

- 1. Температура и тепловое равновесие.**
- 2. Определение температуры.**
- 3. Абсолютная температура.**
- 4. Температура – мера средней кинетической энергии молекул.**

Задача молекулярно-кинетической теории состоит в том, чтобы установить связь между микроскопическими (масса, скорость, кинетическая энергия молекул) и макроскопическими параметрами (давление, объем, температура).

Макроскопические параметры – величины, характеризующие состояние макроскопических тел без учета молекулярного строения тел.

**$V, p, t$**

## Макроскопические параметры

*Масса системы*

*Объем системы*

*Температура системы*

*Количество вещества  
в системе*

*Давление системы на  
внешние тела*

*Внутренняя энергия  
системы*

## Микроскопические параметры

*Масса частицы*

*Объем частиц*

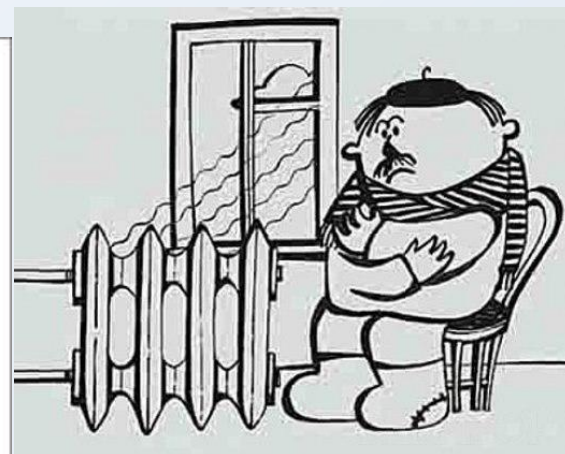
*Концентрация частиц*

*Количество частиц*

*Скорость частиц*

*Энергия частицы*

Температура характеризует степень **нагретости тела** (холодное, теплое, горячее).



Температура тел, находящихся в тепловом контакте, т. е. образующих изолированную систему, выравниваются■

# Тепловое равновесие



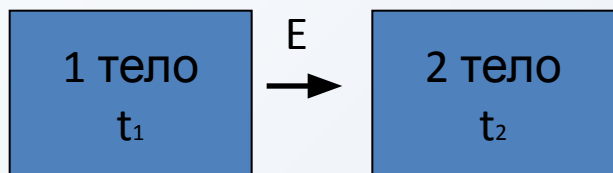
Любое макроскопическое тело или система макроскопических тел при неизменных внешних условиях самопроизвольно переходит в состояние **теплового равновесия**.

**Тепловое равновесие** – состояние, при котором все макроскопические параметры сколь угодно долго остаются неизменными.

**$V, p, t - \text{const}$**

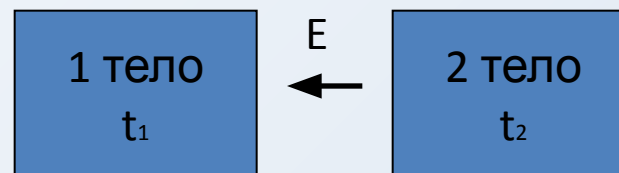
Все тела, находящиеся друг с другом в тепловом равновесии, имеют одну и ту же температуру.

