

Термодинамика и теплопередача

Лекция 2





Внутренняя энергия:

- Кинетическая энергия
- Потенциальная энергия
- Энергия электронных оболочек атомов
- Внутрiryдерная энергия

Две последние в большинстве теплоэнергетических процессах остаются неизменными.

Внутренняя энергия, U [Дж]



энергия хаотического движения молекул и атомов, включающую энергию поступательного, вращательного и колебательного движений как молекулярного, так и внутримолекулярного, а так же потенциальную энергию сил взаимодействия между молекулами

Удельная внутренняя энергия, u



$$u = U / M \quad [\text{Дж/кг}]$$

Внутренняя энергия функция состояния тела и может быть представлена в виде функции двух любых независимых параметров:

$$u = \varphi_1(p, V)$$

$$u = \varphi_2(p, T)$$

$$u = \varphi_3(T, V)$$

Изменение внутренней энергии:

$$\Delta u = \int_1^2 du = u_2 - u_1$$



Теплота

- Теплота, Q – представляет собой переданное от одного тела к другому определенное количество энергии хаотического молекулярного и внутримолекулярного движения
- $+ Q$ – подводимая теплота
- $- Q$ – отводимая теплота

Работа



- Работа, L [Дж] – в термодинамике называется процесс превращения одного вида энергии в другой, при котором энергия одного вида уменьшается, а энергия другого вида увеличивается.

Работа расширения



- Масса M
- Объем V
- Площадь поверхности F
- Элементарный элемент оболочки dF
- Сила $p dF$
- Элементарная работа $p dF dn$

Работа расширения



- Общая работа:

$$\delta L = p \int_F dF dn$$

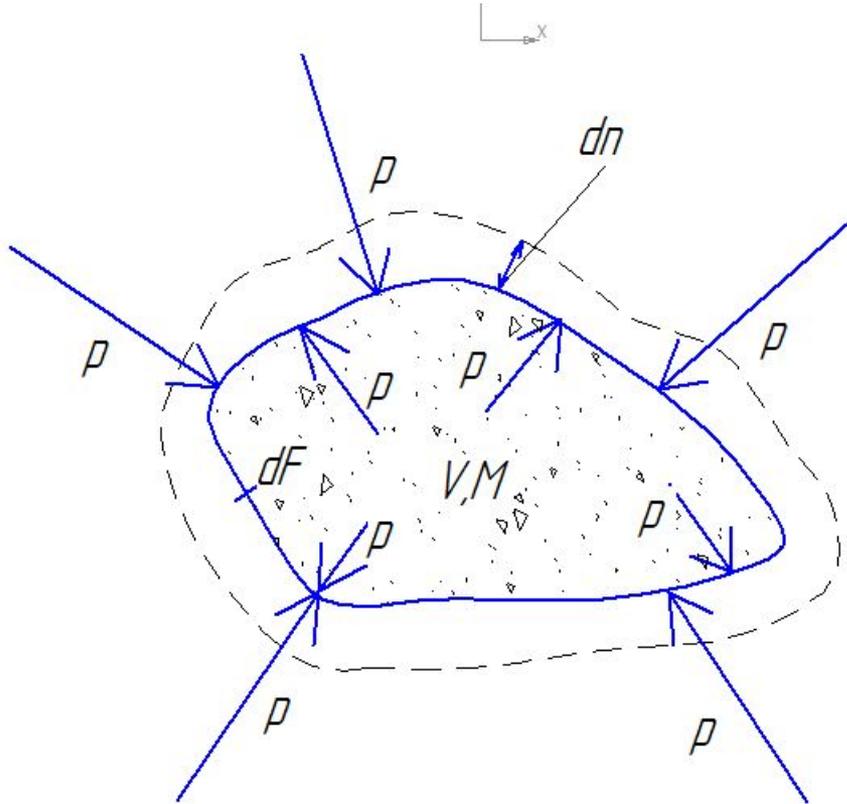
- Изменение объема:

$$\delta V = \int_F dF dn$$

- Следовательно:

