

Температура – мера средней  
кинетической энергии.

Центральное место в учении о тепловых явлениях занимает понятие **температура**.

Температура – это физическая величина, характеризующая степень нагретости тела.

В состоянии теплового равновесия все тела системы имеют одинаковую температуру, хотя другие макроскопические параметры могут отличаться. (пример с мячом внесенным с холода в теплое помещение).

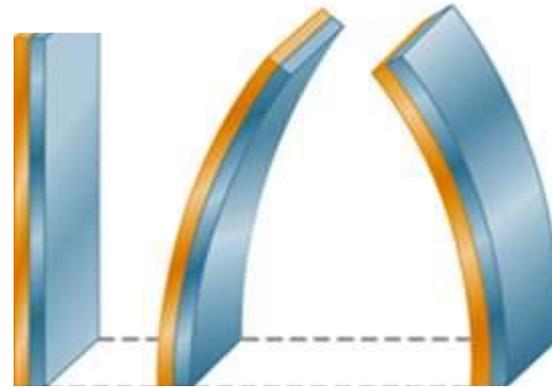
Тепловое равновесие – это такое состояние системы, при котором макроскопические параметры ( $p$ ,  $V$ ,  $t$ ) сколь угодно долго остаются неизменными.

Для измерения температуры служат **термометры – это устройства, в которых используется зависимость какого-либо параметра от температуры.**



В жидкостных термометрах используется зависимость объема жидкости от температуры.





В металлических термометрах используются биметаллические пластинки: две пластинки из разных металлов, соединенные между собой. Коэффициент линейного расширения металлов разный, поэтому при нагревании и охлаждении пластинки изгибаются, через передаточный механизм это передается стрелке прибора.



Электрические термометры используют зависимость сопротивления проводников или полупроводников от температуры.

Недостатком все этих термометров является то, что шкала прибора зависит от конкретного вещества, используемого в приборе.

Например, если разбился любимый комнатный стеклянный термометр, то мы не сможем в него переставить стеклянную трубочку с жидкостью от другого термометра – шкала не подойдет.

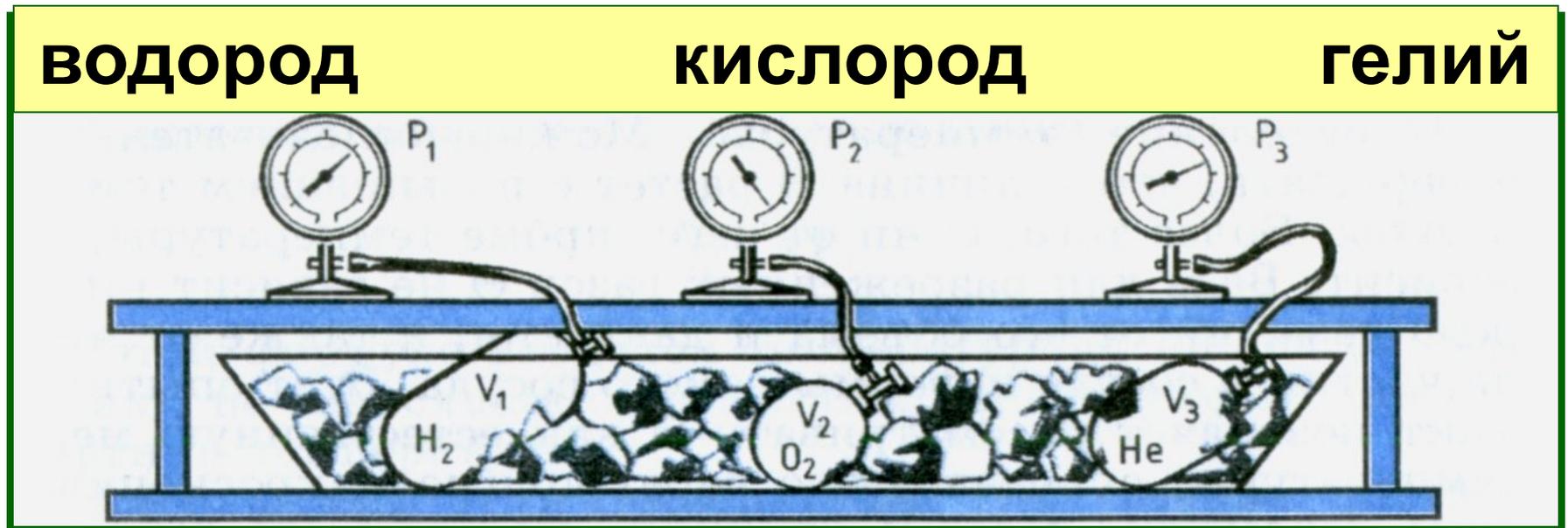
Какое же вещество можно использовать в термометрах, чтобы избавиться от этой зависимости?