$$t_1 > t_2$$



**теплообмен**

$$t_1 < t_2$$



**теплообмен**

$$t_1 = t_2$$



**тепловое равновесие**

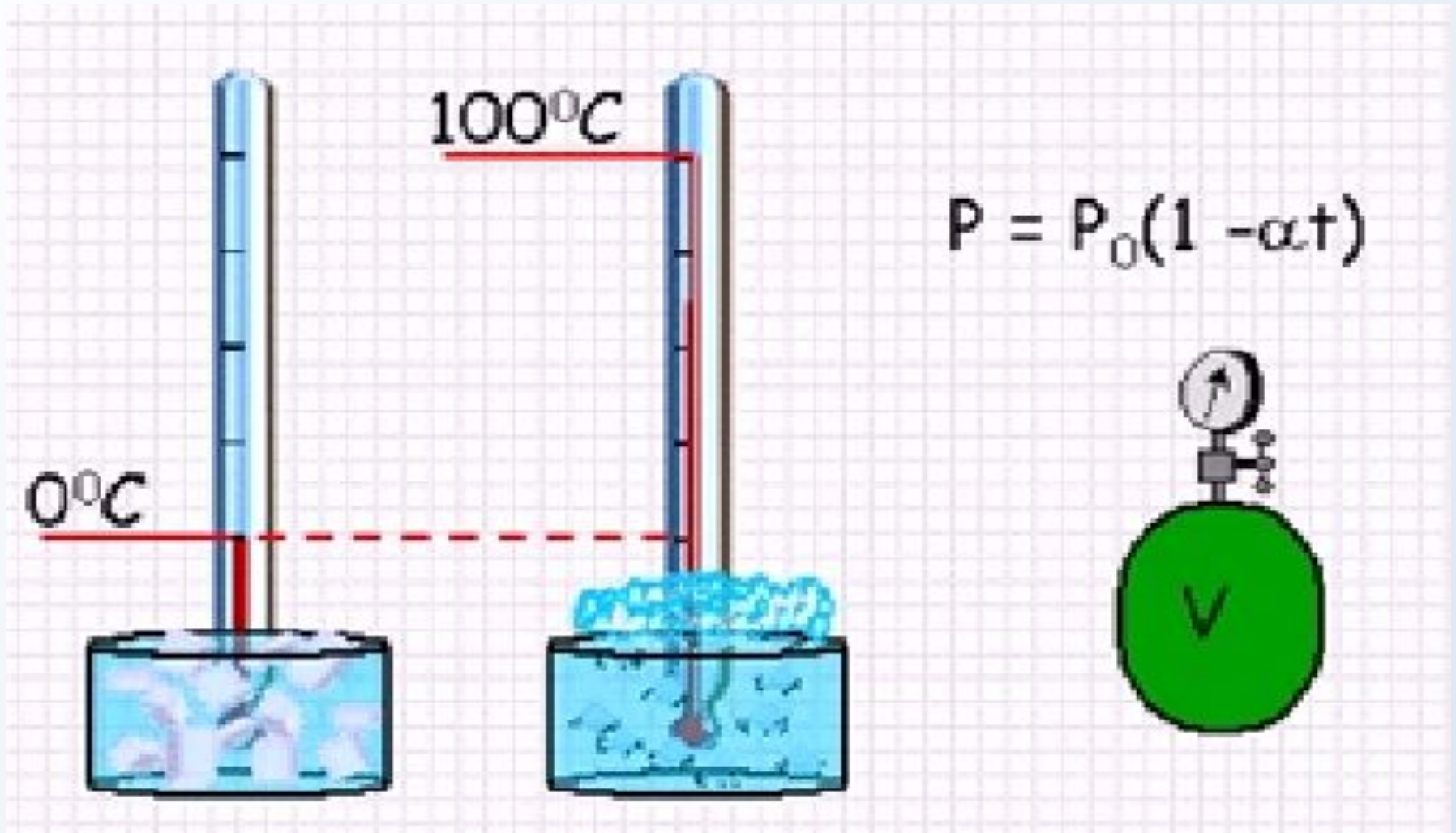
Можно ли определить  
температуру с помощью органов  
чувств?





**Температура характеризуют степень нагретости тел (холодное, теплое, горячее).**

# Термометры



# Термометры.

## жидкостные

- ртутные

(от **-35°C** до **+750°C**)

- спиртовые

(от **-80°C** до **+70°C**)

## газовые

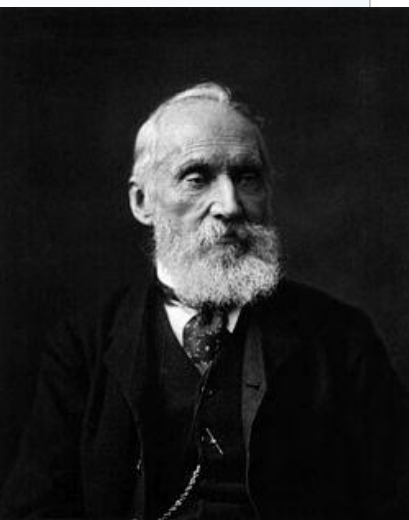


от **-271°C** до **+1027°C**.

