

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

ОБУЧАЮЩИЕ ЗАДАЧИ

Задача № 1. Вычислить тепловой эффект реакции: $2\text{Mg} + \text{CO}_2 = 2\text{MgO} + \text{C}$, если известно, что $\Delta H_{\text{обр}} \text{MgO} = - 610,3 \text{ кДж/моль}$ и $\Delta H_{\text{обр}} \text{CO} = - 393 \text{ кДж/моль}$.

Решение:

Для расчета теплового эффекта нужно применить первое следствие из закона Гесса:

$$\Delta H = \Sigma(n\Delta H_{\text{обр}}^{\circ}) \text{ конеч.} - \Sigma(m \Delta H_{\text{обр}}^{\circ}) \text{ исх.}$$

$$\Delta H = (2 \Delta H_{\text{обр}}^{\circ} \text{MgO} + \Delta H_{\text{обр}}^{\circ} \text{C}) - (2 \Delta H_{\text{обр}}^{\circ} \text{Mg} + \Delta H_{\text{обр}}^{\circ} \text{CO}_2).$$

Поскольку $\Delta H_{\text{обр}}^{\circ} \text{Mg}$ и $\Delta H_{\text{обр}}^{\circ} \text{C}$ равны 0, то $\Delta H = 2 \Delta H_{\text{обр}}^{\circ} \text{MgO} - \Delta H_{\text{обр}}^{\circ} \text{CO}_2$

$$\Delta H = 2 \cdot (- 610,3 \text{ кДж/моль}) - (- 393 \text{ кДж/моль}) = - 827,6 \text{ кДж/моль}$$

Ответ: Тепловой эффект реакции равен - 827,6 кДж/моль.

Задача № 2. Среднесуточная потребность в белках, жирах, углеводах для студентов – женщин: 96 г, 90 г и 383 г соответственно. Какова суточная потребность в энергии у женщин-студентов? (теплоты сгорания для жиров, белков, углеводов в организме соответственно равны: 38 кДж/г, 17 кДж/г, 18 кДж/г).

Решение:

1. Рассчитаем потребность в энергии для окисления белков в организме:

$$\Delta H = 17 \text{ кДж/г} \cdot 96 \text{ г} = 1632 \text{ кДж}$$

2. Рассчитаем потребность энергии для окисления углеводов:

$$\Delta H = 18 \text{ кДж/г} \cdot 383 \text{ г} = 6894 \text{ кДж}$$

3. Рассчитаем потребность в энергии для окисления жиров:

$$\Delta H = 38 \text{ кДж/г} \cdot 90 \text{ г} = 3420 \text{ кДж}$$

4. Рассчитаем суточную потребность детей в энергии:

$$\Delta H = 1632 \text{ кДж} + 6894 \text{ кДж} + 3420 \text{ кДж} = 11946 \text{ кДж}$$

Ответ: суточная потребность в энергии у женщин-студентов составляет 11946 кДж

Задача № 3. В 100 г сметаны содержится 15 г жиров, 2,9 г белка, 3 г углеводов. Вычислите калорийность 250 г сметаны (теплоты сгорания жиров, белков, углеводов в организме соответственно равны: 38 кДж/г, 17 кДж/г, 18 кДж/г).

Решение. Калорийность продукта (в кДж) будет равна сумме теплот сгорания в условиях организма белков, жиров, углеводов:

$$\Delta H_{\text{р-ции}} = (\Delta H^{\circ}_{\text{сгор}} (\text{ж}) \cdot m (\text{ж})) + (\Delta H^{\circ}_{\text{сгор}} (\text{б}) \cdot m(\text{б})) + (\Delta H^{\circ}_{\text{сгор}} (\text{у}) \cdot m (\text{у}))$$

Калорийность 100г сметаны:

$$\Delta H = (38 \cdot 15) + (17 \cdot 2,9) + (18 \cdot 3) = 673,3 \text{ кДж}$$

Калорийность 250 г сметаны:

$$x = \frac{250\text{г} \cdot 673,3\text{кДж}}{100\text{г}} = 1683,25\text{кДж}$$

100г - 673,3 кДж

250г - x кДж

Ответ: калорийность 250 г сметаны равна 1683,25 кДж

Задача № 4. Рассчитайте изменение свободной энергии Гиббса для самопроизвольного процесса окисления глюкозы: $C_6H_{12}O_6 (тв) + 6O_2 (г) = 6CO_2 (г) + 6H_2O (ж)$ по следующим данным: $\Delta H_{обр}^\circ C_6H_{12}O_6 = -1274,4$ кДж/моль, $\Delta H_{обр}^\circ CO_2 = -393,5$ кДж/моль, $\Delta H_{обр}^\circ H_2O = -285,8$ кДж/моль. Изменение энтропии всей реагирующей системы $\Delta S_{сист} = 0,259$ кДж/моль · К, $T = 298$ К

Решение:

Для расчета свободной энергии Гиббса необходимо применить уравнение: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

1. Рассчитаем полное изменение энтальпии реагирующей системы, пользуясь уравнением:

$$\Delta H = \Sigma(n\Delta H_{обр}^\circ)_{конеч.} - \Sigma(m\Delta H_{обр}^\circ)_{исх.}$$

$$\Delta H = 6\Delta H_{обр}^\circ CO_2 + 6\Delta H_{обр}^\circ H_2O - \Delta H_{обр}^\circ C_6H_{12}O_6$$

$$\Delta H = 6 \cdot (-393,5) + 6 \cdot (-285,8) - (-1274,4) = -236,1 - 1714,8 + 1274,4 = -2801,4 \text{ кДж/моль}$$

2. Рассчитаем изменение свободной энергии Гиббса:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S = -2801,4 - (298 \cdot 0,259) = -2801,4 - 77,2 = -2878,6 \text{ кДж/моль}$$

Ответ: Изменение свободной энергии Гиббса равно -2878,6 кДж/моль, что свидетельствует о самопроизвольно протекающем процессе.

