

**ТЕМПЕРАТУРА И ЕЕ ИЗМЕРЕНИЕ.  
ГАЗОВЫЕ ЗАКОНЫ. АБСОЛЮТНЫЙ  
НУЛЬ ТЕМПЕРАТУРЫ.**



## ПОВТОРЕНИЕ

- 1. Назвать основные положения МКТ
- 2. Что называется диффузией и от чего она зависит?
- 3. От чего зависит скорость молекул?
- 4. От чего зависит агрегатное состояние вещества?
- 5. Назовите макроскопические и микроскопические параметры.



## ТЕМПЕРАТУРА

- ▣ **Температу́ра** (от лат. *temperatura* — надлежащее смешение, нормальное состояние) — физическая величина, характеризующая термодинамическую систему и количественно выражающая интуитивное понятие о различной степени нагретости тел.

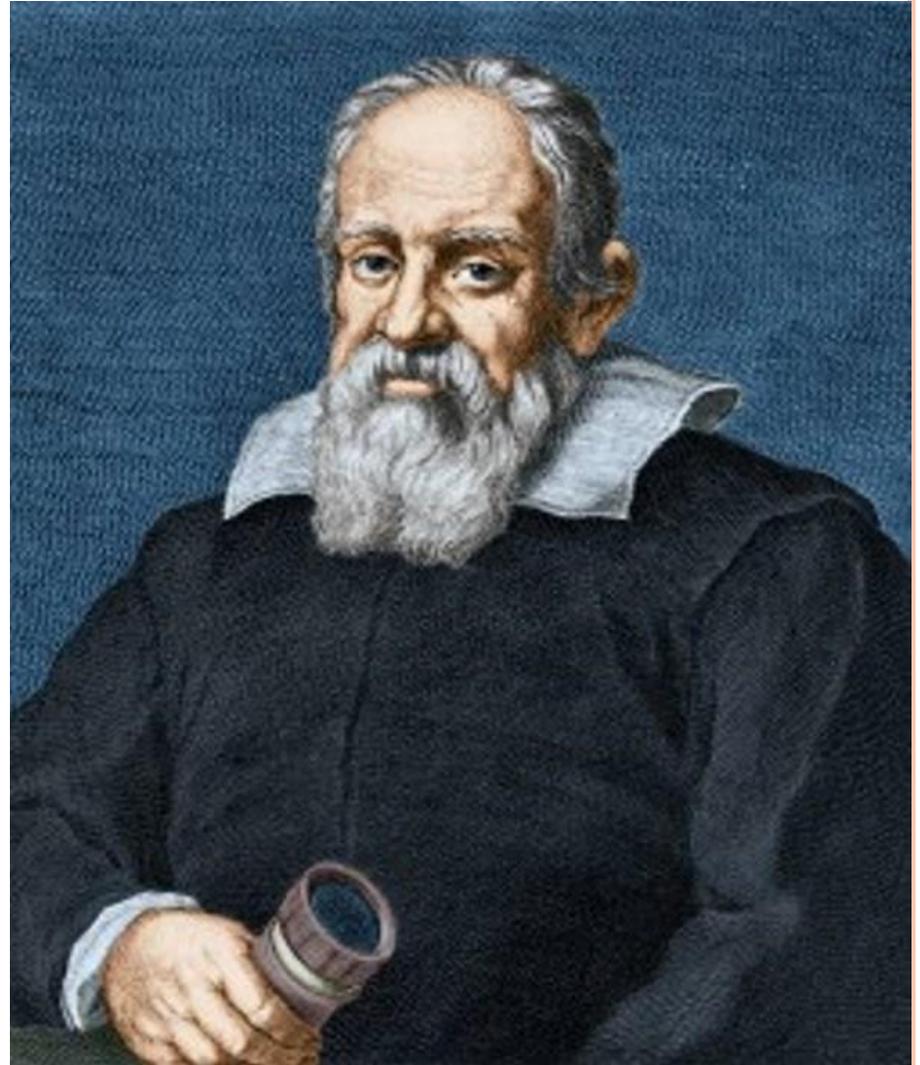


## ТЕМПЕРАТУРА

- До изобретения термометра люди могли судить о тепловом состоянии только по своим непосредственным ощущениям: тепло, холодно, прохладно, горячо...