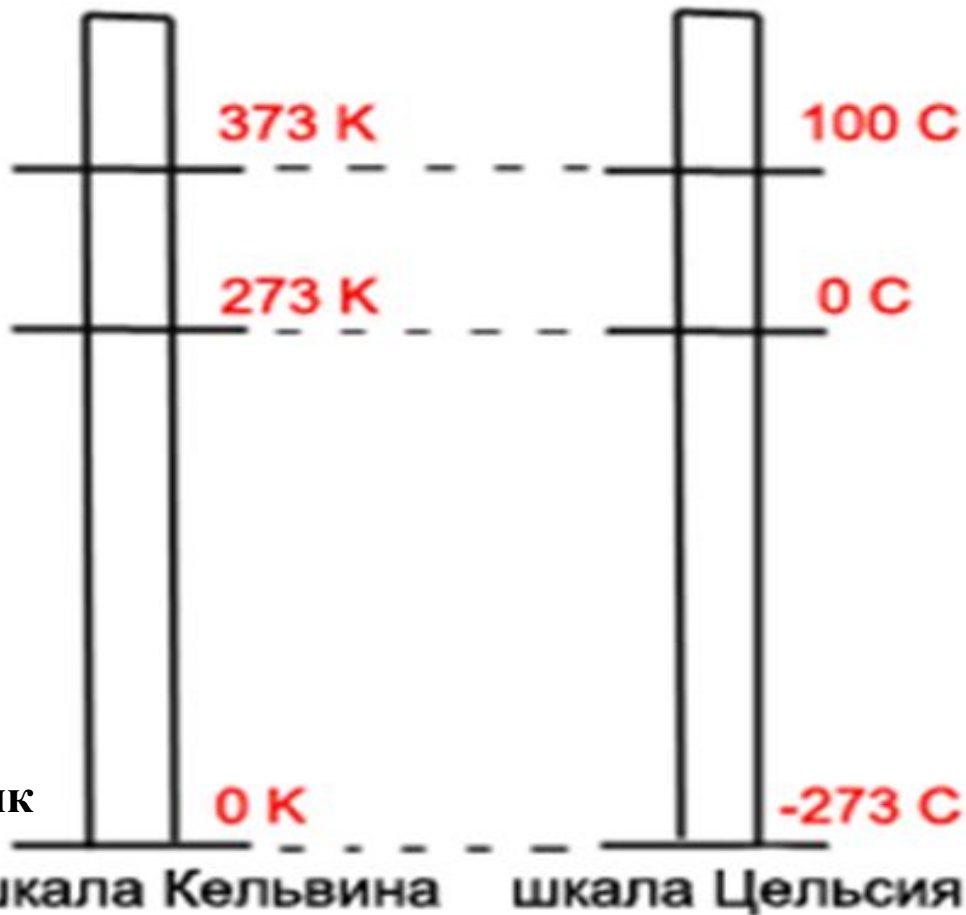
**ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ**

