{m_{\text{теор}} * V_m}{M_r} = \frac{894,12 * 22,4}{64,5} = 310,52 \text{ м}^3$$

4. Определить объем этиленовой фракции

$$V_{\text{фракц}} = \frac{V * 100\%}{\varphi} = \frac{310,52 * 100}{85} = 365,3 \text{ м}^3$$

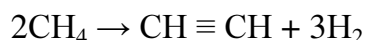
Ответ: потребуется 365,3 м³ этиленовой фракции

Задание 4

Пиролизу подвергается 1400 м³ метана. Степень конверсии метана равна 65 %, масса ацетилена в продуктах пиролиза составляет 450 кг. Определить селективность (φ) процесса.

Решение:

1. уравнение химической реакции:



2. Определим объем превращенного метана:

$$V_{\text{прев}} = V_{\text{пост}} * x = 1400 * 0,65 = 910 \text{ м}^3$$

где x - степень превращения

3. Определим массу ацетилену по реакции:

$$m_{C_2H_2} = \frac{M_{rC_2H_2} * V_{прев}}{2 * V_m} = \frac{26 * 910}{2 * 22.4} = 528 \text{ кг}$$

4. Определяем селективность процесса:

$$\Phi = \frac{n_{\Phi}}{n_{\max}} = \frac{450}{528} = 0,852$$

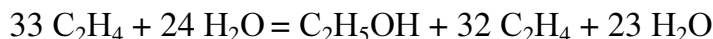
Ответ: селективность по ацетилену 0,852

Задание 5

Определить степень конверсии реагентов, если уравнение процесса будет следующее: $33 C_2H_4 + 24 H_2O = C_2H_5OH + 32 C_2H_4 + 23 H_2O$

Решение:

1. Определяем количество превращенных реагентов



превращению подверглось 1 моль этилена (33 – 32), 1 моль воды (24 – 23)

2. Определяем степень конверсии реагентов:

$$x(\text{этилена}) = \frac{n_{\text{вст}}}{n_{\text{иск}}} = \frac{1}{33} = 0,0303$$

$$x(\text{воды}) = \frac{n_{\text{вст}}}{n_{\text{иск}}} = \frac{1}{24} = 0,04167$$

Ответ: 3,03 % по этилену; 4,17 % по воде

Задание 6

Определить во сколько раз изменится скорость реакции: $2NO + 2H_2 = N_2 + H_2O$, если давление будет увеличено в 6 раз.

Решение:

Для реакции между газами произведение концентрации можно заменить произведением парциальных давлений, т.к. давление газа пропорционально его концентрации. Следовательно, уравнение можно представить в виде:

$$V = K^1 \cdot P_A^n \cdot P_B^m$$

1. Для реакции $2\text{NO} + 2\text{H}_2 = \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ скорость определяется уравнением:

$$V_1 = K^1 \cdot P_{\text{NO}}^2 \cdot P_{\text{H}_2}^2 \text{ – до увеличения давления}$$

$$V_2 = K^1 \cdot (6P_{\text{NO}})^2 \cdot (6P_{\text{H}_2})^2 \text{ – после увеличения давления}$$

2. Определим изменение скорости реакции:

$$V_2/V_1 = 6^2 \cdot 6^2 = 6^4 = 1296 \text{ раз}$$

Ответ: скорость реакции увеличится в 1296 раз

Задание 7

В процессе пиролиза метана для получения ацетилена по реакции: $2\text{CH}_4 = \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$ в печь пиролиза подано 4500 м^3 метана. Газ пиролиза содержит 1600 кг метана и 1200 кг ацетилена. Определить степень конверсии метана и выход ацетилена.

