

# МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕПЛОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

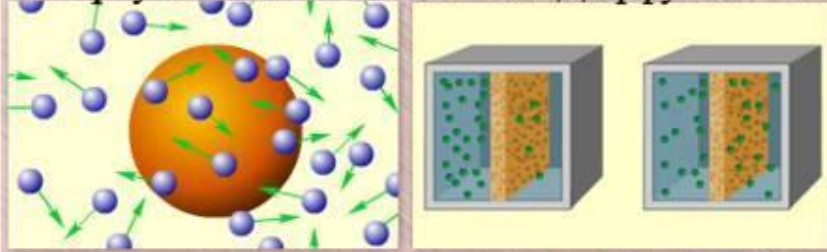
Физика, 10 класс

Рахматуллин Радик Акрамович,  
учитель физики МОУ «Александровская СОШ», 2010

# МОЛЕКУЛЯРНО-КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ВЕЩЕСТВА

## 1. Структура вещества

### 1.1. Броуновские частицы 1.2. Диффузия



### 1.3. Молекулы в веществе



Газообразное

Жидкое

Твёрдое

## 4. Количество вещества $\nu$

$$\nu = \frac{N}{N_A} \text{ [моль]}$$

$N$  – число частиц,  
 $N_A$  – постоянная Авогадро

## 5. Температурные шкалы

$$T_F = 32^\circ + \frac{9}{5}T_C$$

$$T_K = 273^\circ + T_C$$

## 6. Изопроцессы



— Изобарный процесс

— Изохорный процесс

— Изотермический процесс

## 2. Идеальный газ

- между молекулами не действуют силы притяжения или отталкивания
- соударения частиц между собой и со стенками сосуда абсолютно упруги
- время взаимодействия между молекулами пренебрежимо мало



Д. Менделеев

## 3. Основные формулы

3.1. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории

$$p = \frac{mn\bar{v}_{\text{кв}}^2}{3}$$

3.2. Уравнение Менделеева–Клапейрона

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

3.3. Кинетическая энергия

$$E_k = \frac{3}{2}kT$$

3.4. Закон Дальтона

$$p = \sum_{i=1}^k p_i = kT \sum_{i=1}^k n_i$$

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана

3.5. Распределение Максвелла (3D)

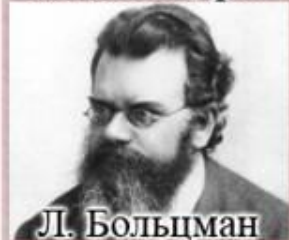
$$f(v) = 4\pi v^2 \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{3/2} \exp\left( \frac{-mv^2}{2kT} \right)$$



Б. Клапейрон



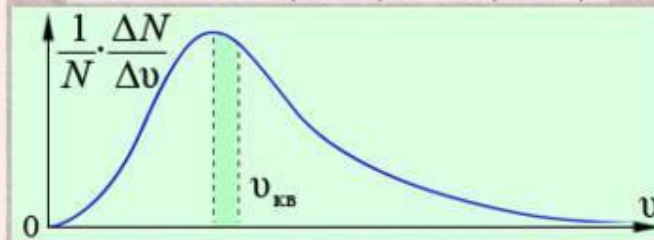
А. Авогадро



Л. Больцман



Д. Дальтон



# ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ В ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССАХ

1.1. Теплообмен – передача тепла от более нагретого тела к менее нагретому



1.2. Зависимость внутренней энергии тела от температуры

$$U = \frac{3}{2} k N_A T = \frac{3}{2} RT$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} R \Delta T = - C_V \Delta T$$

1.3. Теплоемкость тела – количество теплоты, необходимое для нагревания тела на 1 К

1.4. Удельная теплоемкость

$$C = \frac{\Delta Q}{m \Delta T}$$

$\Delta Q$  – количество теплоты,  
 $m$  – масса тела,  
 $\Delta T$  – изменение температуры