**термоэлектрические**

# Связь абсолютной шкалы со шкалой Цельсия



Уильям Томсон,  
лорд Кельвин  
-британский физик  
и механик.  
**1824 - 1907**



Андерс Цельсий —  
шведский астроном,  
геолог и метеоролог.  
**1701 - 1744**

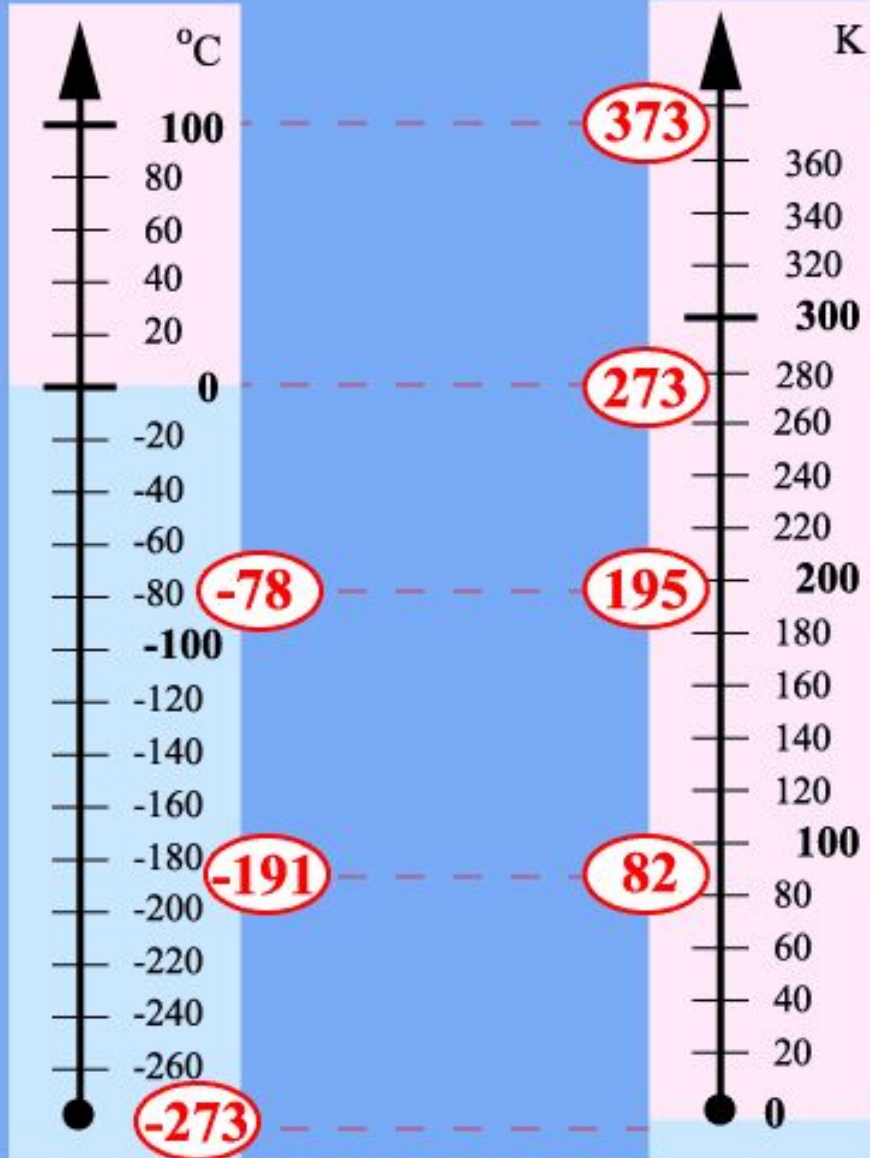
# Шкала Цельсия

# Термодинамическая шкала

$$\Delta T = \Delta t$$

$$t = T - 273$$

$$T = t + 273$$



кипение воды



$$T = t + 273$$

плавление льда



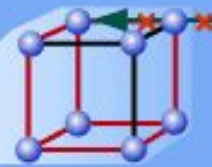
сухой лед (CO<sub>2</sub>)



жидкий воздух



абсолютный ноль



# Любопытно, что

...на самом деле шведский астроном и физик **Цельсий** предложил шкалу, в которой точка кипения воды была обозначена числом **0**, а точка плавления льда – числом **100**. Несколько позднее шкале Цельсия придал современный вид его соотечественник **Штрёмер**.