□ История термодинамики началась, когда в 1592 году Галилео Галилей создал первый прибор для наблюдений за изменениями температуры, назвав его термоскопом.



- У термоскопа Галилея не было шкалы, он представлял собой небольшой стеклянный шарик с припаянной стеклянной трубкой. Шарик нагревали, а конец трубки опускали в воду. Когда шарик охлаждался, давление в нем уменьшалось, и вода в трубке под действием атмосферного давления поднималась на определенную высоту вверх. При потеплении уровень воды в трубке опускался вниз.

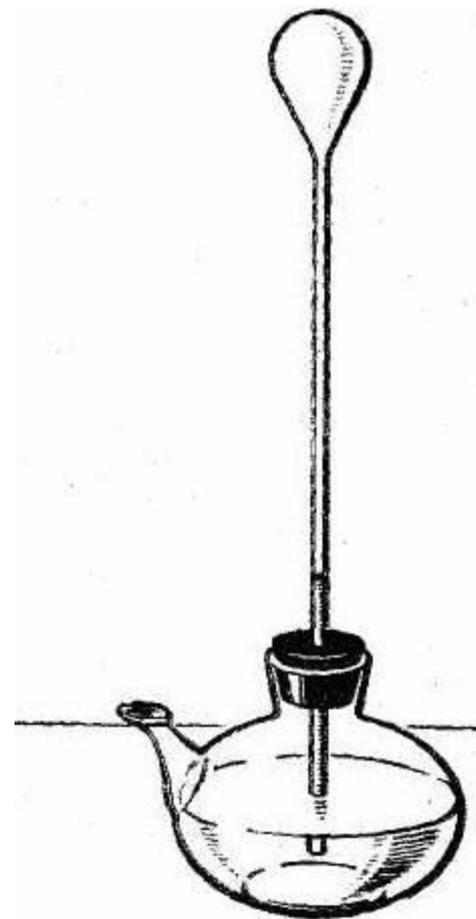
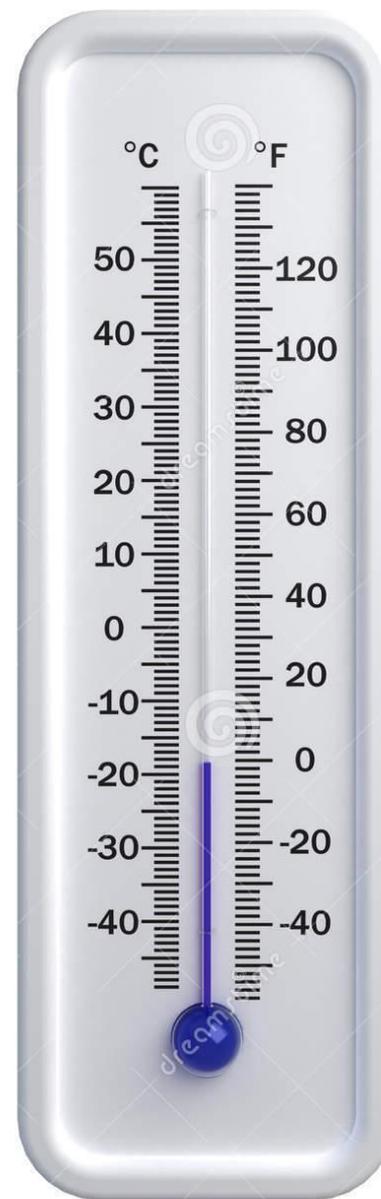


Рис. 5. Термоскоп Галилея



# ИЗМЕРЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ.

Для измерения температуры служат специальные приборы - термометры. Их действие основано на том факте, что при изменении температуры, изменяются и другие физические параметры тела, например, такие, как давление и объем.