1.5. Молярная теплоемкость

$$C = M \cdot c$$

$M$  – молярная масса вещества

$$C_\mu = C_V + R$$

$C_\mu$  – молярная теплоемкость при  $p = \text{const}$

$C_V$  – молярная теплоемкость при  $V = \text{const}$

2. Первое начало термодинамики

$$Q = \Delta U + A$$

2.1. Изохорный процесс

$$A = 0 \quad Q = \Delta U = U(T_2) - U(T_1)$$

2.2. Изобарный процесс

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

$$Q = U(T_2) - U(T_1) + p(V_2 - V_1) = \Delta U + p \Delta V$$

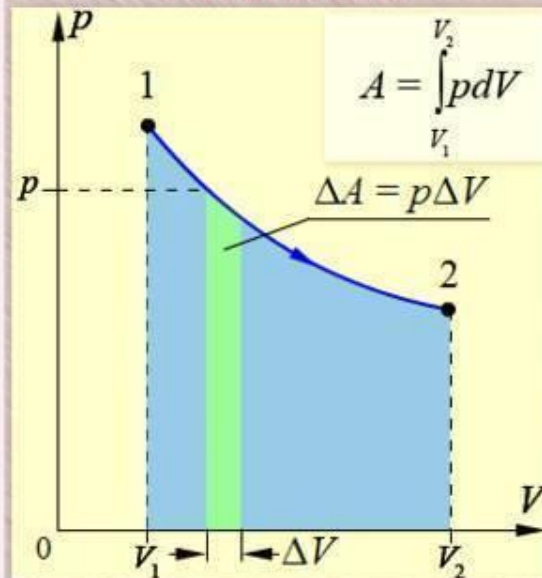
2.3. Изотермический процесс

$$\Delta U = 0 \quad Q = A$$

2.4. Адиабатический процесс

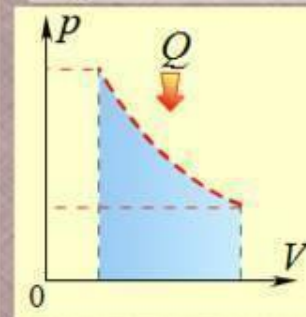
$$Q = 0 \quad A = -\Delta U$$

3. Работа газа



4.1. Изотермическое расширение

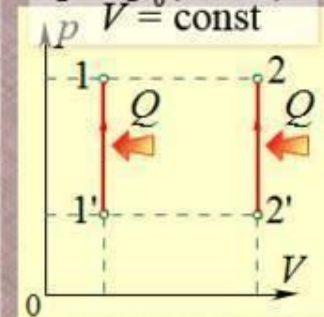
$$pV = \text{const}$$



4.2. Изохорное расширение

$$p = p_0(1 + \alpha t),$$

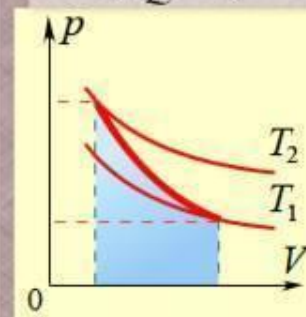
$$V = \text{const}$$



4.3. Адиабатическое расширение

$$pV^\gamma = \text{const},$$

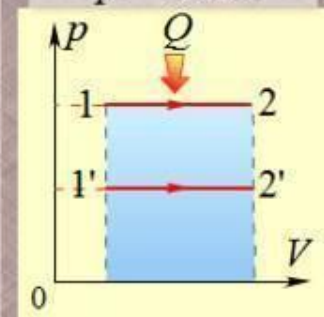
$$\Delta Q = 0$$



4.4. Изобарическое расширение

$$V = V_0(1 + \alpha t),$$

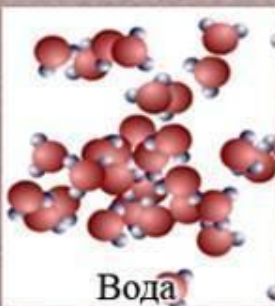
$$p = \text{const}$$



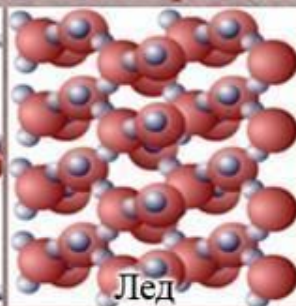
# АГРЕГАТНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

## 1. Агрегатные состояния

1.1. Газообразное 1.2. Жидкое



1.3. Твердое



1.4. Фазовые переходы в природе



1.5. Влажность – показатель содержания в физических телах воды

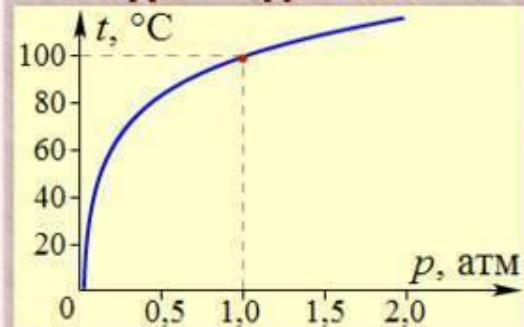
$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$$