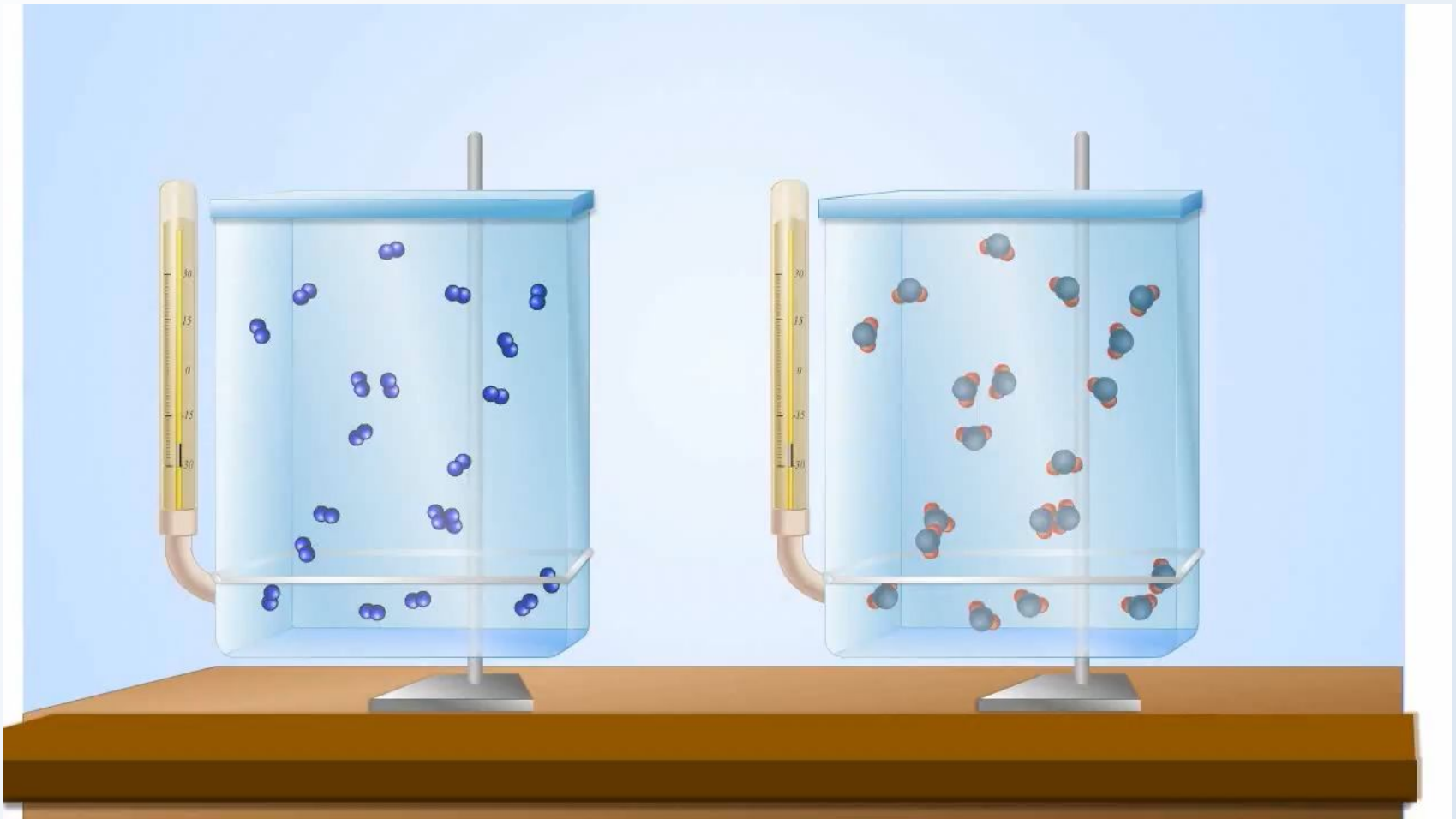


## Запомни!

В формулах абсолютная температура обозначается буквой «Т», а температура по шкале Цельсия буквой «t».

