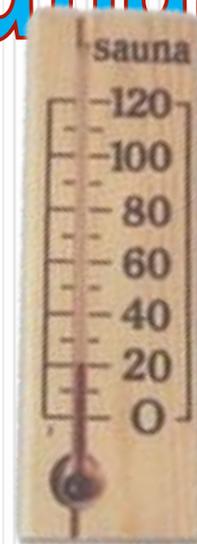


# Тема урока Абсолютная температура.

## Термодинамическая шкала,

## Абсолютный ноль.



# □ Что такое температура?



◆ **Температура – величина, характеризующая степень нагретости тела.** (Часть определения температуры).

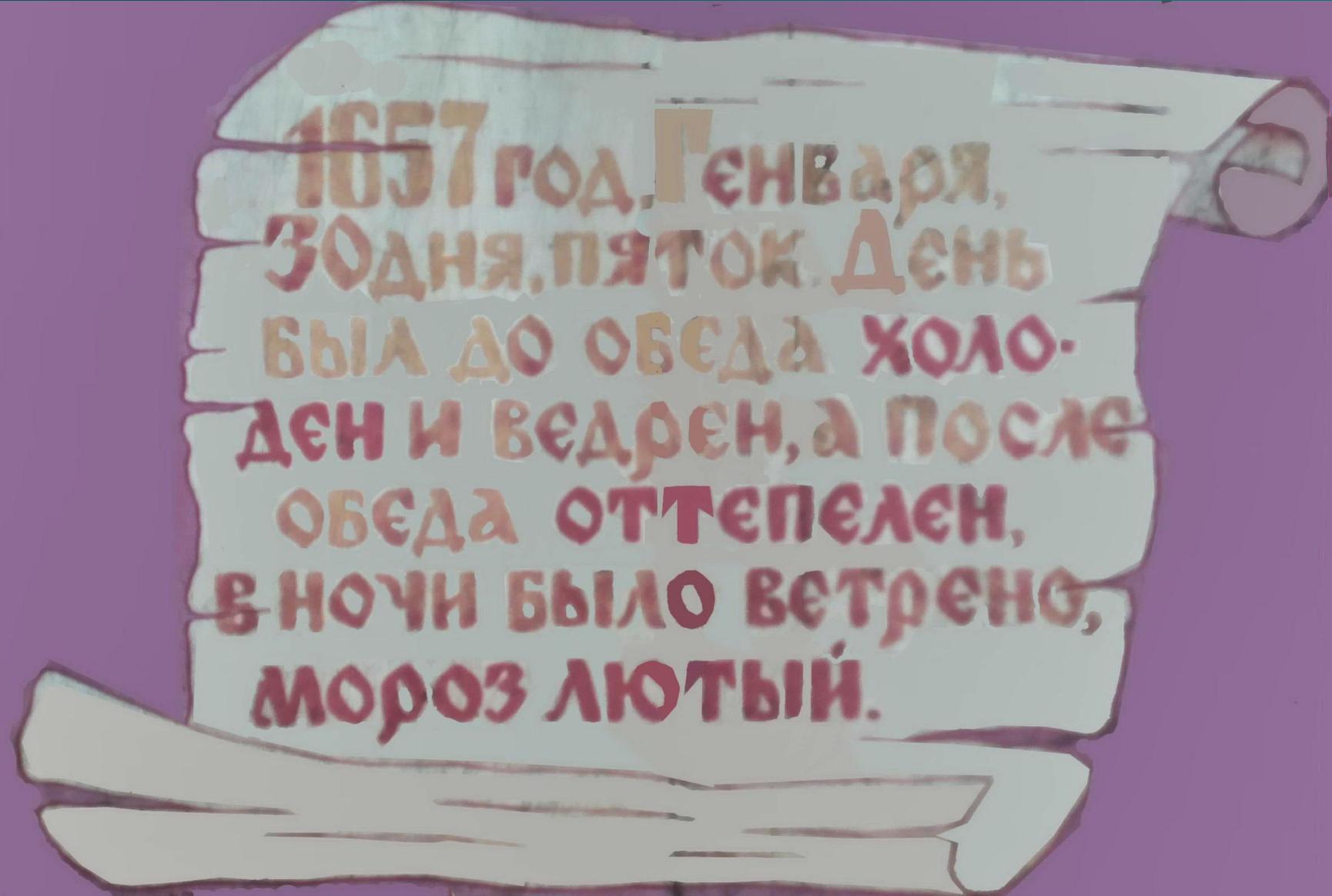
Что такое самая глубокая степень холода?



# Чему равна минимальная температура в природе?



# □ Как измеряется температура?



1657 год. Января,  
30 дня, пятък. День  
быа до обеда холо-  
ден и ведрен, а после  
обеда оттепелен,  
в ночи было ветрено,  
мороз лютой.

Так в старину на Руси записывали информацию о погоде.

## ❖ Прибор для измерения температуры – термометр.



Термоскоп Галилея (XVI век)