## ВИДЫ ТЕРМОМЕТРОВ

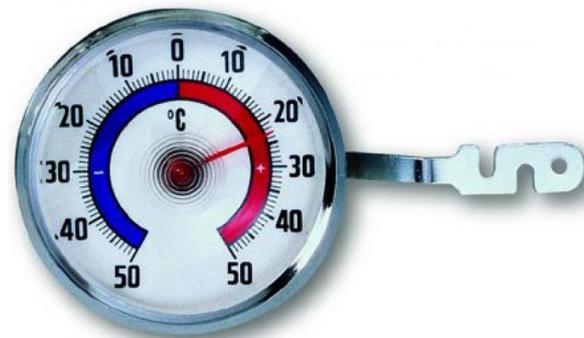
- ▣ **Жидкостные** термометры основаны на принципе изменения объема жидкости, которая залита в термометр (ртуть, спирт), при изменении температуры окружающей среды



# ВИДЫ ТЕРМОМЕТРОВ

## Механические термометры

действуют по тому же принципу, что и жидкостные, но в качестве датчика обычно используется металлическая спираль или лента из биметалла



## Электрический термометр.

Принцип работы электрических термометров основан на изменении сопротивления проводника при изменении температуры окружающей среды.



## ВИДЫ ТЕРМОМЕТРОВ

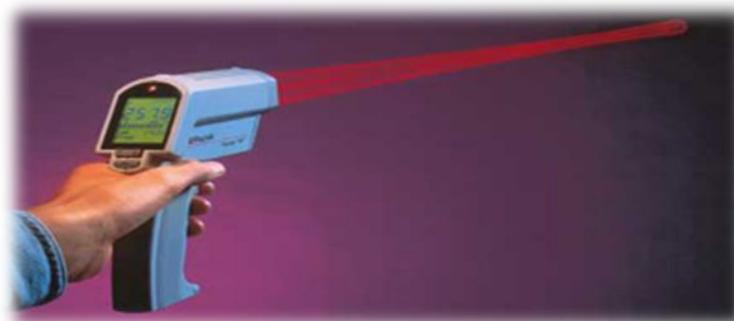
- ❑ **Газовый термометр.** В конце XVIII в. Шарль установил, что одинаковое нагревание любого газа приводит к одинаковому повышению давления, если при этом объем остается постоянным. При изменении температуры зависимость давления газа при постоянном объёме выражается линейным законом. А отсюда следует, что давление газа (при  $V = \text{const}$ ) можно принять в качестве количественной меры температуры.
- ❑ **Оптические термометры.** Оптические термометры позволяют регистрировать температуру благодаря изменению уровня светимости.



# ПИРОМЕТР

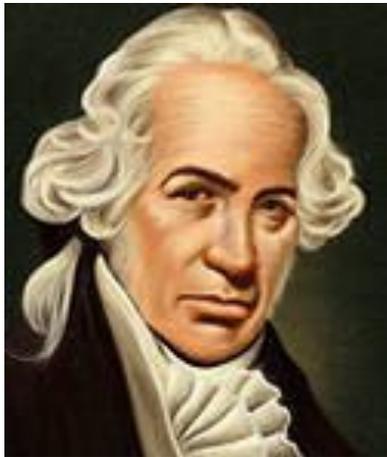
— прибор для  
бесконтактного  
измерения температуры  
тел

( изобретен в  
1692—1761 гг.).



# ТЕРМОМЕТР ФАРЕНГЕЙТА

- В 1714 году голландский ученый Фаренгейт сделал ртутный термометр.
- Он поместил термометр в смесь льда и поваренной соли и обозначил высоту столбика ртути за 0 градусов. Следующей точкой у Фаренгейта была температура человеческого тела – 96 градусов. Сам изобретатель определял вторую точку как «температуру под мышкой здорового англичанина»



# ТЕРМОМЕТР ЦЕЛЬСИЯ

- шведский астроном Андерс Цельсий использовал ртутный термометр Фаренгейта с собственной шкалой, где температура кипения воды была принята за 100 градусов, а таяния льда — за 0 градусов