$$T = t + 273$$

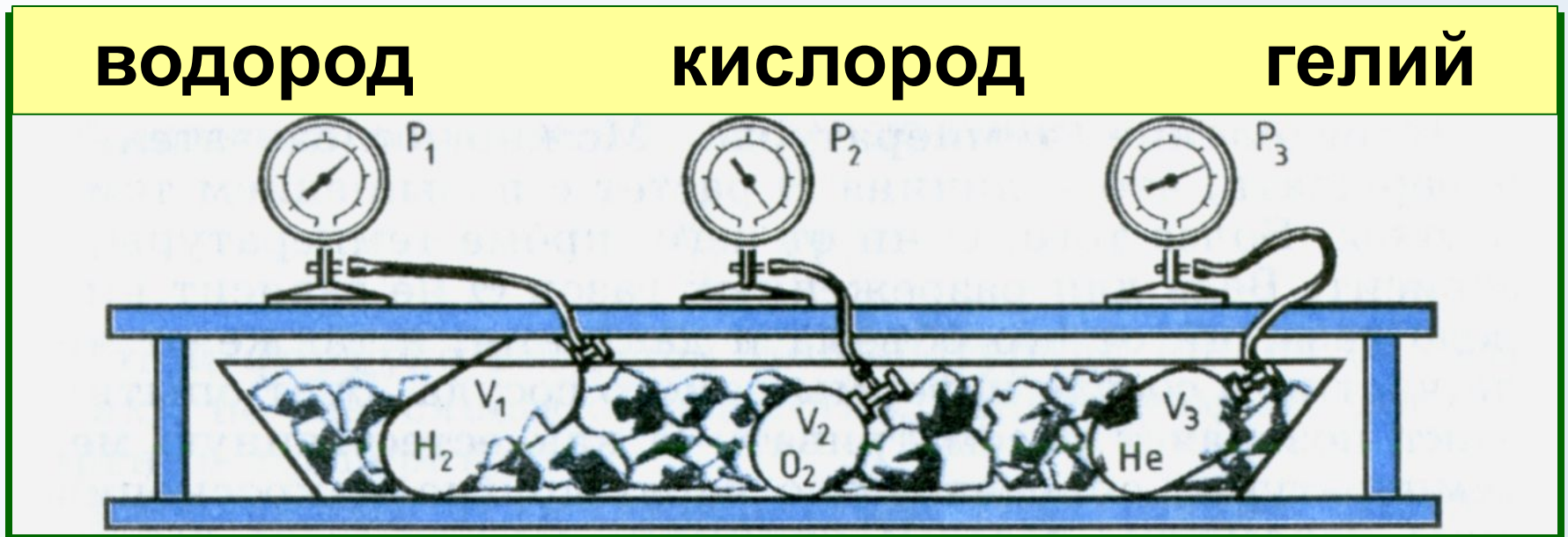
# Зависимость кинетической энергии от температуры





Предположим, что

**при тепловом равновесии именно средние кинетические энергии молекул всех газов одинаковы**



$$p = \frac{2}{3} n \bar{E} = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{E}$$

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E} = \frac{2}{3} \frac{N}{V} \bar{E}$$