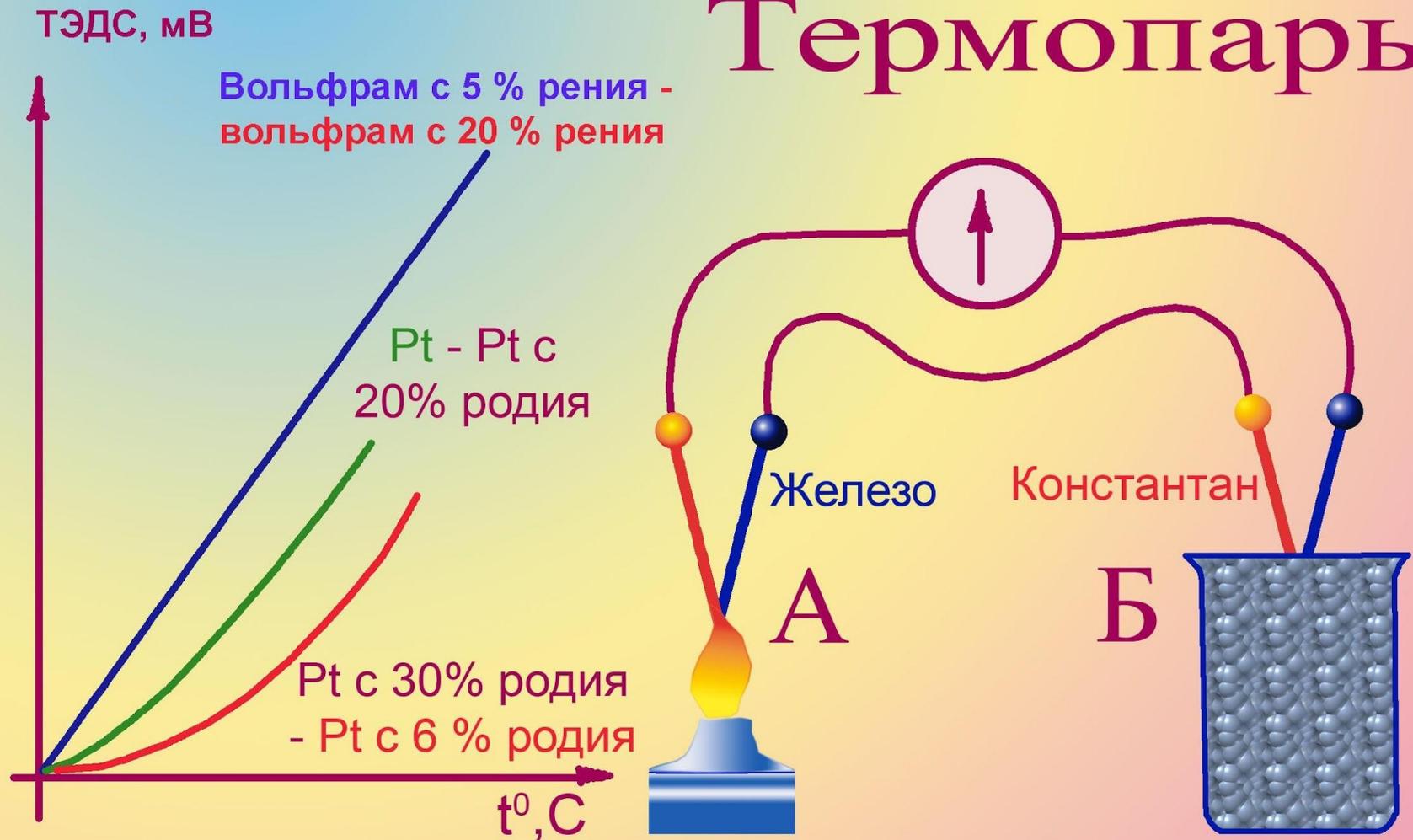


Термометры флорентийских академиков (XVII век)

**Постоянные точки первых жидкостных термометров намечались произвольно – по наивысшей жаре и наибольшему холоду в данной местности, поэтому измерение температуры было весьма приблизительным.**

## Современные термометры:

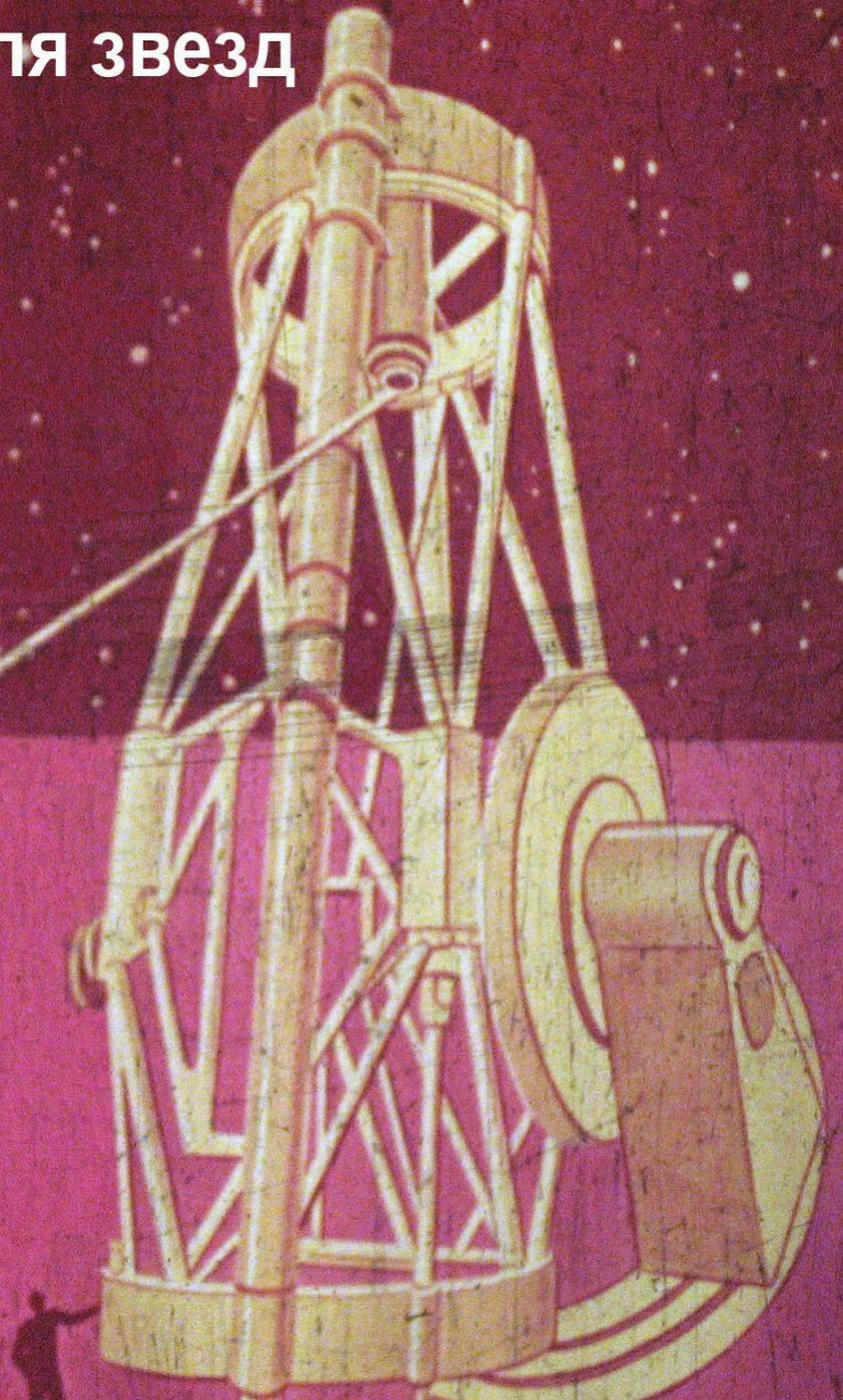
# Термопары



Нагревая спай А двух разнородных проводников и охлаждая спай Б, мы видим, что в цепи возникает термоэдс. Величина ЭДС различных термопар пропорциональна разности температур

# Термопары - термометры для звезд

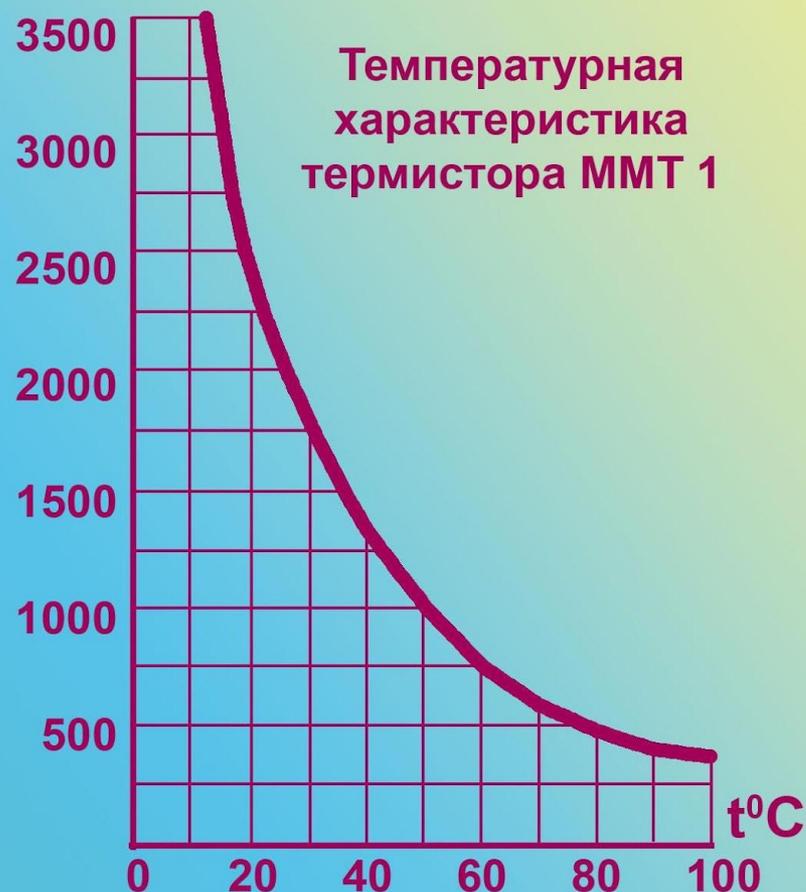
Термопара  
устанавливаемая  
в телескопе



