

## РЕШЕНИЕ ТИПОВЫХ ЗАДАЧ ПО ТЕМЕ “ХИМИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕРМОХИМИЯ” (для нехимических специальностей)

1. Рассчитайте  $\Delta H^{\circ}_{298}$  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 ( $\Delta H^{\circ}_f$ , см. [таблицу 1 приложения](#)). Укажите типреакци (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  $\Delta H^{\circ}_{298}$  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  $\Delta S^{\circ}_{298}$  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  $\Delta S^{\circ}_{298}$ :

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

Ответ:  $-17,18$  Дж/К.

4. Рассчитайте изменение энергии Гиббса ( $\Delta G^{\circ}_{298}$ ) 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  $T=298\text{K}$   $\Delta G^{\circ}_{298}$  можно рассчитать как разность суммарной энергии Гиббса образования продуктов реакции и суммарной энергии Гиббса образования исходных веществ. Необходимые справочные данные:  $\Delta G^{\circ}_f(\text{NaOH,т}) = -381,1 \text{ кДж/моль}$ ,  $\Delta G^{\circ}_f(\text{Na}_2\text{O}) = -378 \text{ кДж/моль}$ ,  $\Delta G^{\circ}_f(\text{H}_2\text{O,ж}) = -237 \text{ кДж/моль}$ .

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

Значение  $\Delta G^{\circ}_{298}$  отрицательно, поэтому самопроизвольное протекание реакции возможно.

Ответ:  $-147,2 \text{ кДж}$ ; возможно.

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

Решение:

Переведем температуру в шкалу Кельвина:  $T=273+95=368\text{K}$ . Для расчета  $\Delta G^{\circ}_{368}$  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  $\Delta H$  и  $\Delta G$  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  $95^{\circ}\text{C}$  возможно.

Ответ:  $-147,3 \text{ кДж}$ ; возможно.

6. Составьте термохимическое уравнение реакции взаимодействия  $\text{Na}_2\text{O(т)}$  и  $\text{H}_2\text{O(ж)}$ , если при этом образуется 1 моль  $\text{NaOH(т)}$ . 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  $\text{NaOH}$  в данной реакции выделяется 153,6 кДж теплоты ( $\Delta H^{\circ}_{298} = -153,6 \text{ кДж}$ ). Поэтому при образовании 1 моль  $\text{NaOH}$  количество выделившейся теплоты будет в 2 раза меньше, т.е. 76,8 кДж. В термохимическом уравнении количество выделяющейся теплоты указывают со знаком “плюс”:  $1/2 \text{ Na}_2\text{O(т)} + 1/2 \text{ H}_2\text{O(ж)} \rightarrow \text{NaOH(т)} + 76,8 \text{ кДж}$ .

Ответ:  $+76,8 \text{ кДж}$ .