

О ТЕПЛОЁМКОСТИ ТВЁРДЫХ ТЕЛ, КАК ТЕПЛОВОМ КОЭФФИЦИЕНТЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ (предпосылки и следствия)

Горох А.В., Ящишин И.А.

Донецкий физико-технический институт им А.А.Галкина НАН Украины
83114, Донецк, ул. Розы Люксембург 72

Теплоёмкость, как известно, является одной из основных термодинамических характеристик веществ и ни один курс термодинамики, физики, термохимии, а также ни один справочник физического профиля не обходится без того, чтобы не охарактеризовать это понятие. В то же время строгий анализ физической подоплёки, лежащей в основе вывода понятия теплоёмкости, говорит о том, что это понятие должно иметь существенно иной смысл, чем тот, какой ему приписывается.

Что же это за физическая подоплёка?

В справочнике [1] говорится, что количество теплоты необходимое для нагревания данного тела пропорционально его массе и изменению температуры. И если Q – количество теплоты, m – масса тела, ΔT – изменение температуры, происходящее в результате подвода этой теплоты, то коэффициент пропорциональности c – это и есть удельная теплоёмкость тела: $Q = cm\Delta T$, $c = \frac{Q}{m\Delta T}$, а в дифференциальной форме:

$$c = \frac{dQ}{mdT} \quad (1)$$

Л.Д. Ландау и А.И. Китайгородский в одной из своих научно-популярных книг [2] пишут: “Чем больше надо нагреть тело, тем больше требуется энергии. На нагрев от T_1 до T_2 к телу требуется подвести в виде тепла энергию Q , равную $Q = c(T_2 - T_1)$. Здесь c – коэффициент пропорциональности, который называется теплоёмкостью тела.”

В [3] определяя теплоёмкость как количество теплоты, необходимое для нагревания тела на 1° и записывая это в виде $c = \frac{dQ}{dT}$, специально подчёркивается, что количество теплоты зависит от характера процесса.

В справочнике [4] указывается, что теплоёмкость характеризует восприимчивость тела (системы) к нагреванию, а обобщённым определением теплоёмкости, пригодным для любых систем и процессов, может служить соотношение $c = T \left(\frac{\partial S}{\partial T} \right)$, где S – энтропия системы.

Из сказанного видно, что в основу вывода понятия теплоёмкости всеми кладётся, если можно так выразится, температурная реакция тела (системы) на подвод тепла из внешней среды. Однако всеми, также настойчиво, утверждается, что не изменение температуры находится в пропорциональной зависимости от количества теплоты, а наоборот. И коэффициент пропорциональности, соответственно, ставится не перед количеством теплоты, а перед изменением температуры, чем фактически утверждается, что теплоёмкость – это производная количества теплоты по температуре – $\frac{dQ}{dT}$.

Конечно же, не количество теплоты, необходимое для нагревания тела пропорционально массе тела и изменению температуры, и не количество теплоты зависит от характера процесса. Количество теплоты мы задаём руками, а как будет меняться температура тела, зависит от количества подводимой теплоты, от свойств самого тела и от условий нагревания. Иными словами, независимой переменной здесь является количество теплоты, а зависимой – изменение температуры тела. Соответственно, коэффициент пропорциональности между количеством теплоты и изменением температуры необходимо ставить перед независимой переменной, как того требует зависимость $y = f(x)$. Но из этого следует, что если $\Delta T \sim \Delta Q$, то введя коэффициент пропорциональности C , получим $\Delta T = C\Delta Q$, откуда $C = \frac{\Delta T}{\Delta Q}$, или в дифференциальной форме

$$C = \frac{dT}{dQ}. \quad (2)$$

Следовательно, коэффициент пропорциональности C , который действительно следует называть теплоёмкостью, это производная температуры тела по количеству теплоты, а не наоборот. Для определённой массы этот коэффициент выразится соотношением

$$C = m \frac{dT}{\delta Q}, \quad (3)$$

поскольку изменение температуры тела при теплоподводе обратно пропорционально его массе.

Таким образом, коэффициент C , представляющий производную температуры тела по количеству подведённой теплоты и характеризует восприимчивость тела к нагреванию подобно тому, как производная намагниченности по напряжённости внешнего магнитного характеризует магнитную восприимчивость тела

$$\chi = \frac{dB}{dH}.$$

Чем меньше значение производной, тем больше теплоёмкость, т.е. тем большее количество тепла поглощается телом без существенного изменения температуры.

Важно также отметить, что при определении теплоёмкости с помощью адиабатического калориметра непосредственно измеряется именно изменение температуры тела в зависимости от количества теплоты. Формальное же определение теплоёмкости, как количества теплоты необходимого для нагрева тела на один градус – это результат пересчёта полученных экспериментальных данных из фундаментальной зависимости $C = \frac{dT}{dQ}$.

Ещё более полно, на наш взгляд, сущность понятия теплоёмкости может выразить коэффициент, учитывающий начальную температуру тела и который можно назвать тепловым коэффициентом изменения температуры. Его вывод сводится к следующему. Сообщим телу с начальной температурой T_0 количество теплоты ΔQ . В результате температура изменится на $\Delta T = T_1 - T_0$. Поскольку относительное изменение температуры

пропорционально количеству теплоты $\frac{T_1 - T_0}{T_0} \sim \Delta Q$, то, введя коэффициент пропорциональности C , получим $\frac{T_1 - T_0}{T_0} = C\Delta Q$, откуда $C = \frac{1}{T_0} \frac{\Delta T}{\Delta Q}$ или

$$C = \frac{1}{T_0} \frac{dT}{\delta Q}. \quad (4)$$

Резюмируя всё вышесказанное можно заключить, что переопределение понятия теплоёмкости, как производной температуры по количеству теплоты, отражает его действительную физическую сущность. Именно количество теплоты, как нами подчёркивалось и ранее [5], определяет ход термодинамических процессов в любой системе при её тепловом взаимодействии со средой. Важнейшим следствием сказанного является то, что под влиянием сообщаемого количества теплоты системе её температура неизбежно изменится в соответствии с её теплоёмкостью. А это означает, что процессы, вызываемые тепловым воздействием, в том числе и процессы фазовых переходов, не могут быть изотермическими, поскольку производная $\frac{dT}{dQ}$ не может быть равной нулю, а теплоёмкость системы – бесконечности. Этот вывод находится в строгом соответствии со вторым началом термодинамики, согласно которому нельзя всё подводимое тепло превратить в работу, без того, часть его не рассеялась на рабочем теле, каковым и является фаза, претерпевающая переход. На это указывают и данные статистической физики, согласно которым “абсолютная температура любой системы есть возрастающая функция её энергии - $\frac{dT}{dE} > 0$ ” [6, стр. 154].

Другие следствия, вытекающие из вышеизложенного, требуют специального рассмотрения, которое мы надеемся сделать в будущем.

Литература

1. Х.Кухлинг. Справочник по физике. М.: Мир, 1982, 520 с.
2. Л.Д.Ландау, А.И.Китайгородский. Физика для всех. Книга 2.Молекулы. М.: Наука, 1982, 207 с.
3. И.П.Базаров. Термодинамика. М., ГИЗ физ-мат. лит., 1961, 292 с.
4. Таблицы физических величин. Справочник под ред. И.К.Кикоина. М.: Атомиздат, 1976, 1006 с.
5. А.В.Горох. Причинный аспект термодинамики фазовых переходов. Препринт. Свердловск, УрО АН СССР, 1991, 59 с.
6. Ф.Рейф. Статистическая физика. М.: Наука, 1977, 351с.