# Полупроводниковые термометры

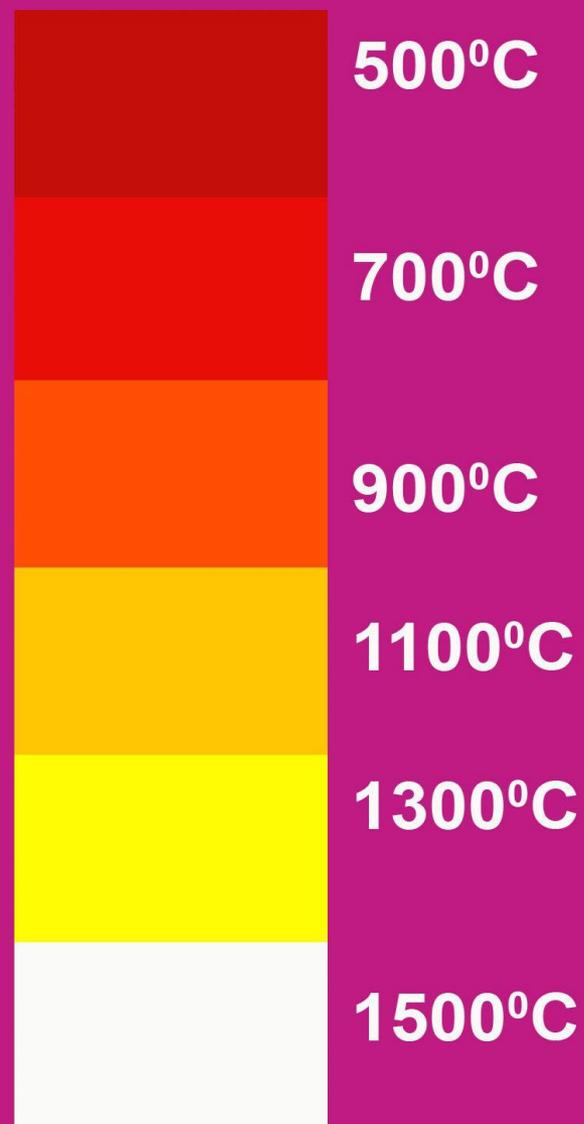


R, Ом

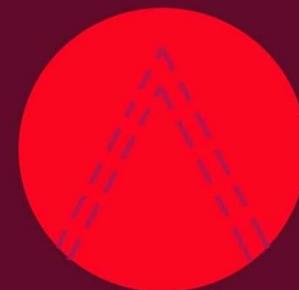
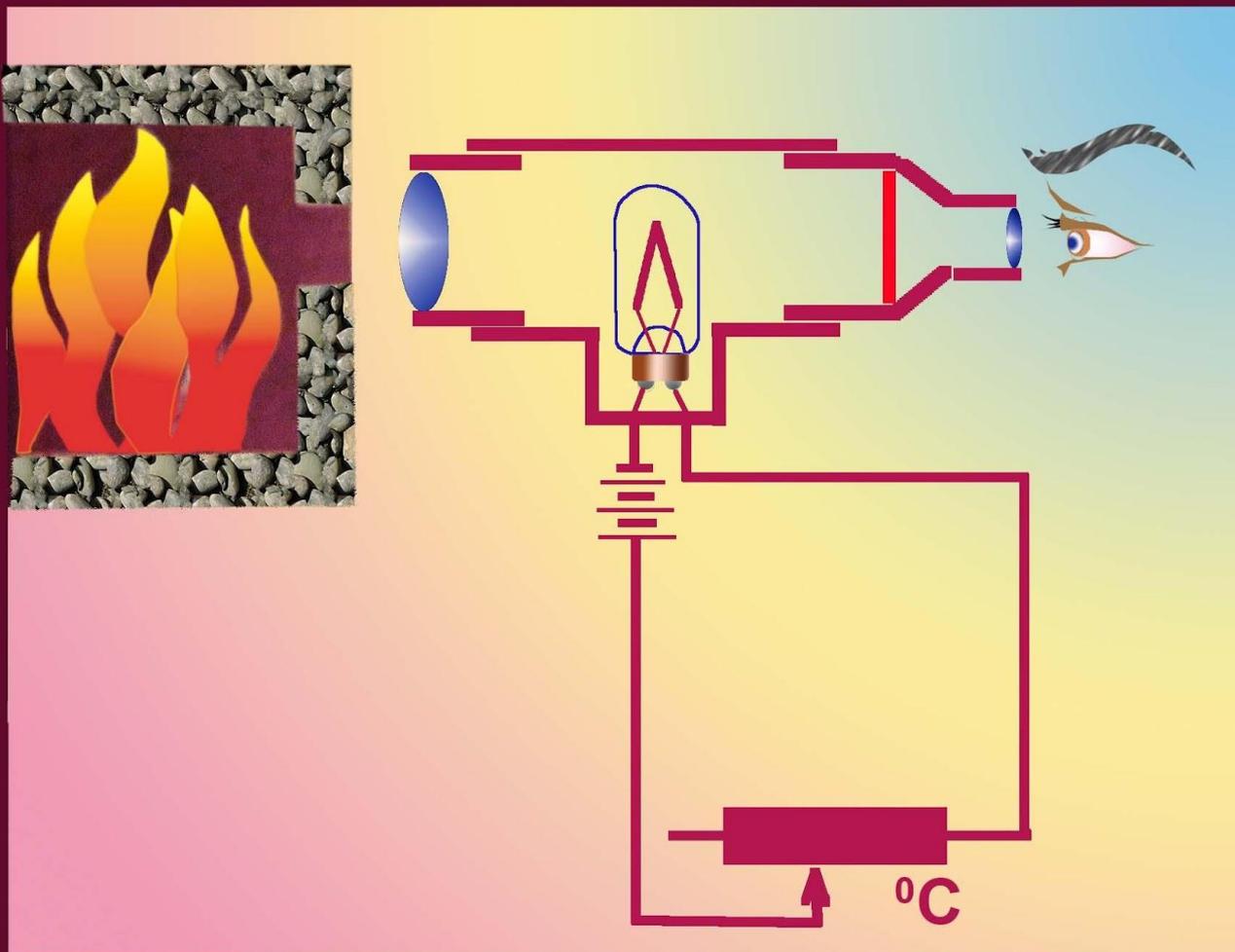


При нагревании полупроводника его сопротивление резко уменьшается. Это легко фиксируется прибором, шкала которого градуируется в градусах.

