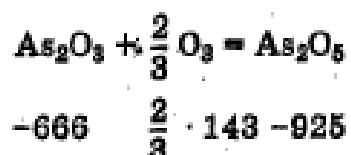


По имеющимся в справочниках теплотам образования веществ можно рассчитать тепловой эффект для любого написанного уравнения реакции, а если тепловой эффект реакции известен, то можно рассчитать теплоту образования одного из веществ реакции.

**Пример 1.** Рассчитайте тепловой эффект реакции окисления моля оксида мышьяка(III) озонем.

**Решение.** Напишем уравнение реакции. Под каждым из веществ выпишем из табл. 7 Приложения теплоты образования, умноженные на стехиометрические коэффициенты:



$$\Delta H_p^\circ = -925 - \left( \frac{2}{3} \cdot 143 - 666 \right) = -354 \text{ кДж/моль.}$$

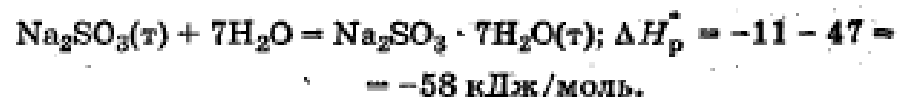
**Пример 2.** Вычислите теплоту реакции перевода безводного сульфата натрия в  $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , если теплоты растворения безводного и семиводного сульфитов натрия соответственно равны  $-11$  и  $+47$  кДж/моль.

**Решение.**



Здесь аq — большое количество воды.

Разность этих двух уравнений и тепловых эффектов будет описывать превращение безводной соли в кристаллогидрат:



Пример 3. Вычислите теплоту образования этана, если известна теплота его сгорания:  $\Delta H_{\text{сгор}}^{\circ} = -1560$  кДж/моль.

Решение. Напишем уравнение реакции таким образом, чтобы перед формулой этана стехиометрический коэффициент был равен 1:



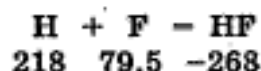
$$\Delta H_{\text{сгр}}^{\circ} \quad 0 \quad -393 \cdot 2 \quad -286 \cdot 3$$

$$\Delta H_{\text{сгор}}^{\circ} = \Delta H_{\text{р}}^{\circ} = (-286) \cdot 3 + (-393) \cdot 2 - \Delta H_{\text{сгр}}^{\circ} = -1560 \text{ кДж/моль,}$$

$$\Delta H_{\text{сгр}}^{\circ} = 1560 - 286 \cdot 3 - 393 \cdot 2 = -84 \text{ кДж/моль.}$$

**Пример 4.** Вычислите в кДж/моль энергию связи молекул HF.

**Решение.** Напишем уравнение реакции образования HF из атомов:



$$\Delta H^{\circ}_p = -268 - 79,5 - 218 = -565,5 \text{ кДж/моль,}$$

$$E_{\text{св}} = 565,5 \text{ кДж/моль.}$$

В ряде случаев, используя закон Гесса, можно рассчитать тепловые эффекты таких реакций, которые в принципе провести нельзя. Так, при обсуждении поведения веществ в растворах пользуются величинами энергий (теплот) гидратации. *Энергия гидратации* — это энергия, которая выделяется при переходе, например, 1 моль ионов натрия и 1 моль хлорид-ионов из газа в такое большое количество воды, что дальнейшее разбавление не создает теплового эффекта. Для расчета энергии гидратации строят так называемый *цикл Борна — Габера*, в котором отражены различные пути проведения этого перехода. Один путь — это прямой переход газообразных ионов в гидратированное состояние:



Второй путь необходимо построить из таких процессов, тепловые эффекты которых известны. Первый и второй пути создают замкнутый цикл, сумма тепловых эффектов для которого, естественно, равна нулю. В цикле Борна — Габера тепловые эффекты можно изображать стрелками, направление которых соответствует определениям тепловых эффектов. Например, растворение 1 моль хлорида натрия можно описать схемой



**Пример 5.** Рассчитайте энергию гидратации 1 моль ионов  $\text{Na}^+$  и 1 моль ионов  $\text{Cl}^-$ .

**Решение.** Для того чтобы найти тепловой эффект реакции



построим цикл Борна — Габера, в котором отобразим теплоту гидратации и другой путь от  $\text{Na}^+(\text{г})$  и  $\text{Cl}^-(\text{г})$  до  $\text{Na}^+(\text{р})$  и  $\text{Cl}^-(\text{р})$ . Все константы выражены в кДж/моль.

$\text{Na}^+(\text{г}) + \text{Cl}^-(\text{г})$		
$\text{Na}^+(\text{г}) + \text{Cl}^-(\text{г})$	↑	$\Delta H_{\text{св}}^\circ = -348$
$\text{Na}(\text{г}) + \text{Cl}(\text{г})$	↑	$\Delta H_{\text{ин}}^\circ = 496$
$\text{Na}(\text{г}) + \frac{1}{2} \text{Cl}_2(\text{г})$	↑	$\frac{1}{2} \Delta H_{\text{дисс}}^\circ = 122$
$\text{Na}(\text{г}) + \frac{1}{2} \text{Cl}_2(\text{г})$	↓	$\Delta H_{\text{ат}}^\circ = 108$
$\text{NaCl}(\text{г})$	↓	$\Delta H_{\text{обр}}^\circ = -411$
$\text{Na}^+(\text{р}) + \text{Cl}^-(\text{р})$	↓	$\Delta H_{\text{раста}}^\circ = 4$

$\Delta H_{\text{гидр}}^\circ$

Выбираем направление перечисления тепловых эффектов по часовой стрелке и составляем сумму:

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{гидр}}^\circ - \Delta H_{\text{раста}}^\circ - \Delta H_{\text{обр}}^\circ + \Delta H_{\text{ат}}^\circ + \\ + \frac{1}{2} \Delta H_{\text{дисс}}^\circ + \Delta H_{\text{ин}}^\circ + \Delta H_{\text{св}}^\circ &= 0, \\ \Delta H_{\text{гидр}}^\circ - \Delta H_{\text{раста}}^\circ + \Delta H_{\text{обр}}^\circ - \Delta H_{\text{ат}}^\circ - \\ - \frac{1}{2} \Delta H_{\text{дисс}}^\circ - \Delta H_{\text{ин}}^\circ - \Delta H_{\text{св}}^\circ & \end{aligned}$$

$$\Delta H_{\text{гидр}}^\circ = 4 - 411 - 108 + 348 - 496 - 122 = -785 \text{ кДж/моль.}$$