Оказалось, что все разреженные газы (водород, кислород, гелий ...) расширяются при нагревании одинаково и одинаково меняют свое давление при изменении температуры.

На основе этого в физике появилась **универсальная газовая шкала температур или как ее еще называют абсолютная шкала температур.**

Можно предположить, что

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



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

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

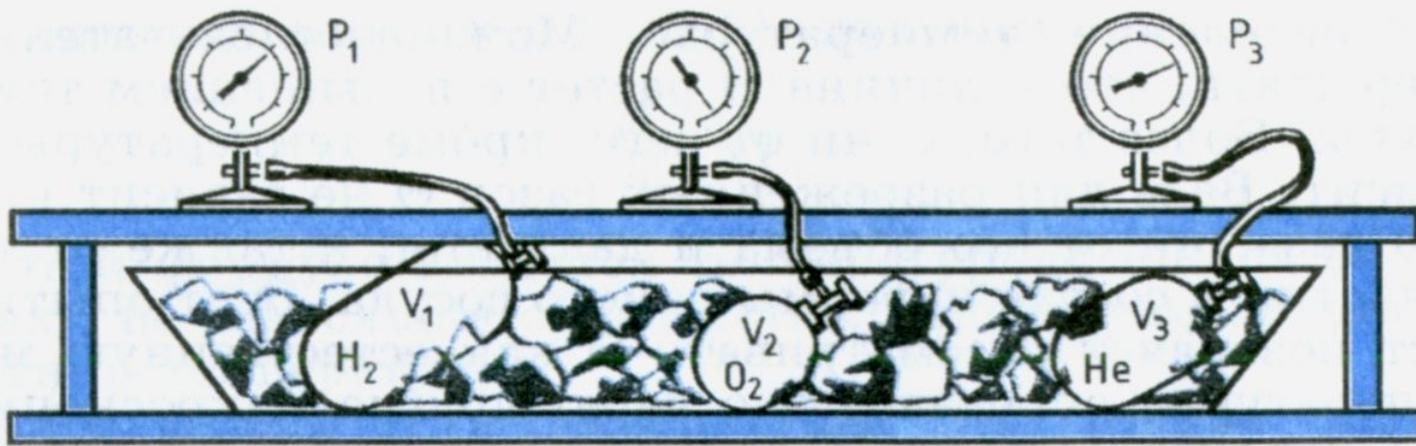
$$\frac{pV}{N} = \frac{2}{3} \bar{E}$$

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

водород

кислород

гелий



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

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

На основе этого в физике появилась  
**универсальная газовая шкала  
температур** или как ее еще  
называют **абсолютная шкала  
температур.**