1.6. Насыщенный пар – пар, находящийся в равновесии со своей жидкостью

1.7. Фазовая диаграмма воды



2. Зависимость температуры воды от давления



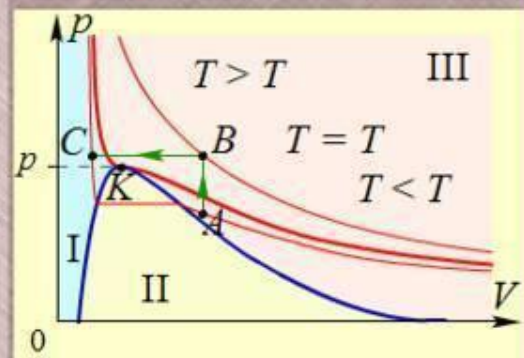
## 3. Уравнение состояния реальных

3.1. Уравнение Ван-дер-Ваальса

$$\left(p + \frac{a}{V_0^2}\right)(V_0 - b) = RT$$

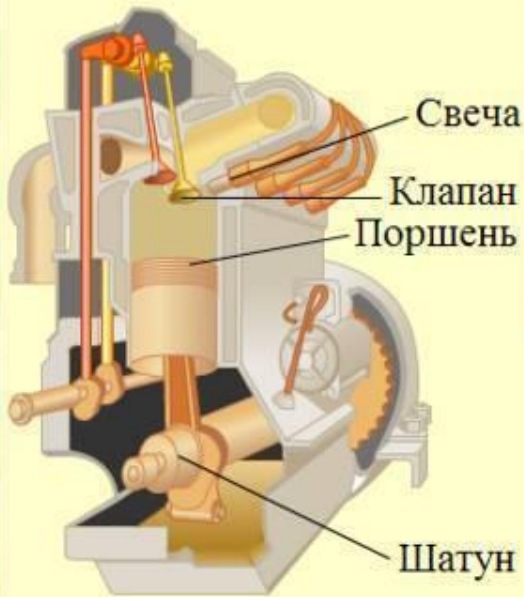
$p$  – давление,  
 $V_0$  – объём одного киломоля газа,  
 $a, b$  – постоянные, различные для разных газов,  
 $T$  – абсолютная температура,  
 $R$  – газовая постоянная

3.2. Изотермы реальных газов

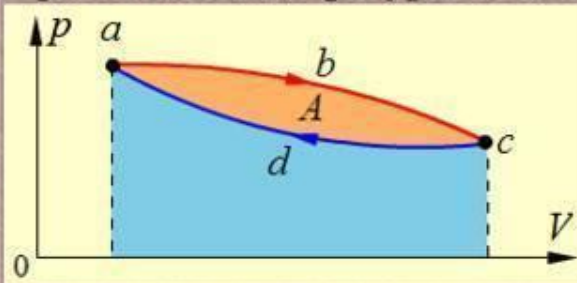


# ТЕПЛОВЫЕ ДВИГАТЕЛИ И II НАЧАЛО ТЕРМОДИНАМИКИ

## 1. Двигатель внутреннего сгорания



1.1. Работа в круговом процессе равна площади фигуры  $abcd$



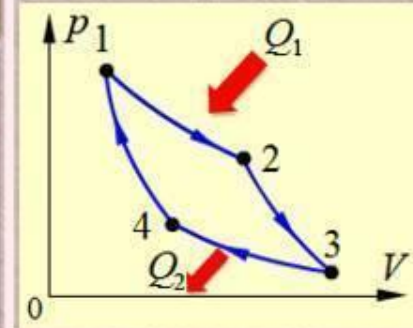
1.2. КПД тепловой машины – работы  $A$  к количеству теплоты  $Q_1$ , полученному рабочим телом за цикл от нагревателя

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}$$

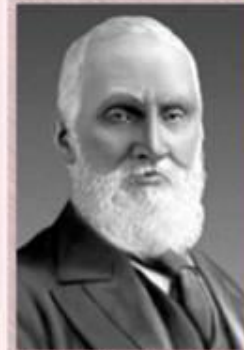
## 2. Цикл Карно

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

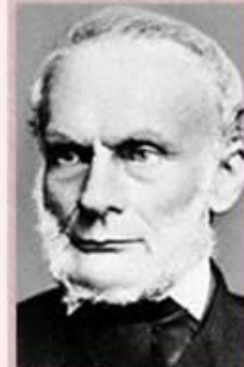
КПД цикла Карно максимален для всех циклов с такими температурами нагревателя и холодильника



