

## Тема: ТЕПЛОЕМКОСТЬ ВЕЩЕСТВ

1. Понятие и виды теплоемкости
2. Истинная теплоемкость.
3. Средняя теплоемкость

### 1. ПОНЯТИЕ И ВИДЫ ТЕПЛОЕМКОСТИ

Удельная теплоемкость вещества, газа – это количество теплоты, которое необходимо сообщить единице вещества, чтобы повысить его температуру на 1 градус.

Количество вещества может быть задано массой (кг), объемом ( $m^3$ ), молярной массой (кмоль), поэтому различают три вида теплоемкости:

- 1) Массовая  $C$ , Дж/(кг·К)
- 2) Объемная  $C'$ , Дж/( $m^3$ ·К)
- 3) Молярная  $C_\mu$ , Дж/(кмоль·К)

Связь между массовой, объемной и молярной теплоемкостями представлена следующими формулами:

$$C = \frac{C_\mu}{\mu} \qquad C = C' \cdot v \qquad C' = \frac{C_\mu}{22,4} \qquad (1)$$

Теплоемкость газов зависит от температуры, их строения, характера процесса, при котором происходит подвод или отвод теплоты. Теплоемкость реальных газов зависит от их природных свойств и давления.

\*{С увеличением температуры и атомности газа теплоемкость возрастает. Влияние давления настолько незначительно, что в практических расчетах им пренебрегают.

Каждому ТД процессу изменения состояния газа соответствует своя величина теплоемкости.

При  $p = \text{const}$ : изобарная массовая ( $C_p$ ), изобарная объемная ( $C_p'$ ) и изобарная молярная ( $C_{p\mu}$ ) теплоемкости.

При  $v = \text{const}$ : изохорная массовая ( $C_v$ ), изохорная объемная ( $C_v'$ ) и изохорная молярная ( $C_{v\mu}$ ) теплоемкости.

Изобарная теплоемкость всегда больше изохорной  $C_p > C_v \qquad C_p' > C_v' \qquad C_{p\mu} > C_{v\mu}$

Для грубых расчетов применительно к небольшим интервалам температур величину теплоемкости можно считать неизменной. В этом случае для молярных теплоемкостей можно принимать следующие значения, приведенные в табл.1.

Таблица 1

Атомность газа	Молярная теплоемкость газа	
	$C_{p\mu}$	$C_{v\mu}$
Одноатомные	20,95	12,57
Двухатомные	29,33	20,95
Трех и более	37,71	29,33

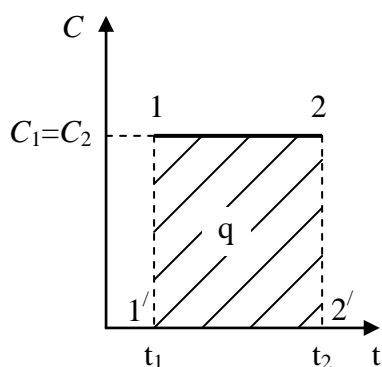


Рис. 1 График постоянной теплоемкости

Если теплоемкость принять постоянной ( $C = \text{const}$ ) в заданном интервале температур ( $t_1 \dots t_2$ ), то зависимость ее от температуры будет выражаться графиком на рис.1.

Выделим на графике площадь, ограниченную линией теплоемкости сверху (1-2), линией на оси температур снизу (1'-2') и перпендикулярами, восстановленными в точках начальной и конечной температуры (1'-1 и 2'-2). Эта площадь 1-2-2'-1' будет графически выражать количество теплоты, которое необходимо сообщить телу, чтобы повысить его температуру от  $t_1$  до  $t_2$ :

$$q = C \cdot (t_2 - t_1) \qquad (2)$$

Измерив величину заштрихованной площади 1-2-2'-1' и соблюдая правило масштабов, можно графически определить величину искомого количества теплоты.

Исходя из выше изложенного количество теплоты, подведенное к телу при изменении температуры на величину  $\Delta t = t_2 - t_1$  может быть определено:

- для 1 кг вещества (газа):

$$q = C \cdot \Delta t, \text{ Дж/кг} \quad (3)$$

- для количества вещества массой  $m$  (кг):

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta t = m \cdot q, \text{ Дж} \quad (4)$$

Значение  $q$  и  $Q$  могут быть как положительными, так и отрицательными в зависимости от знака  $\Delta t$ . Если  $\Delta t$  со знаком (+), значит, теплота подводится к телу  $q > 0$ . Если  $\Delta t$  со знаком (-), значит, теплота отводится от тела  $q < 0$

## 2. ИСТИННАЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ.

\*{Иногда для определения количества теплоты, сообщенного газу или отведенного от него, требуется выполнить точные расчеты, в которых учитывается зависимость величины теплоемкости от температуры.}

Для практических расчетов зависимость теплоемкости от температуры достаточно точно будет определяться уравнением второй степени:

$$C = a + b \cdot t + e \cdot t^2. \quad (5)$$

Значения  $a$ ,  $b$  и  $e$  (табличные данные) будут различны для разных видов теплоемкостей. Для менее точных расчетов зависимость теплоемкости от температуры можно описать уравнением первой степени

$$C = a_1 + b_1 \cdot t \quad (6)$$

Если зависимости, определяемые уравнениями (5) и (6) выразить графически, то для первого уравнения мы получим кривую (рис.2а), а для второго прямую (рис.2б).