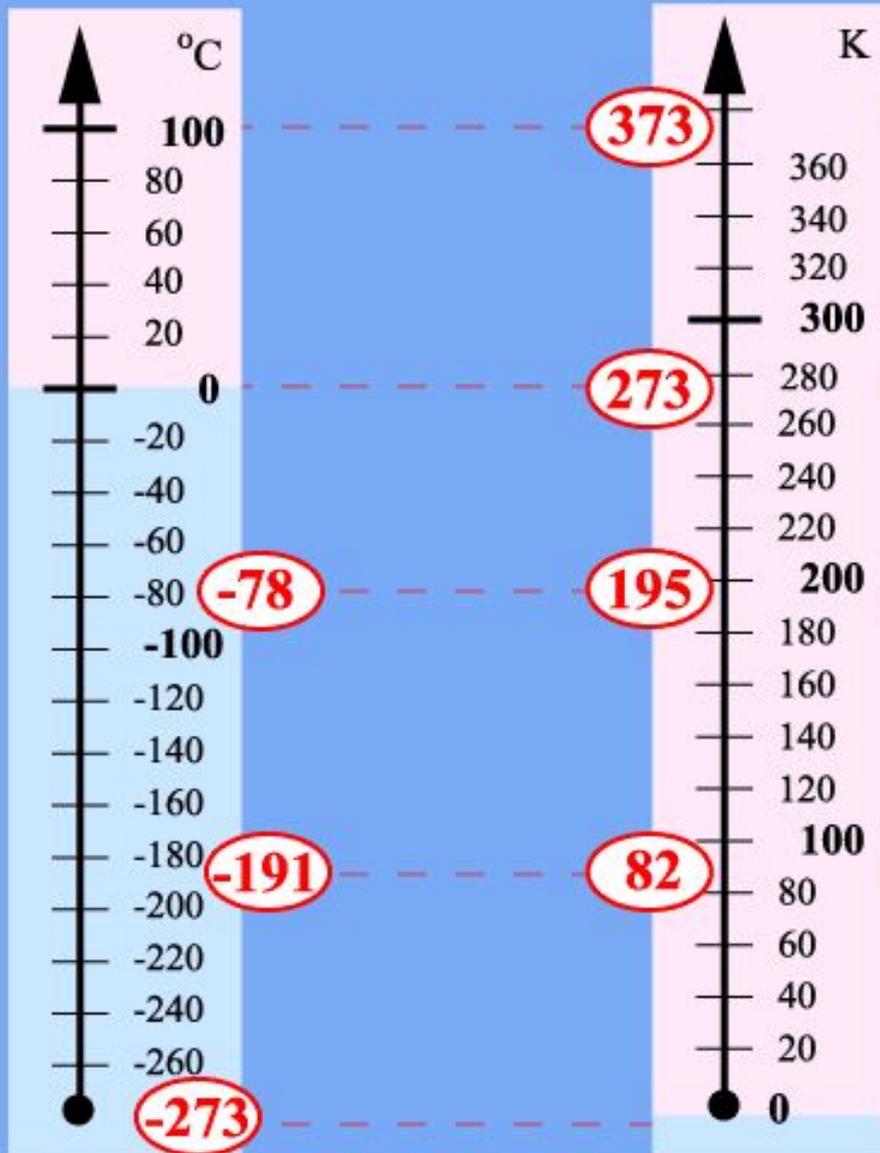
# Шкала Цельсия

# Термодинамическая шкала

$$\Delta T = \Delta t$$

$$t = T - 273$$

$$T = t + 273$$



кипение воды



$$T = t + 273$$

плавление льда



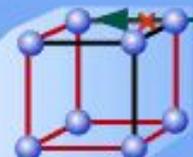
сухой лед (CO<sub>2</sub>)



жидкий воздух



абсолютный ноль



$\Theta$  - температура в энергетических единицах

$$\Theta = kT$$

$T$ - температура в градусах Кельвина  
(абсолютная температура)

$k$ - коэффициент пропорциональности,  
постоянная Больцмана.

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

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

$$k = \frac{\Theta_{100} - \Theta_0}{T_2 - T_1} =$$

$$= \frac{(5,14 - 3,76) \cdot 10^{-21} \text{ Дж}}{100 \text{ К}} =$$

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

Постоянная Больцмана связывает температуру в энергетических единицах с температурой в Кельвинах.

Итак, наряду с традиционной температурной шкалой Цельсия и температурой по шкале Цельсия –  $t$  (измеряется в °С)

Появилась абсолютная шкала температур – шкала Кельвина и абсолютная температура –  $T$ , измеряемая в кельвинах (К).

$$T = t + 273$$

- связь абсолютной температуры с температурой по шкале Цельсия.

В отличие от температуры Цельсия абсолютная температура не бывает отрицательной, ее минимальная температура – это **абсолютный нуль температур**.

Единица измерения абсолютной температуры подобрана так, что

$$[1K] = [1^\circ C]$$

Это значит, что если  $\Delta t = 10^\circ C$ , то и  $\Delta T = 10K$

Проверим:

пусть начальная температура воды  $t_1 = 0^\circ C$ ,  
конечная температура  $t_2 = 10^\circ C$ , тогда  $\Delta t = 10^\circ C$

По абсолютной шкале температур:

$$= t_1 + 273 = 273K$$

$$+ 273 = 283K,$$

тогда  $\Delta T = 10K$

$$T_1$$
$$T_2 = t_2$$

но температура на улице  $1^\circ C = 274K$  !!! (а не 1K)

Опыты с различными газами показали, что для любых разреженных газов:

величина  $\frac{pV}{N}$  пропорциональна температуре, т.е.

$\frac{pV}{N} = kT$ , но  $\frac{N}{V} = n$  – концентрация, тогда

$\frac{p}{n} = kT \Rightarrow$  (1)  $p = nkT$  – зависимость давления газа

от температуры

$k$  – коэффициент пропорциональности, называется **постоянная Больцмана**:

**$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К**

Согласно основному уравнению МКТ идеального  
газа:

$$p = \frac{2}{3} n \bar{E} \quad (2)$$

Из уравнений (1) и (2) следует:

$$nkT = \frac{2}{3} n \bar{E} \quad \Rightarrow$$

(3) 
$$\bar{E} = \frac{3}{2} kT$$
 - связь средней кинетической энергии  
молекулы с температурой:  
**температура – мера средней  
кинетической энергии  
молекул.**

Мы знаем также, что *средняя кинетическая энергия молекулы равна*

$$(4) \quad \bar{E} = \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$$

Из формул (3) и (4) следует:

$$\frac{m_0 \overline{v^2}}{2} = \frac{3}{2} kT \quad \Rightarrow \quad m_0 \overline{v^2} = 3kT \quad \Rightarrow$$

$$(5) \quad \bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}$$

- Средняя квадратичная (или средняя) скорость молекулы ( $m_0$  – масса молекулы)