# ОПТИЧЕСКИЕ ТЕРМОМЕТРЫ

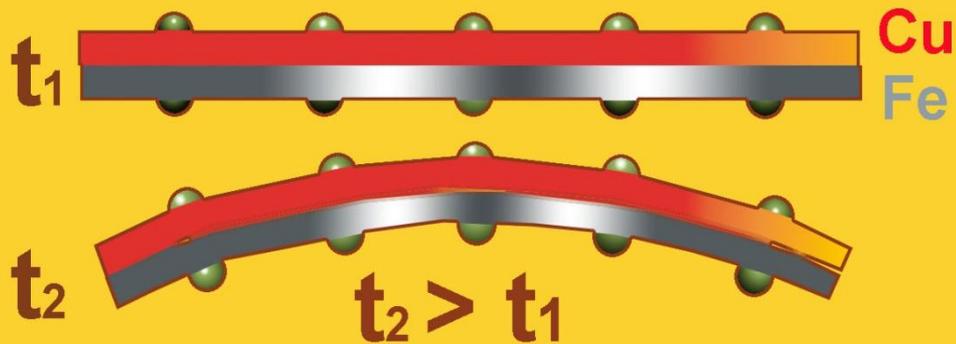


Опытные мастера безошибочно определяют температуру нагретого металла по его цвету



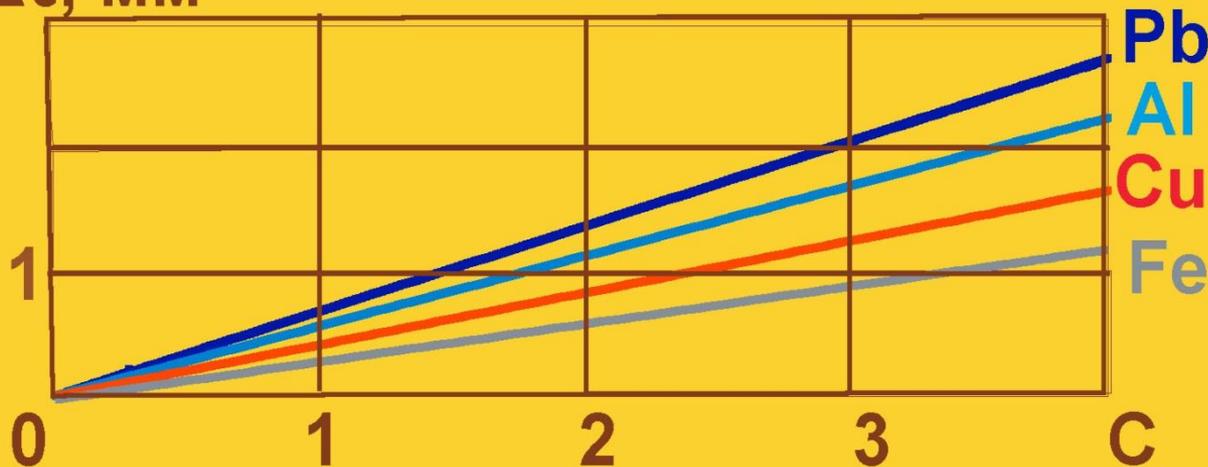
В технике для измерения температуры широко применяются пирометры с исчезающей нитью. меняя ток в цепи лампы, добиваются исчезновения нити на фоне поверхности раскаленного тела. По шкале реостата определяют температуру

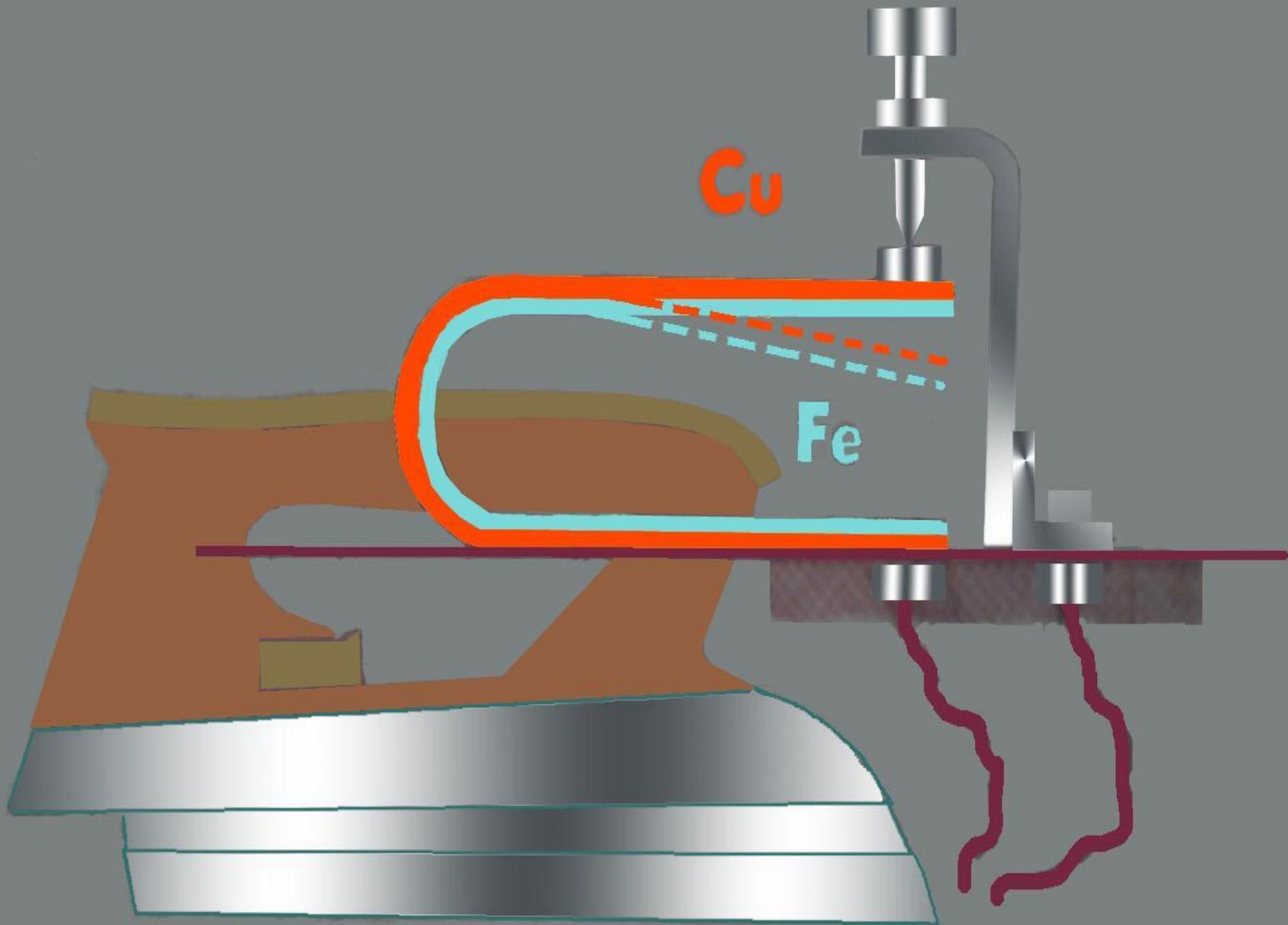
# Биметаллические термометры



Приращение длины у метровых стержней при нагревании

$\Delta l$ , мм





Какие самые распространённые термометры?