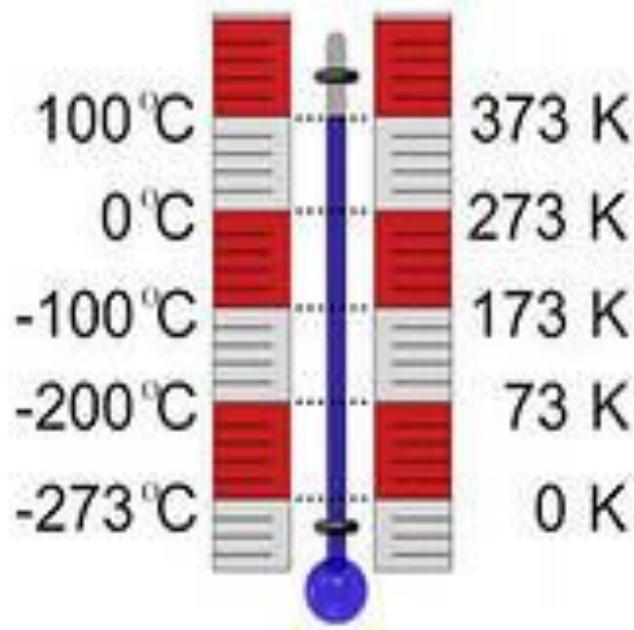
## ТЕРМОМЕТР РЕОМЮРА

- В 1730 году французский физик Р. Реомюр предложил спиртовой термометр с постоянными точками таяния льда ( $0\text{ }^{\circ}\text{R}$ ) и кипения воды ( $80\text{ }^{\circ}\text{R}$ ).

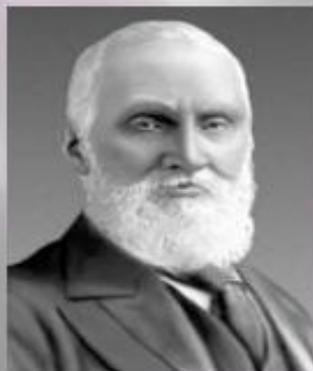
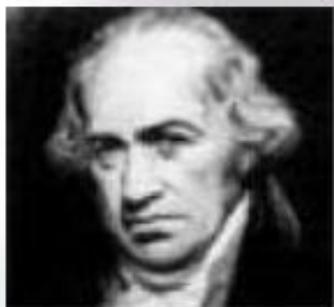


