

РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ “ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕРМОХИМИЯ”

1. Рассчитайте ΔH°_{298} химической реакции $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$

по значениям стандартных теплот образования веществ (ΔH°_f , см. [таблицу 1 приложения](#)).
Укажите тип реакции (экзо- или эндотермическая).

Решение

По данным [таблицы 1 приложения](#), стандартные [энтальпии образования](#) $\text{Na}_2\text{O}(\text{т})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$ и $\text{NaOH}(\text{т})$ при 298К равны соответственно -416 , -286 и $-427,8$ кДж/моль. Используя [следствие из закона Гесса](#), рассчитываем ΔH°_{298} химической реакции:

$$\Delta H^{\circ}_{298} = 2 \Delta H^{\circ}_f(\text{NaOH}, \text{т}) - [\Delta H^{\circ}_f(\text{Na}_2\text{O}, \text{т}) + \Delta H^{\circ}_f(\text{H}_2\text{O}, \text{ж})] = 2 \cdot (-427,8) - [-416 + (-286)] = -153,6 \text{ кДж.}$$

Ответ: $-153,6$ кДж.

2. Определите, как изменяется энтропия при протекании химического процесса $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$.

Решение.

В данном процессе при взаимодействии 1 моль кристаллического и 1 моль жидкого вещества образуется 2 моль кристаллического вещества. Следовательно, система переходит в состояние с меньшим беспорядком, и [энтропия](#) уменьшается ($\Delta S < 0$).

Ответ: уменьшается.

3. Рассчитайте величину ΔS°_{298} для процесса $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$, используя значения стандартных [энтропий](#) веществ (см. [таблицу 1 приложения](#)).

Решение.

Используя [справочные данные](#): $S^{\circ}(\text{NaOH}, \text{т}) = 64,16$ Дж/(моль·К), $S^{\circ}(\text{Na}_2\text{O}, \text{т}) = 75,5$ Дж/(моль·К), $S^{\circ}(\text{H}_2\text{O}, \text{ж}) = 70$ Дж/(моль·К), рассчитываем ΔS°_{298} :

$$\Delta S^{\circ}_{298} = 2 \cdot S^{\circ}(\text{NaOH}, \text{т}) - [S^{\circ}(\text{Na}_2\text{O}, \text{т}) + S^{\circ}(\text{H}_2\text{O}, \text{ж})] = 2 \cdot 64,16 - (75,5 + 70) = -17,18 \text{ Дж/К.}$$

Ответ: $-17,18$ Дж/К.

4. Рассчитайте изменение энергии Гиббса (ΔG°_{298}) для процесса $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$ по значениям стандартных энергий Гиббса образования веществ (см. [таблицу 1 приложения](#)). Возможно ли самопроизвольное протекание реакции при стандартных условиях и 298К ?

Решение:

При [стандартных условиях](#) и $T=298\text{К}$ ΔG°_{298} можно рассчитать как разность суммарной [энергии Гиббса](#) образования продуктов реакции и суммарной энергии Гиббса

образования исходных веществ. Необходимые [справочные данные](#): $\Delta G^{\circ}_f(\text{NaOH}, \text{т}) = -381,1$ кДж/моль, $\Delta G^{\circ}_f(\text{Na}_2\text{O}) = -378$ кДж/моль, $\Delta G^{\circ}_f(\text{H}_2\text{O}, \text{ж}) = -237$ кДж/моль.

$$\Delta G^{\circ}_{298} = 2 \cdot \Delta G^{\circ}_f(\text{NaOH}, \text{т}) - [\Delta G^{\circ}_f(\text{Na}_2\text{O}, \text{т}) + \Delta G^{\circ}_f(\text{H}_2\text{O}, \text{ж})] = 2 \cdot (-381,1) - [-378 + (-237)] = -147,2 \text{ кДж.}$$

Значение ΔG°_{298} отрицательно, поэтому [самопроизвольное протекание реакции](#) возможно.

Ответ: $-147,2$ кДж; возможно.

5. Определите, возможно ли при 95°C самопроизвольное протекание процесса $\text{Na}_2\text{O}(\text{т}) + \text{H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow 2\text{NaOH}(\text{т})$. Ответ обоснуйте, рассчитав величину изменения энергии Гиббса при данной температуре.

Решение:

Переведем температуру в шкалу Кельвина: $T=273+95=368\text{К}$. Для расчета ΔG°_{368} воспользуемся уравнением:

$$\Delta G^\circ_{368} = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ$$

Воспользуемся изменениями [энтальпии](#) и [энтропии](#), рассчитанными для данного процесса в предыдущих задачах. При этом величину изменения энтропии необходимо перевести из Дж/К в кДж/К, поскольку значения ΔH и ΔG обычно измеряют в кДж.

$$-17,18 \text{ Дж/К} = -0,01718 \text{ кДж/К}$$

$$\Delta G^\circ_{368} = -153,6 - 368 \cdot (-0,01718) = -147,3 \text{ кДж.}$$

Таким образом, $\Delta G^\circ_{368} < 0$, поэтому [самопроизвольное протекание](#) данного процесса при 95°C возможно.

Ответ: -147,3 кДж; возможно.

6. Составьте термохимическое уравнение реакции взаимодействия $\text{Na}_2\text{O}(\text{т})$ и $\text{H}_2\text{O}(\text{ж})$, если при этом образуется 1 моль $\text{NaOH}(\text{т})$. В ответе приведите количество теплоты, указанное в термохимическом уравнении.

Решение:

Коэффициенты в [термохимическом уравнении](#) имеют смысл молей. Поэтому допустимы дробные значения коэффициентов. 1 моль гидроксида натрия может образоваться из 1/2 моля оксида натрия и 1/2 моля воды. В задании 1 (см. выше) рассчитано, что при образовании 2 моль NaOH в данной реакции выделяется 153,6 кДж теплоты ($\Delta H^\circ_{298} = -153,6 \text{ кДж}$). Поэтому при образовании 1 моль NaOH количество выделившейся теплоты будет в 2 раза меньше, т.е. 76,8 кДж. В [термохимическом уравнении](#) количество выделяющейся теплоты указывают со знаком “плюс”: $1/2 \text{ Na}_2\text{O}(\text{т}) + 1/2 \text{ H}_2\text{O}(\text{ж}) \rightarrow \text{NaOH}(\text{т}) + 76,8 \text{ кДж}$.

Ответ: +76,8 кДж.