Решение:

1. Переведем м^3 в кг:

$$m(\text{CH}_4) = 4500 \cdot 16 / 22,4 = 3214,3 \text{ кг}$$

2. Определим степень конверсии метана:

$$x = \frac{n_{\text{вст}}}{n_{\text{иск}}} = \frac{3214,3 - 1600}{3214,3} = 0,5022 \text{ или } 50,22\%$$

3. Определим максимальное количество ацетилена по уравнению реакции

$$m_{\text{C}_2\text{H}_2} = \frac{M_{\text{rC}_2\text{H}_2} \cdot m_{\text{CH}_4}}{2 \cdot M_{\text{rCH}_4}} = \frac{26 \cdot 3214,3}{2 \cdot 16} = 2611,7 \text{ кг}$$

4. Определяем выход ацетилена:

$$\varphi = \frac{n_{\text{прак}}}{n_{\text{теор}}} = \frac{1200}{2611,7} = 0,459 \text{ или } 45,9\%$$

Ответ: 45,9 %

Задание 8

При некоторой температуре реакция омыления эфира $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{NaOH} = \text{CH}_3\text{COONa} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ заканчивается за 6 часов. Рассчитать, сколько потребуется времени для протекания реакции, если реакционную смесь разбавить водой в 4 раза.

Решение:

1. Определяем скорость химической реакции:

$$V = K \cdot C_A^n \cdot C_B^m$$

$$V_{\text{ОМЫЛ}}^1 = K \cdot C_{\text{ЭФ}} \cdot C_{\text{ИЗ}} \text{ -до разбавления}$$

$$V_{\text{ОМЫЛ}}^2 = K \cdot \frac{1}{4} C_{\text{ЭФ}} \cdot \frac{1}{4} C_{\text{ИЗ}} \text{ - при разбавлении в 4 раза}$$

$$\frac{V_{\text{ОМЫЛ}}^2}{V_{\text{ОМЫЛ}}^1} = \frac{K \cdot \frac{1}{4} C_{\text{ЭФ}} \cdot \frac{1}{4} C_{\text{ИЗ}}}{K \cdot C_{\text{ЭФ}} \cdot C_{\text{ИЗ}}} = \frac{1}{8}$$

скорость реакции уменьшится в 8 раз, следовательно, время реакции увеличится в 8 раз, тогда реакция завершится через $6 \cdot 8 = 48$ часов

Ответ: 48 часов

Задание 9

Из реакций были определены две константы скорости при температуре 465 °С $K_1=0,0074$; при температуре 515°С $K_1 = 0,0098$. Определить константу K_3 , скорость этой реакции при температуре 536°С.

Решение:

1. Находим из уравнения Аррениуса энергию активации $E_{\text{акт}}$

$$2,303lg \cdot \frac{K_{T2}}{K_{T1}} = \frac{E_{\text{акт}}}{R} \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$2,303lg \cdot \frac{0,0098}{0,0074} = \frac{E_{акт}}{8,314} \left(\frac{1}{465 + 273} - \frac{1}{515 + 273} \right)$$

$$0,281 * 8,314 = E_{акт} (0,001355 - 0,001269)$$

$$E_{акт} = \frac{2,3362}{0,000086} = 27165,12 \frac{Дж}{моль} = 27,2 \frac{кДж}{моль}$$

2. Рассчитаем K_3 при соответствующей температуре

$$2,303lg \cdot \frac{K_{ТЗ}}{0,0074} = \frac{27165,12}{8,314} \left(\frac{1}{465 + 273} - \frac{1}{536 + 273} \right)$$

$$lg \cdot \frac{K_{ТЗ}}{0,0074} = 1418,76 * (0,001355 - 0,001236) = 0,1688$$

$$\frac{K_{ТЗ}}{0,0074} = 10^{0,1688} = 1,475$$

$$K_{ТЗ} = 1,475 * 0,0074 = 0,0109$$

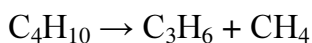
Ответ: 27,2 кДж/моль; 0,0109

Задание 10

Определить объем пропилена, образующийся при пиролизе 6000 кг бутана, если степень конверсии бутана 74 %, а селективность пропилена 36 %.

Решение:

1. Напишем уравнение химической реакции и определим массу вступивших веществ:



$$m_{вст} = x \cdot m_{исх} = 6000 * 0,74 = 4440 \text{ кг}$$

где x- степень конверсии

2. По уравнению вычислим теоретический объем пропилена

$$V_{C_3H_6} = \frac{V_m \cdot m_{вст}}{M_{rC_4H_{10}}} = \frac{22,4 * 4440}{58} = 1714,6 \text{ м}^3$$

3. Определим объем пропилена с учетом селективности:

$$V_{прак} = V_{теор} * \varphi = 1714,6 * 0,36 = 617,31 \text{ м}^3$$

Ответ: 617,3 м³