# ТЕРМОМЕТР КЕЛЬВИНА (АБСОЛЮТНАЯ ШКАЛА ТЕМПЕРАТУР)

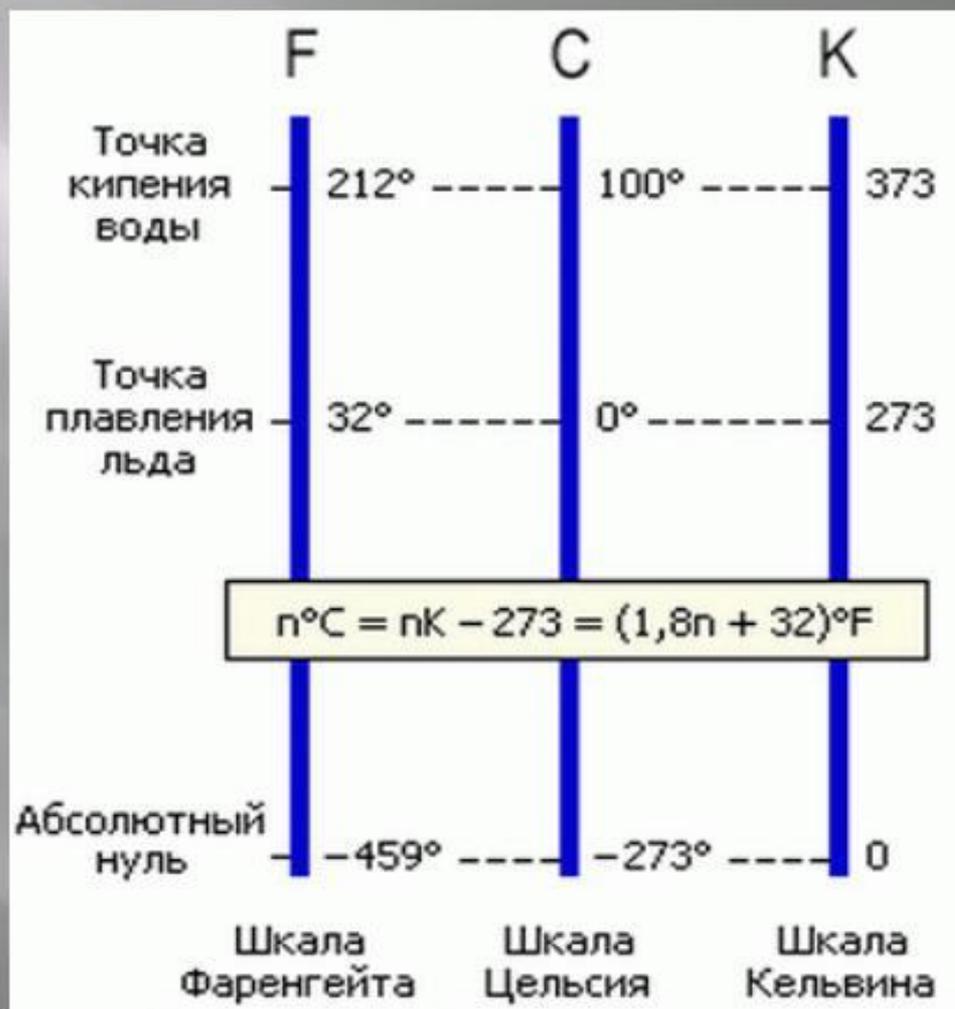
- введена англ. физиком У. Кельвином
- нет отрицательных температур



# ШКАЛА ТЕМПЕРАТУР



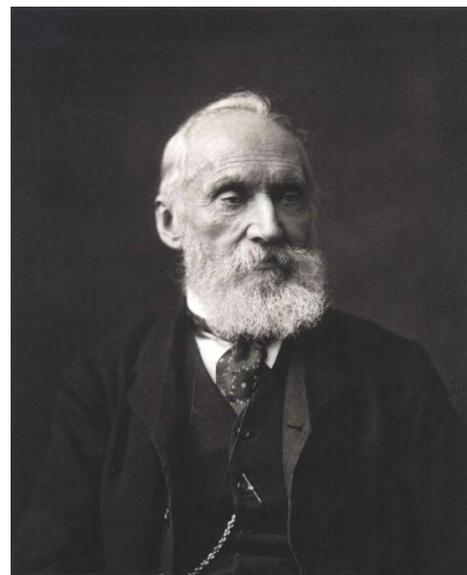
## Абсолютная шкала температур.



В технике, медицине, метеорологии и в быту в качестве единицы измерения температуры используется шкала Цельсия.

В настоящее время в системе СИ термодинамическую шкалу Цельсия определяют через шкалу Кельвина:

$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273,15$  (точно),  
т. е. цена одного деления в шкале Цельсия равна цене деления шкалы Кельвина.