$$\delta L = p dV$$

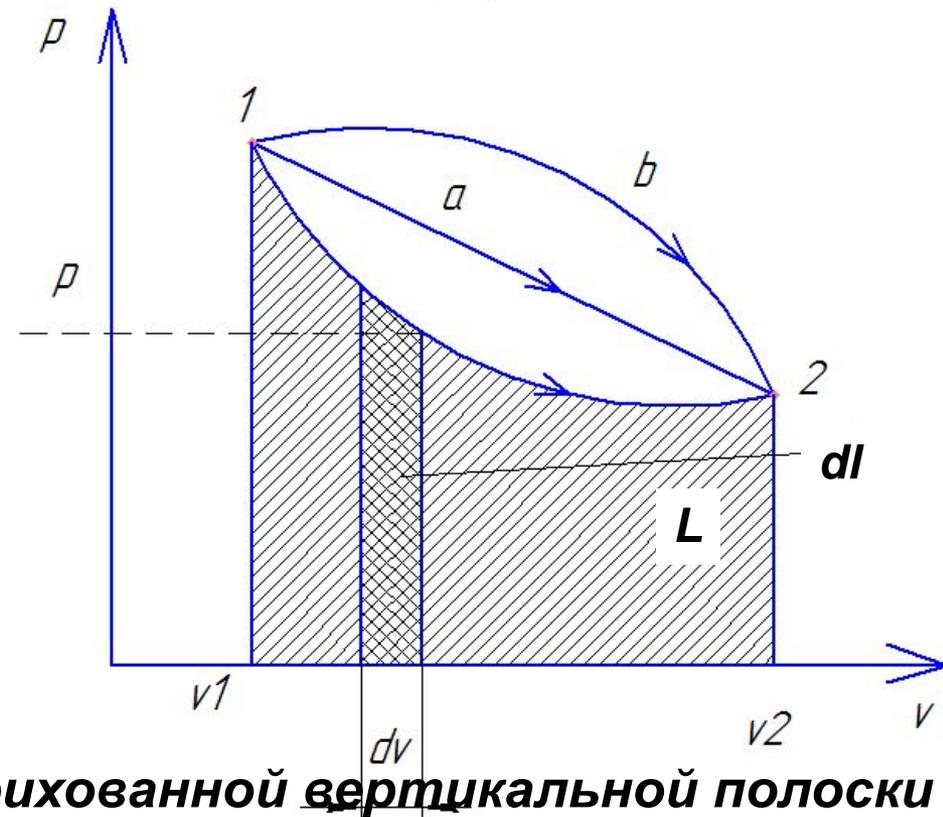
- Работа расширения: $L = \int_{V1}^{V2} p dV$ $l = \int_{v1}^{v2} p dv$



Работа в координатах P, V



- 1 2 - процесс расширения
- 1a2 – процесс расширения
- 1b2 – процесс расширения



$Pdv = \delta L$ - площадь заштрихованной вертикальной полоски

Энтальпия



$$H = U + pV$$

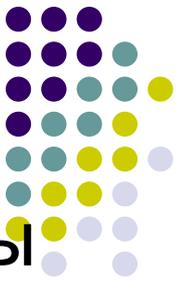
- Энтальпия, H [Дж] - термодинамический потенциал, характеризующий состояние термодинамической системы. Энергия, которая доступна для преобразования в теплоту при постоянном давлении.
- Энтальпия – функция состояния:

$$h = \psi_1(p, v)$$

$$h = \psi_2(v, T)$$

$$h = \psi_3(p, T)$$

Энтальпия



- Удельная энтальпия – энтальпия системы содержащий 1 кг вещества h [Дж/кг]:

$$h = u + pv$$

Изменение энтальпии в любом процессе определяется только начальным и конечным состояниями тела и не зависит от характера процесса

Уравнение первого начала термодинамики:



$$\delta q = du - p dv$$

С учетом очевидного соотношения:

$$p dv = d(pv) - v dp$$

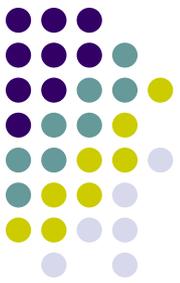
Может быть записано в виде:

$$\delta q = d(u + pv) - v dp \quad \text{или} \quad \delta q = dh - v dp$$

Если давление системы сохраняется неизменным:

$$\delta q_p = dh \quad \text{или} \quad q_p = h_2 - h_1$$

$$\Delta h = h_2 - h_1 = \int_{t1}^{t2} c_p \cdot dT$$



Теплоемкость

- Теплоемкость, с [*Дж/кг*град*] – количество тепла, которое нужно повести единице тела для повышения его температуры на 1⁰С в данном процессе.