С. Карно

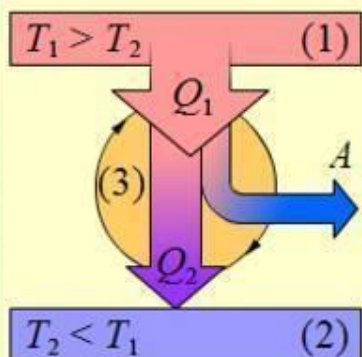


У. Кельвин

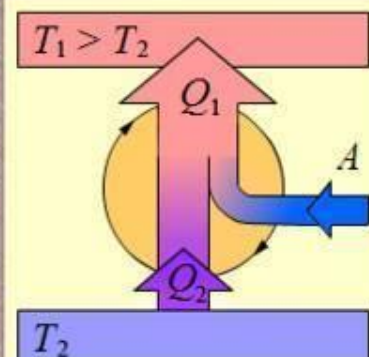


Р. Клаузиус

1.3. Энергетическая схема тепловой машины



1.4. Энергетическая схема холодильной машины



## 3. Второе начало термодинамики

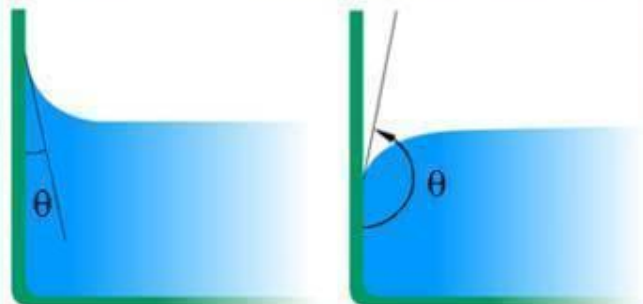
В циклически действующей тепловой машине невозможен процесс, единственным результатом которого было бы преобразование в механическую работу всего количества теплоты, полученного от единственного теплового резервуара (У. Кельвин)

Невозможен процесс, единственным результатом которого была бы передача энергии путем теплообмена от тела с низкой температурой к телу с более высокой температурой (Р. Клаузиус)

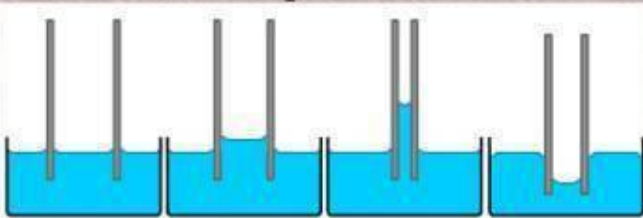
# СТРОЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ И ТВЁРДЫХ ТЕЛ

## 1. Строение жидкости

### 1.1. Смачивающая и несмачивающая жидкости



### 1.2. Капиллярные явления



$$h = \frac{2\sigma \cos \theta}{\rho g r}$$

При полном смачивании  $\theta = 0$

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$$

При полном несмачивании  $\theta = 180^\circ$

$$h = -\frac{2\sigma}{\rho g r}$$

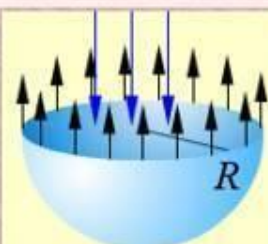
## 3. Формула Лапласа

Капля жидкости

$$\Delta p = \frac{2\sigma}{R}$$

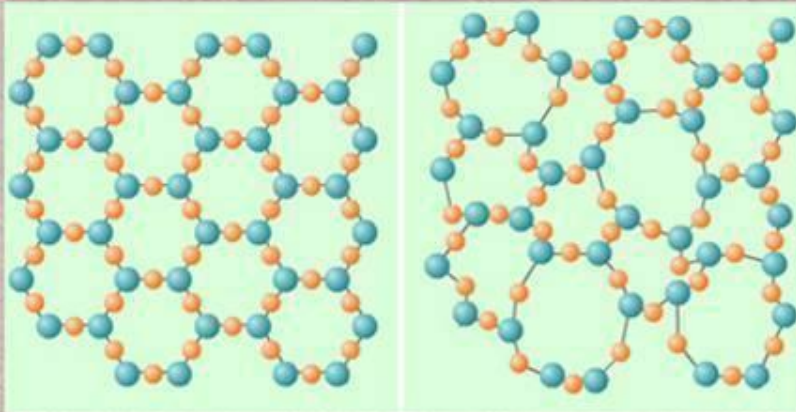
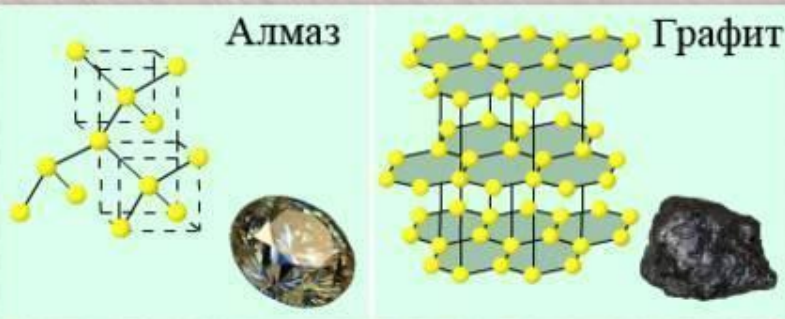
Мыльный пузырь

$$\Delta p = \frac{4\sigma}{R}$$



## 2. Строение твердых тел

### 2.1. Кристаллические решетки



### 2.2. Типы кристаллических решеток