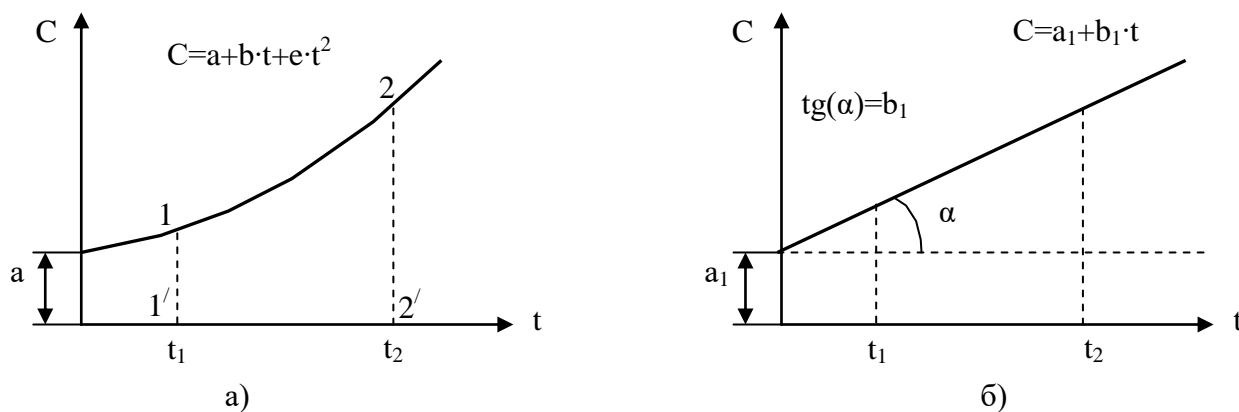


Рис. 2 Графики истинной теплоемкости:  
а) для уравнения II-й степени; б) для уравнения I-й степени

Эти линии дают возможность для любого значения температуры найти величину теплоемкости, которая называется истинной теплоемкостью данного газа для данной температуры.

С помощью данных графиков можно определить количество теплоты, необходимое для повышения температуры от  $t_1$  до  $t_2$ :

Для уравнения 2-го порядка: 
$$q = \int_{t_1}^{t_2} (a + bt + et^2) dt, \text{ Дж/кг} \quad (7)$$

Для уравнения 1-го порядка: 
$$q = \int_{t_1}^{t_2} (a_1 + b_1 t) dt, \text{ Дж/кг} \quad (8)$$

### 3. СРЕДНЯЯ ТЕПЛОЕМКОСТЬ

Для практических расчетов рассмотренный выше способ определения количества теплоты не пригоден.

При расчетах обычно пользуются табличными данными, в которых приводятся значения так называемых средних теплоемкостей.

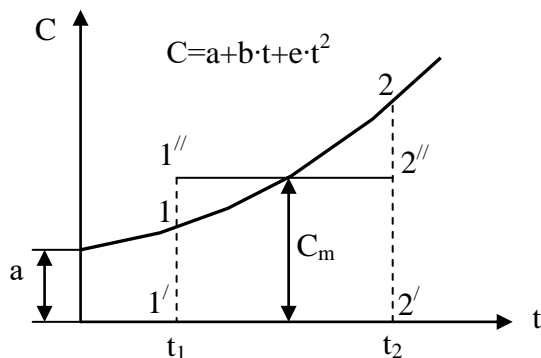


Рис. 3 График для определения средней теплоемкости

На рис. 3 величину  $C_m$  можно рассматривать как некоторую искусственно введенную в расчет неизменную теплоемкость в интервале температур от  $t_1$  до  $t_2$ . Величина  $C_m$  будет являться высотой некоторого прямоугольника  $1'-1''-2''-2'$ , основание которого  $(t_2 - t_1)$  и который по площади равен фигуре  $1'-1-2-2'$  с тем же основанием  $(t_2 - t_1)$ .

Постоянную теплоемкость  $C_m$  называют средней теплоемкостью для данного интервала температур. С ее помощью можно определить расход теплоты и получить тот же результат, что и для случая использования переменной теплоемкости:

$$q = C_m \cdot (t_2 - t_1) = \int_{t_1}^{t_2} (a + bt + et^2) dt, \text{ Дж/кг} \quad (9)$$