Задача № 5. Вычислите изменение энтропии при испарении 250 г воды при 25°C, если молярная теплота испарения воды при этой температуре равна 44,08 кДж/моль.

Решение:

Изменение энтропии при фазовых переходах рассчитывается по формуле:

$$\Delta S_{ф.п.} = \Delta H_{ф.п.} / T.$$

1. Рассчитаем сколько моль воды содержится в 250 г воды: $M(H_2O) = 18$ г/моль

$$n(H_2O) = 250 \text{ г} : 18 \text{ г/моль} = 13,9 \text{ моль}$$

2. Определим абсолютную температуру испарения: $T = 273 + 25 = 298$ К

3. Рассчитаем теплоту испарения 13,9 моль воды:

$$\Delta H = 44,08 \text{ кДж/моль} \cdot 13,9 \text{ моль} = 612,712 \text{ кДж}$$

4. Вычислим изменение энтропии: $\Delta S_{ф.п.} = 612,712 : 298 = 2,05$ кДж/моль · К

Ответ: Изменение энтропии при испарении 250 г воды при 25°C равно 2,05 кДж/моль.

Задача № 6. Определите, может ли следующая реакция протекать самопроизвольно при постоянной температуре: $2C(\text{графит}) + 3H_2(г) = C_2H_6(г)$, если $S^\circ_{(графит)} = 5,74$ Дж/моль·К; $S^\circ_{H_2} = 130,6$ Дж/моль·К; $S^\circ_{C_2H_6} = 229,5$ Дж/моль·К.

Решение: Изменение энтропии химического процесса определяем по формуле:

$$\Delta S_{реак.} = S^\circ_{C_2H_6} - (2S^\circ_{C_{графит}} + 3S^\circ_{H_2})$$

$$\Delta S_{реак.} = 229,5 - (2 \cdot 5,74 + 3 \cdot 130,6) = 229,5 - 403,28 = -173,78 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}.$$

Ответ: Данная реакция не может протекать самопроизвольно, т.к. $\Delta S < 0$.

Задача № 7. Определите, возможна ли следующая реакция:

$SiO_2(к) + 2NaOH(р-р) = Na_2SiO_3(к) + H_2O(ж)$, если $\Delta G^\circ_{SiO_2} = -803,75$ кДж/моль;

$\Delta G^\circ_{Na_2SiO_3} = -1427,8$ кДж/моль; $\Delta G^\circ_{NaOH} = -419,5$ кДж/моль;

$\Delta G^\circ_{H_2O} = -237,5$ кДж/моль? Можно ли выпаривать щелочь в стеклянном сосуде?

Решение: Для химических реакций изменение энергии Гиббса рассчитываем по уравнению:

$$\Delta G_{\text{реак.}} = \sum \Delta G_{\text{конеч.}} - \sum \Delta G_{\text{нач.}}^{\circ}$$

$$\Delta G_{\text{реак.}} = (-1427,8 - 237,5) - (-803,75 - 2 \cdot 419,5) = -22,55 \text{ кДж/моль}$$

Ответ: $\Delta G = -22,55$ кДж/моль, т.е. $\Delta G < 0$, следовательно, данная реакция возможна.

Щелочь нельзя выпаривать в стеклянном сосуде, т.к. в состав стекла входит SiO_2 .

ЗАДАЧИ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Задача № 1. Вычислите теплоту образования аммиака, исходя из реакции



Теплота образования $\text{H}_2\text{O}(\text{ж}) = -286,2$ кДж/моль.

Задача № 2. Вычислите тепловой эффект биохимического процесса брожения глюкозы:

$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = 2\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{ж}) + 2\text{CO}_2(\text{г})$, если теплота сгорания глюкозы равна -2816 кДж/моль, а теплота сгорания этилового спирта равна -1366 кДж/моль.

Задача № 3. Вычислите тепловой эффект реакции: $\text{C}_2\text{H}_{6(\text{г})} + \text{H}_2 = 2\text{CH}_4$, если теплоты сгорания этана, метана и водорода соответственно равны (кДж/моль): $-1559,88$; $-890,31$; $-285,84$.

Задача № 4. Среднесуточная потребность в белках, жирах и углеводах для детей от 1 года до 1,5 лет соответственно составляет: 48 г; 48 г; 160 г. Какая суточная потребность для детей этого возраста в энергии? (Теплота сгорания углеводов и белков в организме для 18 кДж/г, 17 кДж/г, жиров 38 кДж/г)

Задача № 5. Для студентов мужчин потребность в белках 113 г, жирах 106 г, углеводах 451 г. Теплота сгорания белков 17 кДж/г, жиров 38 кДж/г, углеводов 18 кДж/г. Рассчитайте суточная потребность в энергии для студентов мужчин.

Задача № 6. В 100 г вареной колбасы в среднем содержится 25 г белков, 20 г жиров, 3,8 г углеводов. Теплота сгорания белков 17 кДж/г, жиров 38 кДж/г, углеводов 18 кДж/г. Рассчитайте калорийность порции колбасы массой 50 г.

Задача № 7. В 100 г трески в среднем содержится 11,6 г белков, и 0,3 г жиров. Рассчитайте калорийность порции трески массой 220 г, учитывая, что теплота сгорания для белков 17 кДж/г, жиров 38 кДж/г, углеводов 18 кДж/г.