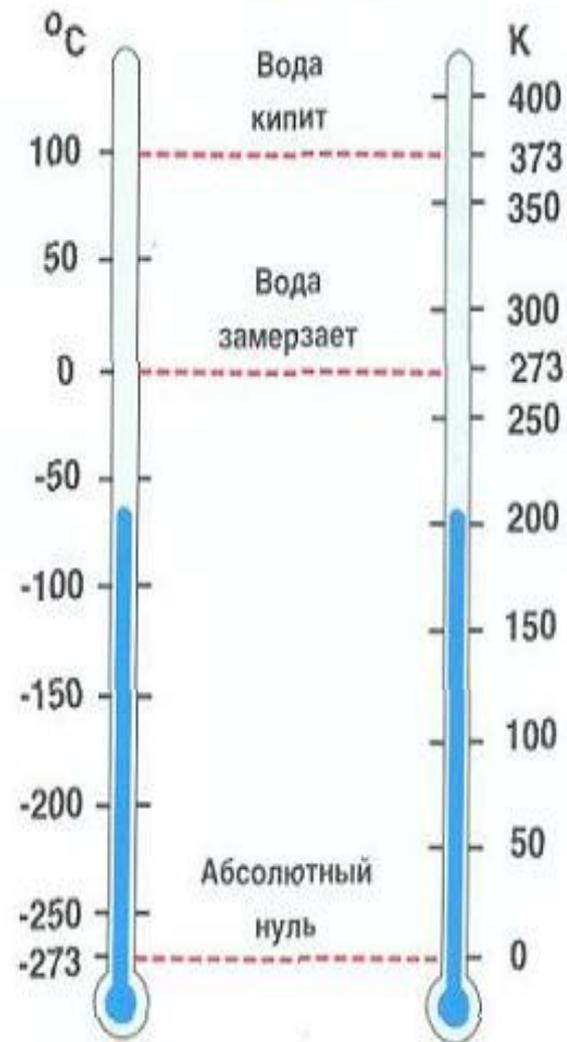
- ▣ **Абсолютный нуль температур** – температура, при которой прекращается тепловое движение молекул. Абсолютный нуль температуры, начало отсчета температуры по термодинамической температурной шкале – шкале Кельвина.

**Абсолютная температура обозначается - T**

Измеряется в системе СИ - [К]

От Цельсия к Кельвину:

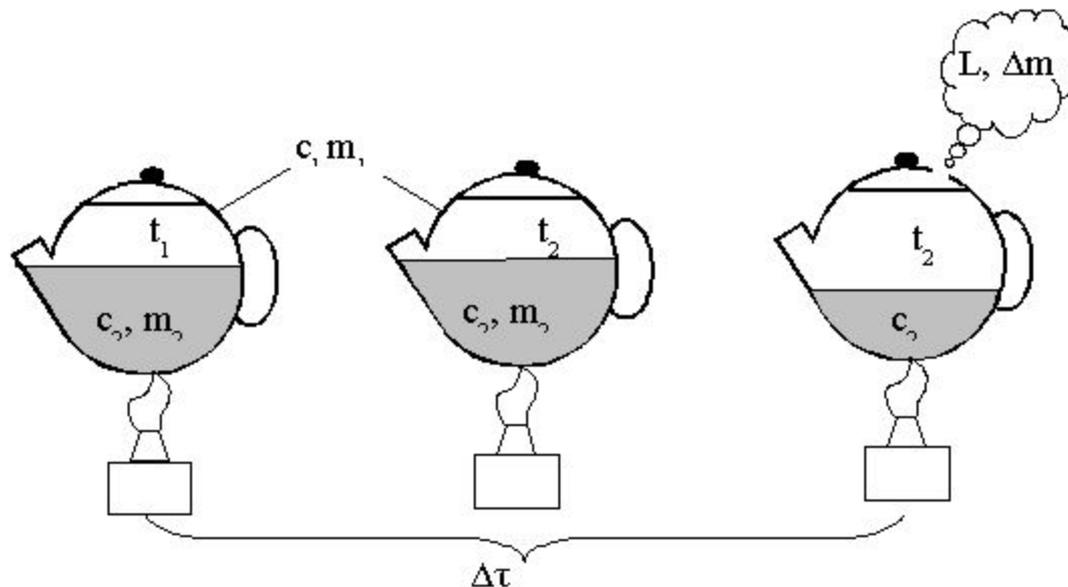
$$K = ^\circ C + 273.$$



Здесь показано соотношение между шкалами Цельсия и Кельвина. На шкале Цельсия 0 установлен в точке замерзания воды; на шкале Кельвина 0 установлен на абсолютном нуле.

# ТЕПЛОВОЕ РАВНОВЕСИЕ

- Опыт показывает, что в изолированных системах (в системах тел, которые не могут обмениваться энергией с окружающими объектами), каково бы ни было начальное состояние, в конце концов, устанавливается состояние термодинамического равновесия.



