

**Основные положения  
молекулярно-кинетической  
теории. Начала  
термодинамики**

**Доцент**

**Погожев Владимир Александрович**

# ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ И ТЕРМОДИНАМИКИ

Все процессы в этих разделах рассматриваются в ИСО, в которой центр масс термодинамической системы покоится.

Все вещества состоят из частиц. Эти частицы находятся в непрерывном хаотическом движении. Частицы взаимодействуют друг с другом.

Изолированная термодинамическая система самопроизвольно переходит в состояние термодинамического равновесия. (Нулевой закон термодинамики)

Основное уравнение МКТ

$$p = \frac{1}{3} \cdot n \cdot m_0 \cdot v^2$$

Уравнение состояния вещества  
Уравнение Менделеева – Клапейрона

$$p \cdot V = \nu \cdot R \cdot T = \frac{m}{M} \cdot R \cdot T$$

Физический смысл температуры

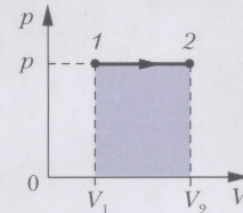
$$\frac{m_0 \cdot v^2}{2} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T,$$

$$k = \frac{R}{N_A} \approx 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

$U_0 + A + Q = U_k$   
(Первый закон термодинамики)

Внутренняя энергия идеального одноатомного газа

$$U = N \cdot \frac{m_0 \cdot v^2}{2} = \frac{3}{2} \cdot \nu \cdot R \cdot T$$



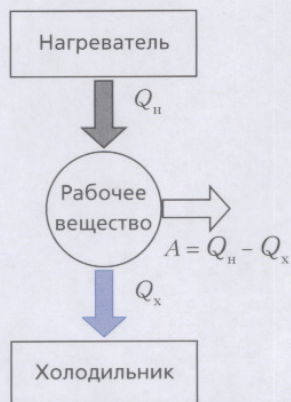
$$A = p \cdot \Delta V = p \cdot (V_2 - V_1)$$

Применение первого закона термодинамики к изопроцессам

$$Q_{12} = U_2 - U_1 + A_{12}$$

## ТЕПЛОВЫЕ МАШИНЫ. ВТОРОЙ ЗАКОН ТЕРМОДИНАМИКИ

### Циклический тепловой двигатель



Для работы циклического теплового двигателя необходимо:

- 1) наличие рабочего вещества;
- 2) наличие нагревателя, передающего рабочему веществу необходимое для совершения работы количество теплоты;
- 3) наличие холодильника для того, чтобы возвращать рабочее вещество в исходное состояние

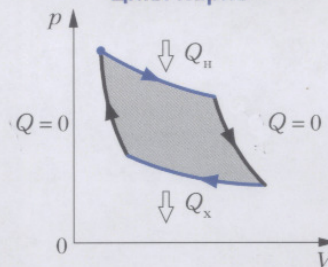
$$\text{КПД двигателя: } \eta = \frac{A}{Q_n} = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} < 1$$

Максимально возможный КПД

$$\eta_k = \frac{T_n - T_x}{T_n} = 1 - \frac{T_x}{T_n} < 1$$

при заданных температурах нагревателя  $T_n$  и холодильника  $T_x$  имеет двигатель, который работает по циклу, состоящему из двух изотерм и двух адиабат — циклу Карно

### Цикл Карно



**Второй закон термодинамики** (три эквивалентные формулировки):

**Нельзя создать циклический тепловой двигатель, который превращает в полезную работу всё полученное от нагревателя тепло.**

**Невозможно создать вечный двигатель второго рода,**

**Нельзя передать тепло от менее нагретого тела более нагретому без изменения в других телах.**

# Задача 1

- Чему равно количество теплоты, получаемое  $\nu$  молями идеального одноатомного газа, при его изобарическом нагревании в цилиндре под поршнем от абсолютной температуры  $T_1$  до  $T_2$ ? Чему равна молярная изобарическая теплоемкость этого газа при данном процессе?

# Формулировка Карно

- КПД работающей циклически идеальной тепловой машины зависит только от температуры нагревателя и холодильника.

## Задача 2

- Какую минимальную среднюю мощность должен потреблять мотор холодильника, работающего по циклу Карно, в морозильной камере которого поддерживается температура  $t_1 = -23^\circ\text{C}$ , если в нее через стенки поступает количество теплоты, равное  $q = 0,1$  МДж за время 1 ч? Температура радиатора холодильника  $t_2 = 57^\circ\text{C}$ , КПД мотора равен 0,8

# Абсолютная и относительная влажности

- Если не оговаривается вещество, по которому определяется влажность, то речь идет о воде.
- Абсолютной влажностью в физике называют плотность пара интересующего вещества, а метеорологии – парциальное давление паров заданного вещества.
- Относительная влажность - либо отношение плотности пара к плотности насыщенного пара этого вещества, либо отношение парциального давления пара к давлению насыщенного пара при той же температуре. Часто это отношение умножают на 100%.



## Задача 3

- В сосуде под поршнем находятся насыщенный пар и вода. Начальный объем всей смеси равен  $1\text{ м}^3$ . Плотность насыщенного пара  $30\text{ г/м}^3$ . Масса воды  $75\text{ г}$ . Поршень медленно поднимают, изотермически увеличивая объем системы «пар-жидкость» в  $k$  раз. Определите конечную плотность пара.



# Задача 4

- В вертикальном цилиндре под гладким невесомым поршнем находится влажный воздух с относительной влажностью 0,8. В результате медленного увеличения внешнего давления поршень опускается, и объем влажного воздуха уменьшается в 2 раза. Определите конечное давление в цилиндре, если в начале оно было равно нормальному атмосферному, а процесс проводился изотермически при температуре  $100^{\circ}\text{C}$ .