

Билет 6

1. Явления переноса в газах. Вязкость газов.

Выведенная из состояния равновесия любая макросистема стремится вернуться в равновесное состояние при этом растёт энтропия, этот процесс необратим. Нарушение равновесия сопровождается возникновением потоков разных типов. Соответствующие процессы называются процессами переноса.

Внутреннее трение (вязкость)

Вследствие хаотического теплового движения молекул происходит обмен молекулами между слоями газа движущимися с различными скоростями, в результате чего шире слой, движущийся быстрее, утончается, а движущийся медленнее — увеличивается (происходит перенос шире от одного слоя к другому). Это приводит к торможению слоя, движущегося быстрее, и ускорению слоя, движущегося медленнее.

Внутреннее трение описывается законом Ньютона

$$j_r = -\eta \frac{\partial u}{\partial x}$$

где j_r — плотность потока шире — толщой шире, переносимой в единицу времени в положительном направлении оси x через единичную площадку, перпендикулярную оси.

η — коэффициент динамической вязкости

$$\eta = \frac{1}{3} \langle v \rangle \rho \quad (\rho - \text{пл. - плотность})$$

$\frac{\partial u}{\partial x}$

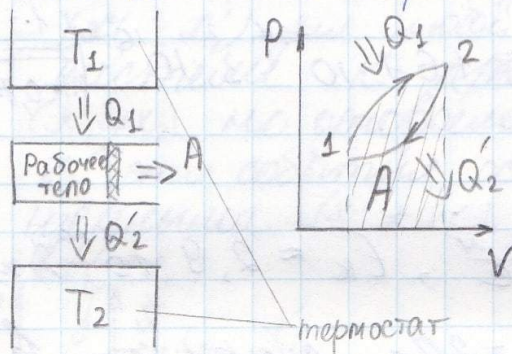
— градиент скорости, показывающий быстроту

изменения скорости в направлении оси x , перпендикулярном направлению движения сво́его газа.

2. Работа тепловой машины при циклическом процессе. Коэффициент полезного действия.

Тепловая машина - устройство, работающее циклически и превращающее полученную извне теплоту в работу.

* Общая схема работы тепловой машины



Рабочее тело - это тело, совершающее круговой процесс и обменивающееся энергией с др. телами. Термостат - термодинамическая система, которая может обмениваться теплотой с телами практически без изменения собственной температуры.

$$A = Q_1 - Q_2' \quad - \text{работа}$$

Термический коэффициент полезного действия кругового процесса - это величина, равная отношению работы, совершенной системой, к количеству теплоты, полученному в этом цикле системой.

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2'}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2'}{Q_1}$$

* Термин Карно:

- 1) КПД любой тепловой машины, работающей по обратимому циклу Карно, не зависит от рабочего тела и устройства машины, а является функцией только температур нагревателя и холодильника
- 2) КПД любой тепловой машины, работающей по необратимому циклу, меньше КПД идеальной тепловой машины $\eta_{\text{необрат}} < \eta_{\text{обрат}}$.

3. Определить импульс и кинетическую энергию протона, движущегося со скоростью $v = 0,94 c$, где c - скорость света в вакууме.

Дано:
 $v = 0,94 c$
 $p = ?$
 $E_k = ?$

Решение:

$$p = \frac{m \cdot v}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$E_k = \frac{mc^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - mc^2$$

($E_k = E - mc^2$)
 полная энергия покой

$$p = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 0,94 \cdot 3 \cdot 10^8}{\sqrt{1 - \frac{0,94^2 \cdot c^2}{c^2}}} = 1,38 \cdot 10^{-18} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$$

$$E_k = mc^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - 1 \right) = 1,67 \cdot 10^{-27} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 - 0,94^2}} - 1 \right) \approx 2,9 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$$

Ответ: $p = 1,38 \cdot 10^{-18} \text{ кг} \cdot \text{м/с}$, $E_k = 2,9 \cdot 10^{-10} \text{ Дж}$

4. Тело массой $m = 20 \text{ г}$ совершает в вязкой среде затухающие колебания с малым коэффициентом затухания. В течение трех минут тело потеряло 40% своей энергии. Определить коэффициент сопротивления

Дано:
 $m = 20 \text{ г} = 0,02 \text{ кг}$
 $E_2 = 0,6 E_1$
 $\Delta t = 3 \text{ мин} = 180 \text{ с}$

Решение:

$$E = E_0 e^{-2\beta t} \text{ т.к. } \beta \ll \omega_0$$

β - коэффициент затухания

$$\beta = \frac{r}{2m} \quad r = 2m\beta$$

$$E_1 = E_0 e^{-2\beta t_1}$$

$$E_2 = E_0 e^{-2\beta t_2}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = e^{-2\beta(t_2 - t_1)} = e^{-2\beta \Delta t} = 0,6 \Rightarrow \beta = -\frac{\ln 0,6}{2\Delta t}$$

$$r = 2m \cdot \frac{-\ln 0,6}{2\Delta t} = -\frac{m \ln 0,6}{\Delta t} = \frac{-0,02 \cdot \ln 0,6}{180} = 5,67 \cdot 10^{-5} \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$