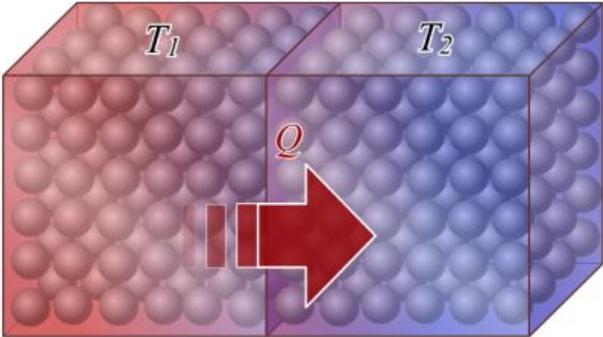
# ТЕПЛОВОЕ РАВНОВЕСИЕ

- Термодинамическое равновесие — состояние системы, при котором остаются неизменными по времени макроскопические величины этой системы (температура, давление, объём) в условиях изолированности от окружающей среды.

Температура

Тепловое равновесие

$T_1 > T_2$



The diagram shows two adjacent rectangular blocks. The left block is red and contains many small red spheres, representing a higher temperature  $T_1$ . The right block is blue and contains many small blue spheres, representing a lower temperature  $T_2$ . A large red arrow labeled  $Q$  points from the red block to the blue block, indicating the direction of heat transfer. Above the blocks, the text  $T_1 > T_2$  is written.

Температура характеризует . При тепловом равновесии температура всех тел системы  и .

Сброс



## СВЯЗЬ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ И ТЕМПЕРАТУРЫ

$$p = \frac{2}{3} n \overline{E_k}$$

$$\frac{pV}{N} = \frac{2}{3} \overline{E_k}$$

$$\frac{pV}{N} = kT$$

$$p = nkT$$

Давление газа - основное уравнение МКТ

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



# ПОСТОЯННАЯ БОЛЬЦМАНА

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

связывает температуру в энергетических единицах с температурой  $T$  в кельвинах.



## УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ИДЕАЛЬНОГО ГАЗА

### ☐ Уравнение Менделеева—Клапейрона

Устанавливает зависимость между давлением, объёмом и абсолютной температурой идеального газа. Уравнение имеет вид:

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

- ☐  $p$  — давление
- ☐  $V$  — объём
- ☐  $R$  — универсальная газовая постоянная
- ☐  $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
- ☐  $T$  — абсолютная температура, К.

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \text{const}$$



# Уравнение состояния идеального газа

Количественная зависимость между двумя параметрами газа при фиксированном значении третьего параметра называют

**газовыми законами.**

Процессы, протекающие при неизменном значении одного из параметров

**T, V** или **p**

называют *изопроцессами.*



# Газовые законы (изопроеессы)

Заполнить таблицу

Название процесса	Постоянный параметр	Правило	Математическая запись закона	Графики процессов в системе координат		
				p-V	p-T	V-T



$$p = \text{const}$$

Изобарный процесс

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \text{const}$$

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{const}$$



$$p = \text{const}$$

Для данной массы данного вещества,  
отношение объема газа к его температуре  
постоянно, если давление не меняется.

**Закон Гей-Люссака**



$$V = \textit{const}$$

Изохорный процесс

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \textit{const}$$

$$\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \textit{const}$$



$$V = \text{const}$$

Для данной массы данного вещества,  
отношение давления газа к температуре  
постоянно, если объем не меняется.