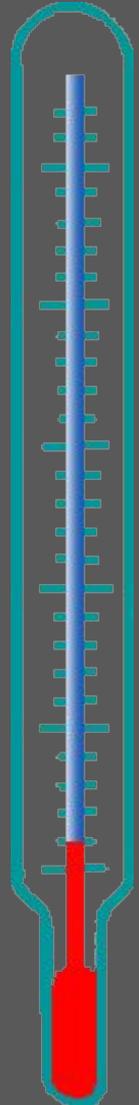
Жидкостные .

На чём основано измерение температуры такими термометрами?

На зависимости объёма жидкости от температуры.

Термометрическая жидкость	Точка замерзания (°C)	Точка Кипения (°C)	Коэффициент расширения (1/град)
Ртуть	-39 <sup>0</sup>	+357 <sup>0</sup>	0,000182
Спирт	-115 <sup>0</sup>	+78 <sup>0</sup>	0,000110

Какая шкала используется в термометрах?



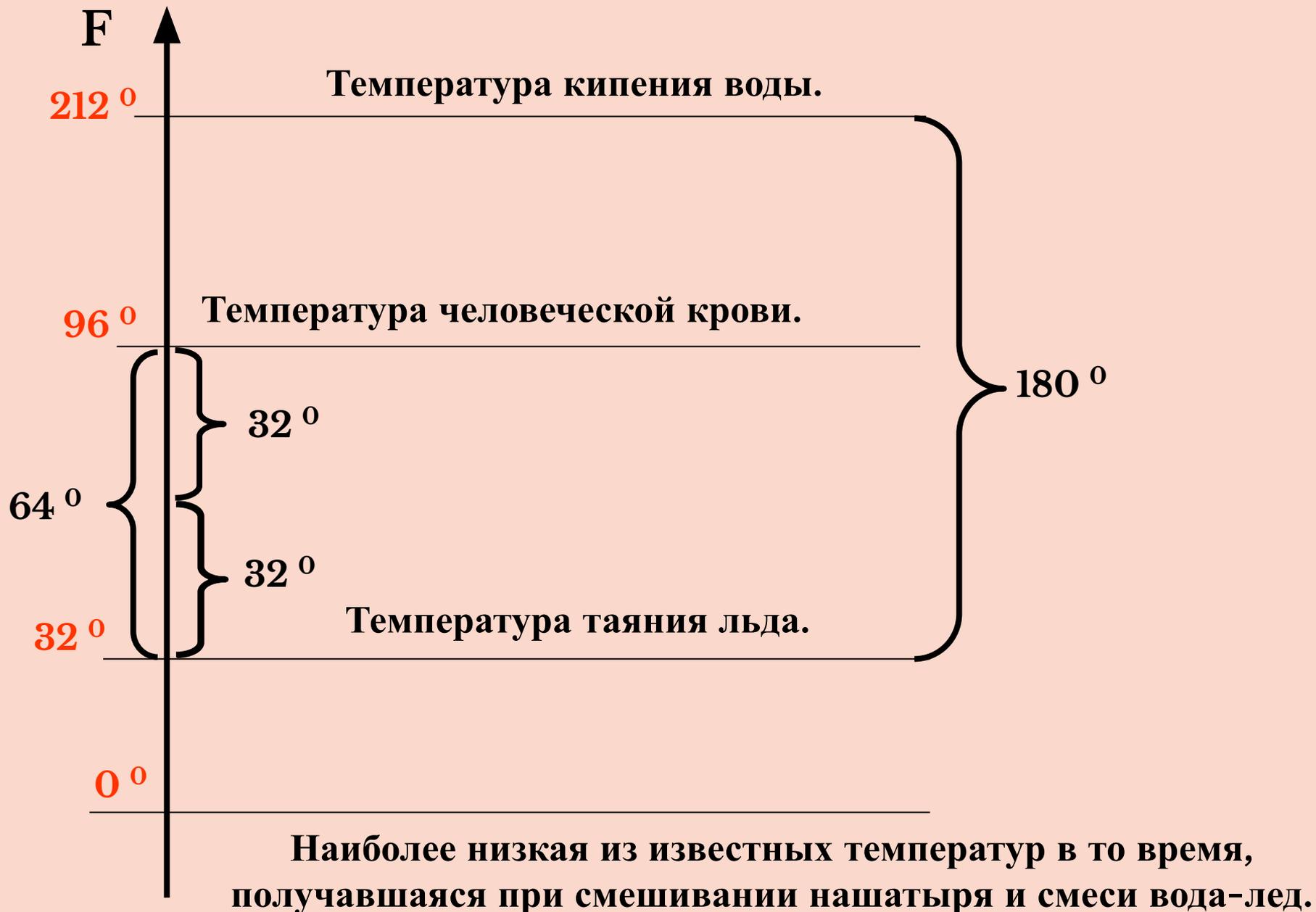
# Жидкостные термометры



## Шкала Фаренгейта (1714 г.)

**В качестве опорных точек были выбраны температура таяния льда и температура человеческой крови. Этот температурный интервал был разделен на 64 части.**

# Шкала Фаренгейта. (1714 г.)



# 451°F

Шкала Фаренгейта сегодня используется в англоязычных странах.



**«451 по Фаренгейту - температура, при которой  
воспламеняется бумага»**

Рэй Брэдбери



## **Шкала Реомюра.**

**Введена в 1730 г.**

**В качестве опорных точек выбраны температура таяния льда и температура кипения воды.**

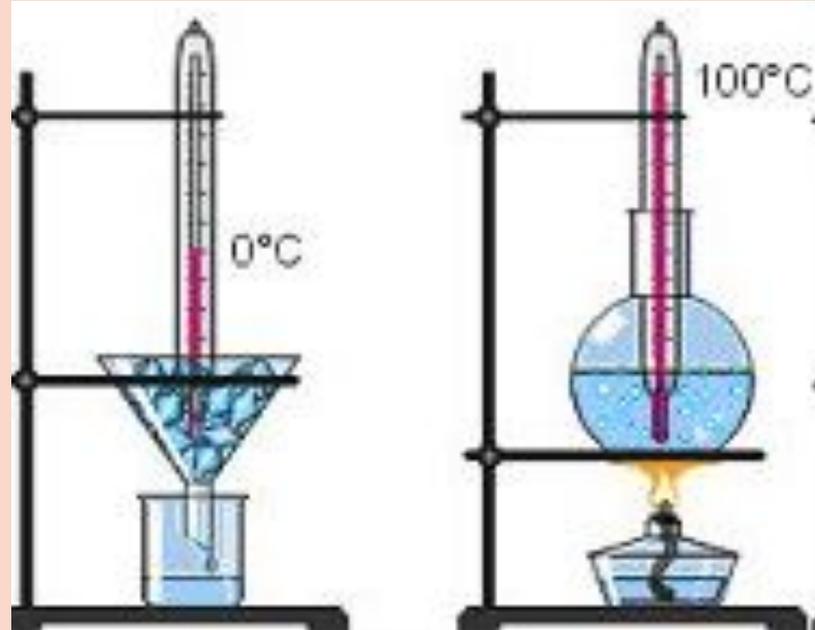
**Точке таяния льда присвоено значение  $0^{\circ}\text{R}$ .**

**Свой термометр он наполнил смесью спирт-вода, которая между двумя опорными точками расширялась на 8%.**

**За  $1^{\circ}\text{R}$  он принял температуру, соответствующую расширению жидкости на 1 промилле (тысячная доля), поэтому температура кипения воды получила значение  $80^{\circ}\text{R}$ .**