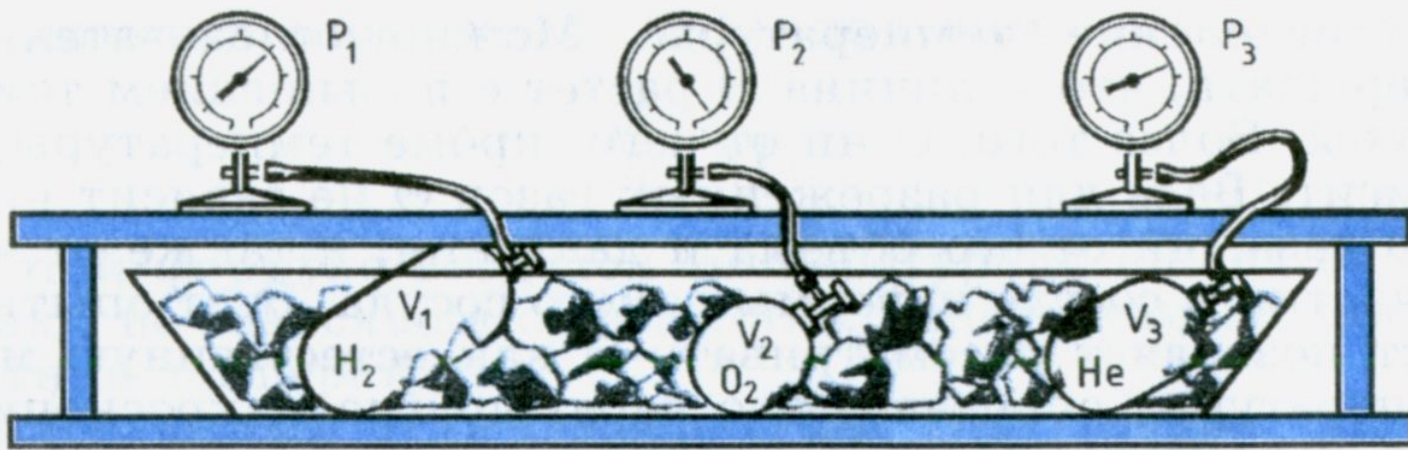
$$\frac{pV}{N} = \frac{2}{3} \bar{E}$$

$$N = \frac{m}{M} \cdot N_A$$

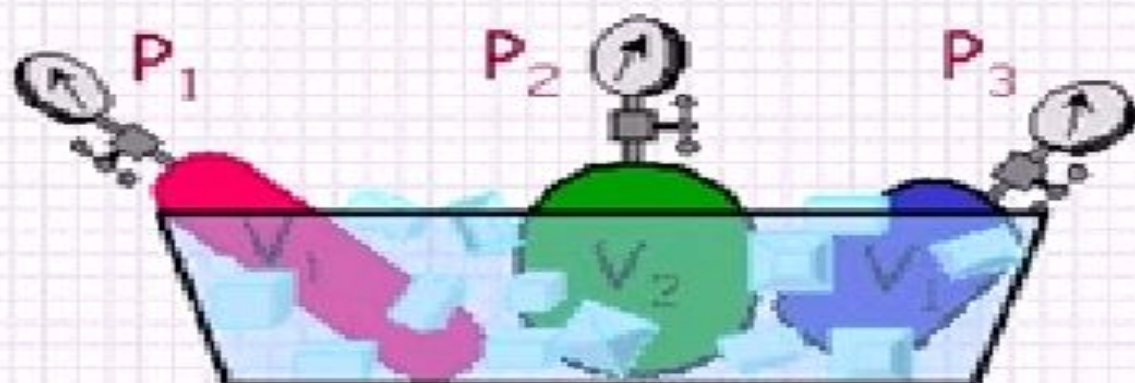
водород

кислород

гелий



$$P = \frac{2}{3} n \bar{E}$$



$$\frac{P_1 V_1}{N_1} = \frac{P_2 V_2}{N_2} = \frac{P_3 V_3}{N_3}$$

$$\frac{P V}{N} = \Theta(T) \quad \Rightarrow \quad \Theta(T) = k T$$

$$\frac{P V}{N} = k T$$

$$\frac{pV}{N} = \Theta_0 = 3,76 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

$$\frac{pV}{N} = \Theta_{100} = 5,14 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

$\Theta$  - температура в энергетических единицах

$$\Theta = kT$$

T- температура в градусах Кельвина

(абсолютная температура)

k- коэффициент

пропорциональности, постоянная Больцмана.

$$\Theta_{100} - \Theta_0 = kT_2 - kT_1 = k(T_2 - T_1)$$

# Постоянная Больцмана

Постоянная Больцмана связывает температуру  $Q$  в энергетических единицах с температурой  $T$  в кельвинах.

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



**Людвиг Больцман**  
(1844 – 1906)

$$\Theta_{100} - \Theta_0 = kT_2 - kT_1 = k(T_2 - T_1)$$

$$\begin{aligned} k &= \frac{\Theta_{100} - \Theta_0}{T_2 - T_1} = \\ &= \frac{(5,14 - 3,76) \cdot 10^{-21} \text{ Дж}}{100 \text{ К}} = \\ &= 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{ Дж}}{\text{ К}} \end{aligned}$$

Постоянная Больцмана связывает температуру в энергетических единицах с температурой в Кельвинах

$$\frac{pV}{N} = \frac{2}{3} \bar{E} = \Theta = kT$$

$$\frac{2}{3} \bar{E} = kT$$

$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT$$

**температура – мера  
средней  
кинетической  
энергии молекул.**

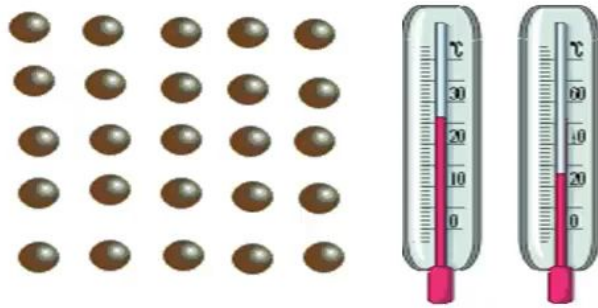


Зависимость давления газа от концентрации его молекул и температуры.

$$p = nkT$$

$$p = \frac{N}{V} kT$$

# Повторение и обобщение



**Тепловое  
движение.  
Температура**

**Д/з:**

**§ 64 - 66,**

**№ 479, 483 (сборник  
задач А.П.Рымкевич)**