**Закон Шарля**



$$T = \text{const}$$

Изотермический процесс

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2} = \text{const}$$

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = \text{const}$$



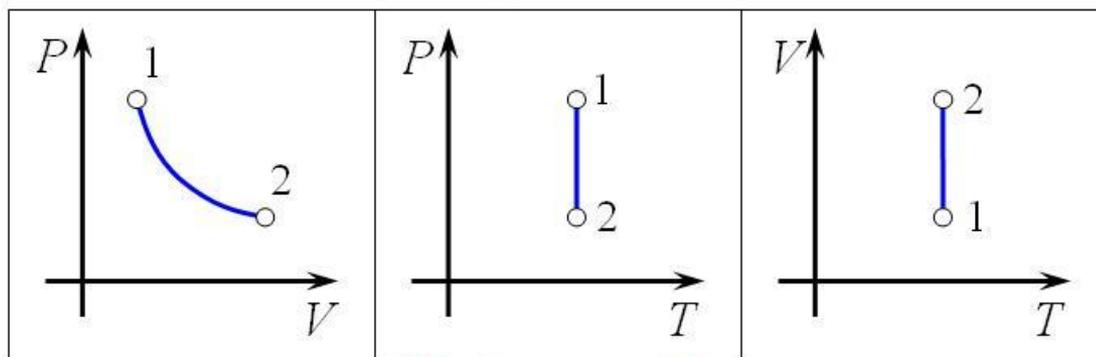
$$T = \textit{const}$$

Для данной массы данного вещества, произведение давления газа на его объем постоянно, если температура газа не меняется.

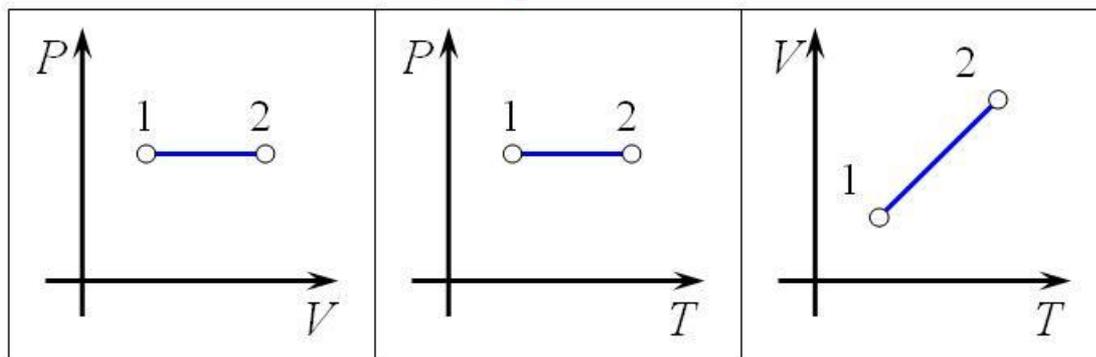
Закон Бойля - Мариотта



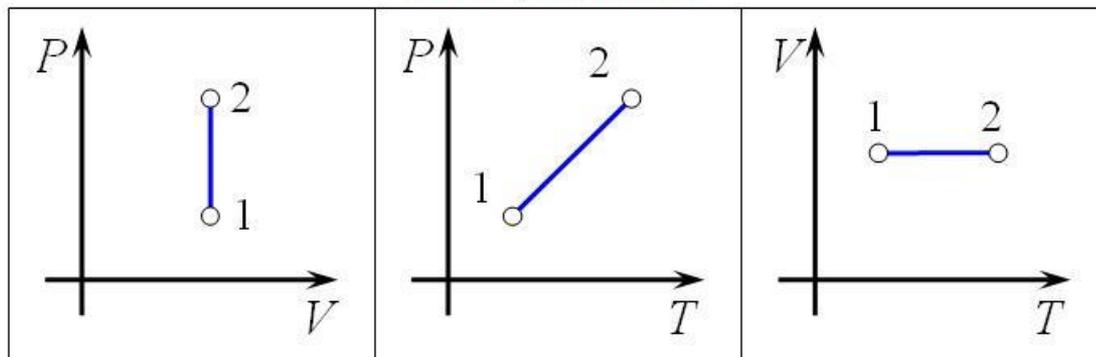
### Изотермический



### Изобарический



### Изохорический



**ЗАДАЧА:**

**На рисунке дан график изменения состояния идеального газа в координатах  $V, T$ . Представьте этот процесс на графиках в координатах  $p, V$  и  $p, T$ .**