# Шкала Цельсия (1742 г).

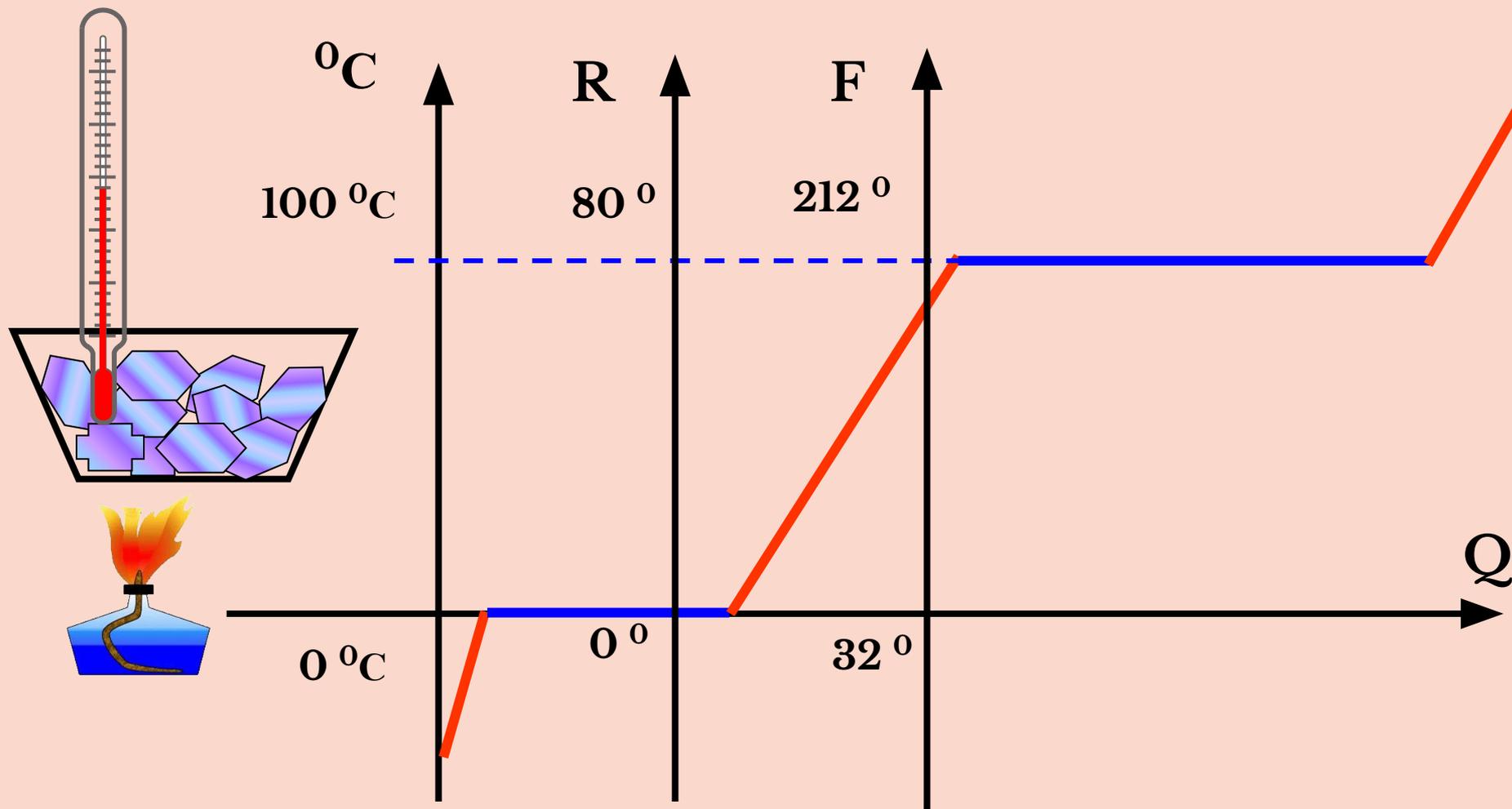
Он предложил разделить интервал между точками таяния льда и кипения воды на 100 градусов.



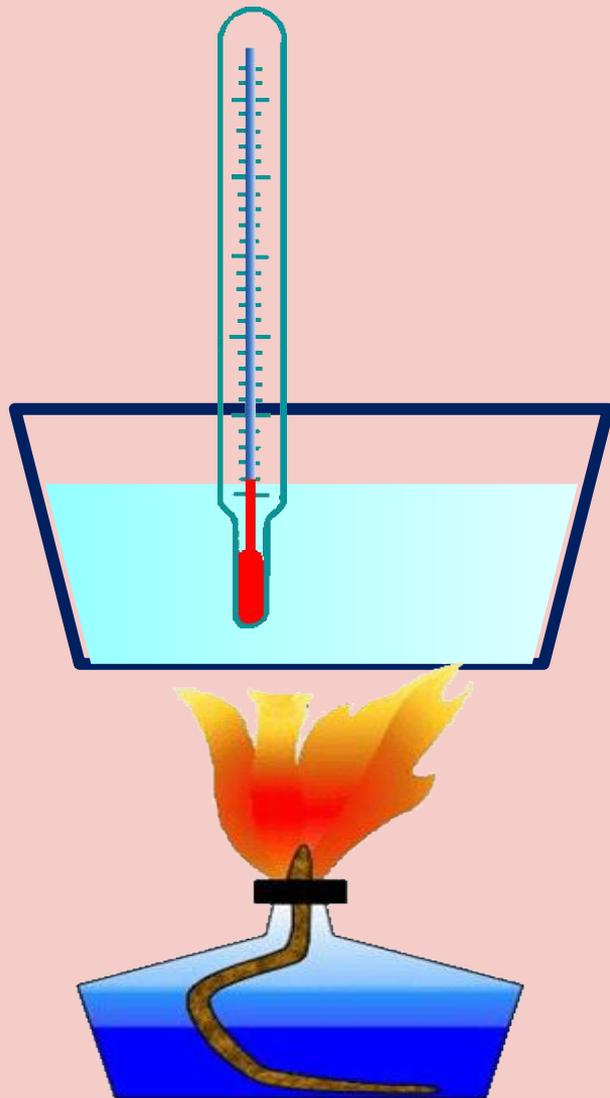
Первоначально Цельсий придал точке таяния льда значение  $100^{\circ}\text{C}$ , а точке кипения воды -  $0^{\circ}\text{C}$ .

Используемое в наше время обратное обозначение было введено позднее Штремером.

