

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭНТРОПИИ ПРИ НАГРЕВАНИИ И ПЛАВЛЕНИИ ОЛОВА

Цель работы – определение изменения энтропии при фазовом переходе первого рода на примере плавления олова.

Теория метода

Фазовый переход первого рода – фазовое превращение, сопровождающееся поглощением или выделением некоторого количества скрытой теплоты и изменением удельного объема вещества. Температура перехода остается постоянной и зависит от давления. Значит, для того, чтобы расплавить некоторую массу m вещества, находящуюся при температуре плавления T_H , необходимо затратить количество теплоты

$$Q_H = \lambda \cdot m. \quad (11.1)$$

где λ – удельная теплота плавления данного вещества.

Энтропией называется функция состояния термодинамической системы, дифференциал которой dS при обратимом процессе равен отношению бесконечно малого количества теплоты δQ , сообщенного системе, к термодинамической температуре T системы

$$dS = \frac{\delta Q}{T}.$$

Энтропия всегда определяется с точностью до постоянной величины, поэтому смысл имеет лишь ее изменение при переходе системы из состояния 1 в состояние 2:

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{\delta Q}{T}. \quad (11.2)$$

Процесс плавления олова протекает при постоянной температуре $T = T_H$ и, следовательно, является изотермическим. Изменение энтропии при таком процессе можно найти по формуле (11.2):

$$\Delta S_H = \frac{1}{T_H} \cdot \int \delta Q_H = \frac{Q_H}{T_H}.$$

Из выражения (11.2) вытекает, что изменение энтропии при нагревании и плавлении олова можно определить как сумму изменений энтропии при нагревании его от начальной температуры T_K до температуры плавления T_H и при плавлении олова:

$$\Delta S = \Delta S_H + \Delta S_H = \int_{T_K}^{T_H} \frac{\delta Q_H}{T} + \frac{Q_H}{T}.$$

Учитывая, что $\delta Q_H = c \cdot m \cdot dT$, и принимая во внимание формулу (11.1), получаем

$$\Delta S = c \cdot m \cdot \int_{T_K}^{T_H} \frac{dT}{T} + \frac{\lambda \cdot m}{T_H},$$

или

$$\Delta S = c \cdot m \cdot \ln \frac{T_H}{T_K} + \frac{\lambda \cdot m}{T_H}, \quad (11.3)$$

где c и λ – удельная теплоемкость и удельная теплота плавления олова.

Формула (11.3) может быть использована для экспериментального определения изменения энтропии при нагревании и плавлении олова после измерения значения температур T_K и T_H .

Экспериментальная установка.

Для определения изменения энтропии при нагревании и плавлении олова предназначена экспериментальная установка ФПТТ-11, общий вид которой показан на рис. 11.1.

Нагревание олова происходит в тигле с помощью электрического нагревателя 3, источник питания которого размещен в блоке приборов 7. Температура олова измеряется цифровым термометром, расположенным в блоке рабочего элемента 6. Время нагрева измеряется цифровым секундомером, расположенным в блоке приборов. Секундомер приводится в действие при включении питания блока приборов.

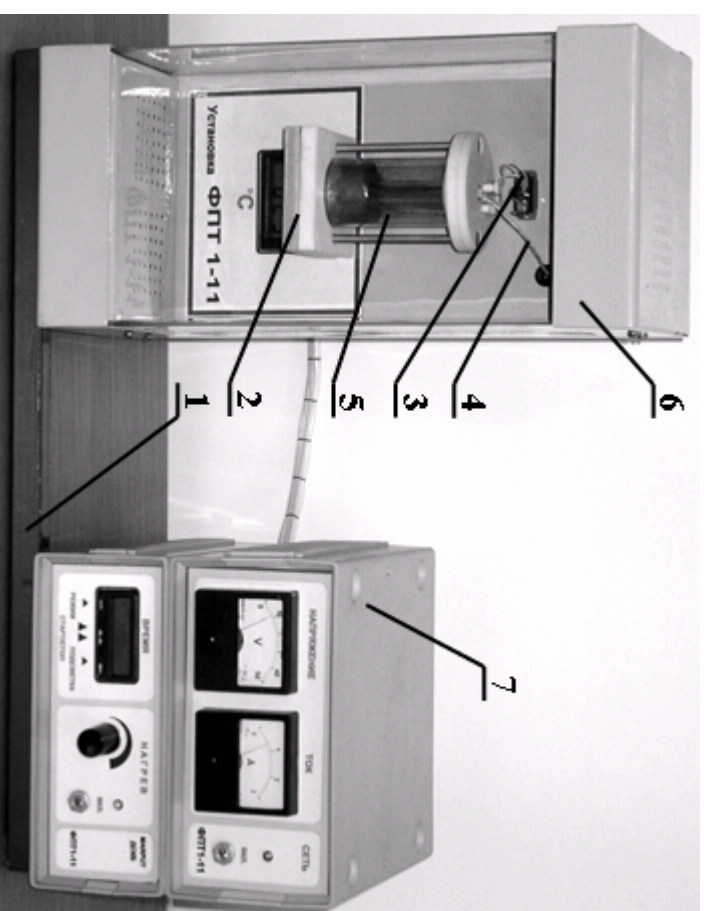


Рисунок 11.1. Общий вид экспериментальной установки ФПТТ-11:

1 – стойка, 2 – кронштейн, 3 – нагреватель, 4 – датчик температуры, 5 – тигель с исследуемым материалом, 6 – блок рабочего элемента, 7 – блок приборов

Порядок выполнения работы

1. Включить установку тумблером «Сеть» и измерить начальную темпе-

ратуру олова (T_k).

2. Одновременно включить нагреватель и запустить секундомер и через каждую минуту измерять температуру олова. Измерения проводить до тех пор, пока температура не достигнет постоянной величины (T_n), а затем начнет увеличиваться. Результаты измерений отмечать на графике $T = f(t)$.

3. Выключить нагреватель и провести аналогичные измерения при охлаждении олова, отмечая температуру на том же графике, что и в п.2.

4. Выключить установку тумблером «Сеть».

Обработка результатов измерения.

1. По двум полученным графикам определить температуры, соответствующие участкам графиков, параллельным оси времени, и по их среднему значению найти температуру плавления олова.

2. По формуле (11.3) определить изменение энтропии во время нагревания и плавления олова. Удельную теплоту плавления и удельную теплоемкость олова найти в справочниках.

3. Оценить погрешность результатов измерений.

Контрольные задания

1. Что такое фазовый переход первого рода?

2. Что такое энтропия?

3. Чему равно изменение энтропии при изотермическом и адиабатическом процессах?

4. Выведите основную расчетную формулу, используемую в данной работе.

5. В чем заключается метод определения изменения энтропии при нагревании и плавлении олова, который использован в данной работе?

6. До какой температуры нужно нагревать олово в тигле при выполнении эксперимента?

7. Какие основные источники погрешностей данного метода измерений?