

# Калориметрия 1

9 апреля 2021 г.

## 1 Теория

### 1.1 Теплоёмкость калориметра

В расчётах можно принять теплоёмкость калориметра равной нулю, чтобы упростить вычисления, однако это скажется на точности результата, поэтому рассмотрим, как её можно учесть.

Теплоёмкость калориметра  $C$  можно измерить, смешав две порции воды массами  $m_1$  и  $m_2$  при температурах  $T_1$  и  $T_2$  соответственно и измерив конечную температуру  $T$ . Комнатная температура составляет  $T_0$ .

Уравнение теплового баланса (сумма теплот, полученных всеми компонентами системы, равна 0):

$$\sum Q_i = Q_{\text{воды1}} + Q_{\text{воды2}} + Q_{\text{калориметра}} = 0$$

$$cm_1(T - T_1) + cm_2(T - T_2) + C(T - T_0) = 0$$

$$c(m_1(T - T_1) + m_2(T - T_2)) = C(T_0 - T)$$

$$C = c \frac{m_1(T - T_1) + m_2(T - T_2)}{(T_0 - T)}$$

Скорее всего, теплоёмкость калориметра окажется заметно меньшей, чем у порций воды.

### 1.2 Расчёт удельной теплоты плавления

При температуре плавления воды, равной  $0^\circ\text{C}$ , лёд и вода могут находиться в равновесии, то есть их количество и температура не будет меняться. Чтобы измерить удельную теплоту плавления льда  $\lambda$ , нужно положить лёд массой  $m_{\text{л}}$  при температуре  $T_{\text{л}} = 0^\circ\text{C}$  в воду массой  $m_{\text{в}}$ ,

дождаться, пока система придёт в равновесие и измерить конечную массу воды и льда и температуру системы. Здесь могут быть два варианта: либо в состоянии равновесия температура равна  $0^\circ\text{C}$ , и в калориметре остался лёд, либо температура выше  $0^\circ\text{C}$ , и весь лёд растаял. Рассмотрим оба варианта:

1) Остался кусок льда массой  $m$ :

Начальная температура воды и калориметра -  $T_0$ , температура плавления -  $T_{\text{пл}}$ .

Полученные телами количества теплоты:

$$Q_{\text{воды}} = cm_{\text{в}}(T_{\text{пл}} - T_0)$$

$$Q_{\text{льда}} = \lambda(m_{\text{л}} - m)$$

$$Q_{\text{калориметра}} = C(T_{\text{пл}} - T_0)$$

Уравнение теплового баланса:

$$\sum Q_i = Q_{\text{воды}} + Q_{\text{льда}} + Q_{\text{калориметра}} = 0$$

$$cm_{\text{в}}(T_{\text{пл}} - T_0) + \lambda(m_{\text{л}} - m) + C(T_{\text{пл}} - T_0) = 0$$

$$(cm_{\text{в}} + C)(T_0 - T_{\text{пл}}) = \lambda(m_{\text{л}} - m)$$

$$\lambda = \frac{(cm_{\text{в}} + C)(T_0 - T_{\text{пл}})}{m_{\text{л}} - m}$$

2) Весь лёд растаял, конечная температура составляет  $T$ :

Полученные телами количества теплоты:

$$Q_{\text{воды}} = cm_{\text{в}}(T - T_0)$$

$$Q_{\text{льда}} = \lambda m_{\text{л}} + cm_{\text{л}}(T - T_{\text{пл}})$$

$$Q_{\text{калориметра}} = C(T - T_0)$$

Уравнение теплового баланса:

$$\sum Q_i = Q_{\text{воды}} + Q_{\text{льда}} + Q_{\text{калориметра}} = 0$$

$$cm_{\text{в}}(T - T_0) + (\lambda m_{\text{л}} + cm_{\text{л}}(T - T_{\text{пл}})) + C(T - T_0) = 0$$

$$\lambda m_{\text{л}} = cm_{\text{л}}(T_{\text{пл}} - T) + (cm_{\text{в}} + C)(T_0 - T)$$

$$\lambda = c(T_{\text{пл}} - T) + \frac{(cm_{\text{в}} + C)(T_0 - T)}{m_{\text{л}}}$$

В случае, если вы не учитывали теплоёмкость калориметра, получатся формулы выше с  $C = 0$ .

В реальности удельная теплота плавления льда составляет  $330 \text{ кДж/кг}$ .

## 2 Метод

Подогреем воду с помощью чайника, поставим калориметр на весы и, нажав кнопку тары, нальём воду в калориметр, измерив её массу и температуру. Закроем калориметр.

Поскольку теплоёмкость льда неизвестна, можно довести лёд до температуры  $0^{\circ}\text{C}$ , приведя его в равновесие с водой. Для этого положим кусочки льда в воду и подождём, пока они не начнут подтаивать - в этот момент его температура достигнет  $0^{\circ}\text{C}$ . Когда это произойдёт, взвесим лёд, положим его в калориметр и подождём, пока температура не установится - для этого нужно регулярно проводить измерения температуры содержимого калориметра. Зафиксируем конечную температуру содержимого. Обработаем полученный результат (см. теорию).