# Реперные точки



# Начнем эксперимент.



**Когда** начинаем измерять температуру воды?

**Столбик** термометра должен остановиться.

**Когда** это произойдёт?

**После** того, как наступит тепловое равновесие тел при контакте.

**Чью** температуру показывает термометр?

**Свою** собственную, но такую же температуру в тепловом равновесии с ним имеет и вода.

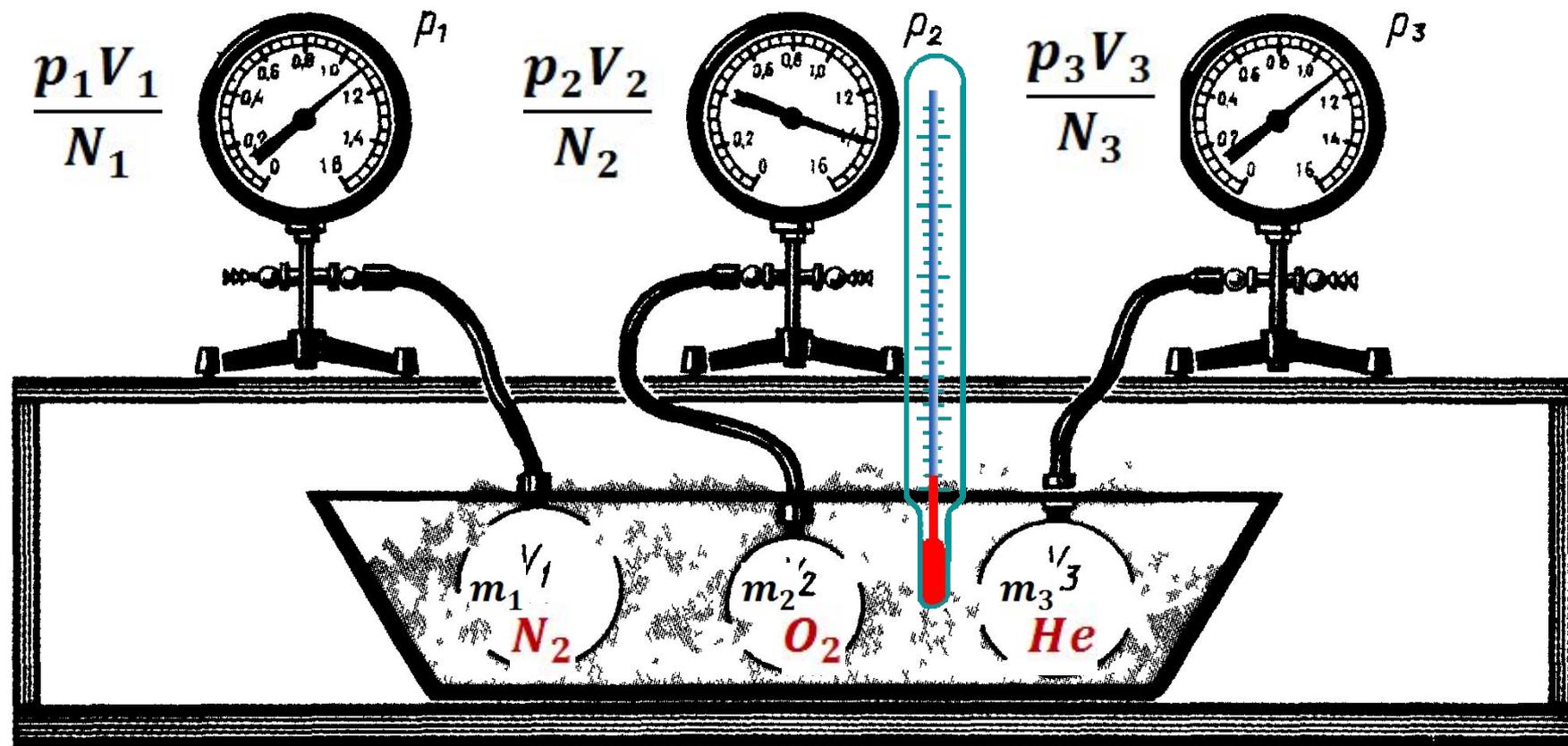
❖ **Температура — главная характеристика состояния теплового равновесия, для всех тел в тепловом равновесии она одинакова.**  
(2 часть определения температуры).

Разность температур тел указывает направление теплообмена: энергия от более нагретого тела передаётся к менее нагретому телу, пока не уравниваются их температуры и не наступит тепловое равновесие.

□ Чем горячее тело отличается от холодного?

□ Каков физический смысл температуры?

Был проведён эксперимент:



◆ Эксперимент показывает: для разных газов при одной и той же температуре выражение  $\frac{pV}{N}$  одинаково и зависит от температуры.

$$\left(\frac{pV}{N}\right)_{0^{\circ}\text{C}} = 3,76 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

$$\left(\frac{pV}{N}\right)_{100^{\circ}\text{C}} = 5,14 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

$$\frac{pV}{N}$$

– может служить мерой температуры (энергетическая температура).

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

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

Покажем, что  $\frac{pV}{N}$  связано со средней кинетической энергией молекул.

$$n = \frac{N}{V}$$

$\bar{E}$  – средняя кинетическая энергия

$$\bar{E} = \frac{m_0 \bar{v}^2}{2}$$

Тепло в теле создаётся беспорядочным движением молекул.

Понятия температуры для одной молекулы не существует.

Средняя кинетическая энергия – энергетическая температура, основная характеристика теплового движения молекул.

◆ **Температура – величина, характеризующая тепловое движение молекул: чем быстрее движутся молекулы, тем выше температура тела.** (3 часть определения температуры).

**Итак, на практике для измерения температуры используется шкала Цельсия.**

1. Как устанавливается шкала Цельсия?
2. Как обозначается температура по шкале Цельсия?
3. Что принято за единицу измерения температуры по этой шкале?

**1. В основе шкалы Цельсия опорные точки:**

- $0^{\circ}\text{C}$  – температура таяния льда при нормальном атмосферном давлении;
- $100^{\circ}\text{C}$  – температура кипения воды при нормальном атмосферном давлении.

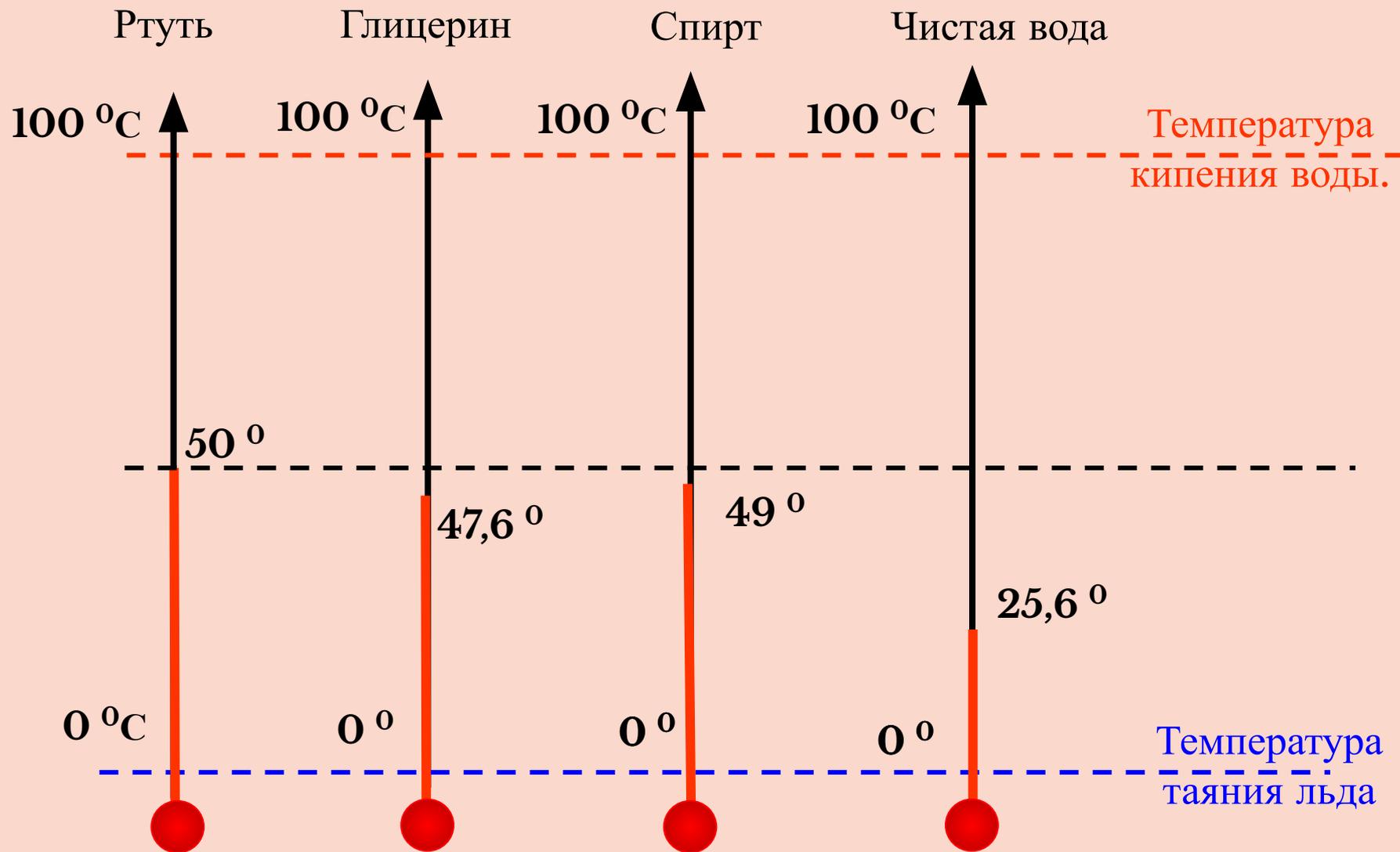
**2.  $t$  – температура по шкале Цельсия**