$$C = \delta Q / dT$$

$$q = \int_{T_1}^{T_2} cdT$$

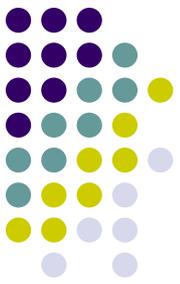
Теплоемкость в зависимости от единицы количества вещества:



- Удельная массовая теплоемкость, c [Дж/кг*К];
- Удельная объемная теплоемкость, c' [Дж/м³*К];
- Удельная мольная теплоемкость, c_M , [Дж/кмоль*К]

$$c = \frac{c'}{\rho_H} = \frac{c_M}{\mu}$$

$$c' = \frac{c_M}{V_\mu}$$



Массовая теплоемкость

- Изобарная теплоемкость: $c_p = \delta q_p / dT$

- Изохорная теплоемкость: $c_v = \delta q_v / dT$

- Отношение теплоемкостей: $\frac{c_p}{c_v} = k$

$$\left. \begin{aligned} c_p &= k \cdot c_v \\ c_v &= \frac{c_p}{k} \end{aligned} \right\}$$

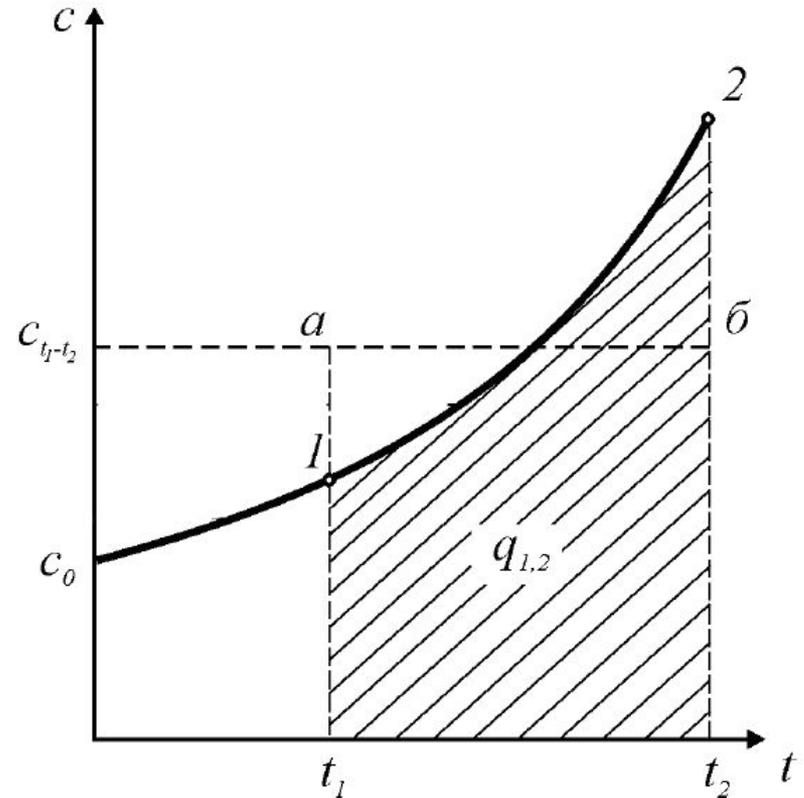
- Уравнение Майера: $c_p = c_v + R$

Средняя теплоемкость, c_m



- данного процесса в интервале температур от t_1 до t_2 называется отношением количества теплоты, сообщаемой газу, к разности конечной и начальной температур:

$$c_m = q_{1,2} / (t_2 - t_1)$$





Истинная теплоемкость

- Истинная теплоемкость соответствует бесконечно малому интервалу температур.

$$c = \delta q / dT$$