**3. единица измерения –  $1^{\circ}\text{C}$**

**Выбор нуля по шкале Цельсия условный.**

**Показания термометров с этой шкалой зависят от выбора термометрического тела (вещества).**

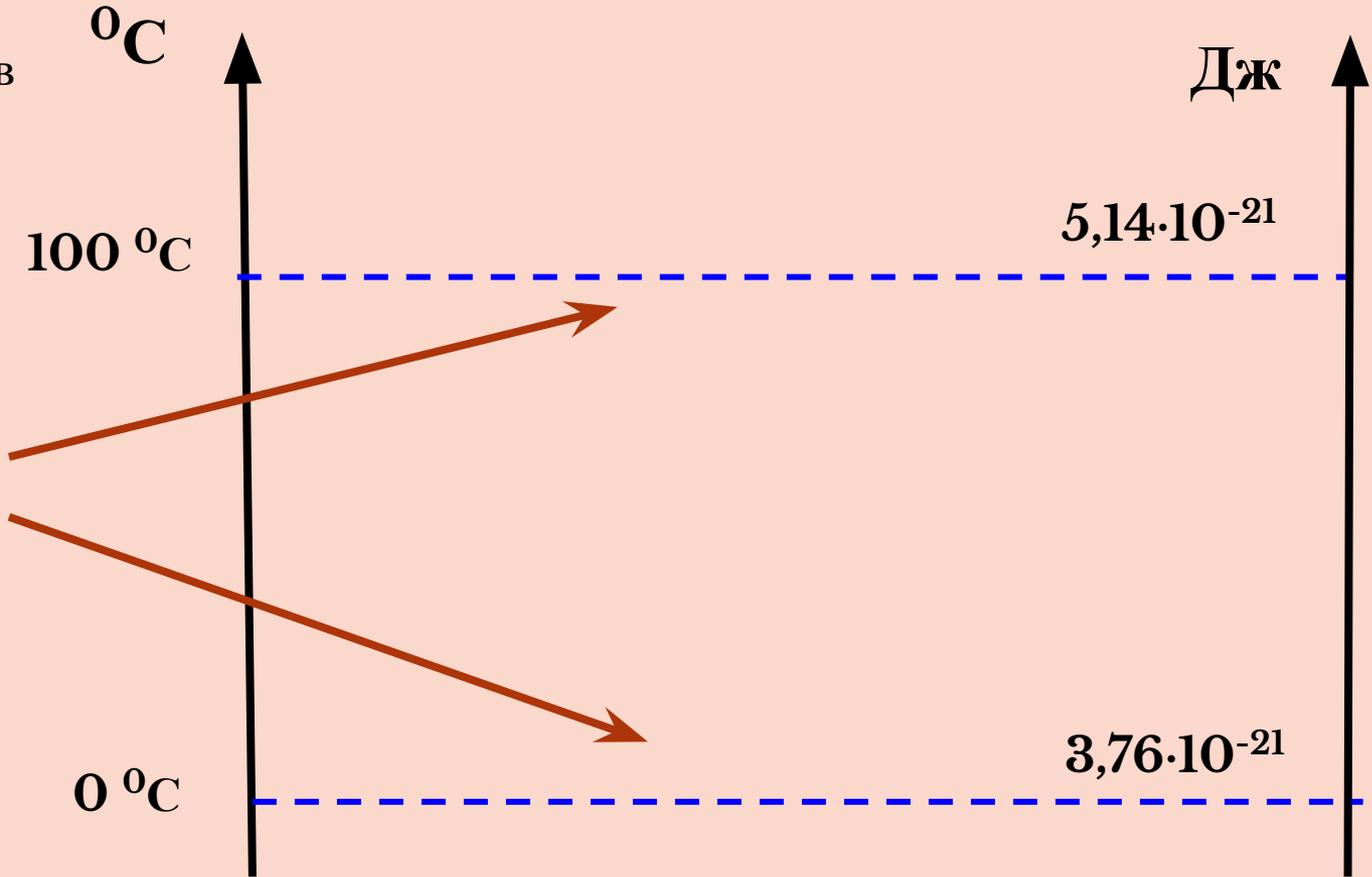
# Опустили термометры в ведро с теплой водой.



В науке используется газы термометры и термодинамическая шкала (шкала абсолютных температур), при установлении которой учитывается физический смысл температуры.

$$\frac{pV}{N} = \frac{2}{3} \overline{E} \quad \text{— энергетическая температура.}$$

✓ Не привычно измерять температуру в Дж,



✓ Неудобно

✓ Давно принято выразить температуру в градусах.

# Абсолютная температура. Шкала Кельвина.

Была введена абсолютная температура, которую связали энергетической температурой:

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

1

$T$  – абсолютная температура (по шкале Кельвина)

$k$  – постоянная Больцмана

За единицу температуры по шкале Кельвина принимается  $1K$ .

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

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

Согласно формуле  $T$  не может быть отрицательной.

Шкала Кельвина – шкала положительных температур.

**Абсолютный нуль**  
(ноль по шкале Кельвина).

Абсолютный нуль – это самая низкая температура в природе, «наибольшая или последняя степень холода», существование которой предсказывал Ломоносов.

## Физический смысл абсолютного нуля.

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

$$T = 0$$

либо  $p = 0$ , при  $V = const$ ;  
либо  $V = 0$ , при  $p = const$ .

□ Как создаётся давление газа на стенки сосуда?

□ Что означает «давление газа равно нулю»?

❖ **Абсолютный нуль — предельная минимальная температура, при которой должно прекращаться тепловое движение молекул.**

**Абсолютный нуль не достигим.**

□ Почему?

Найдём, какой температуре по шкале Цельсия соответствует абсолютный нуль.

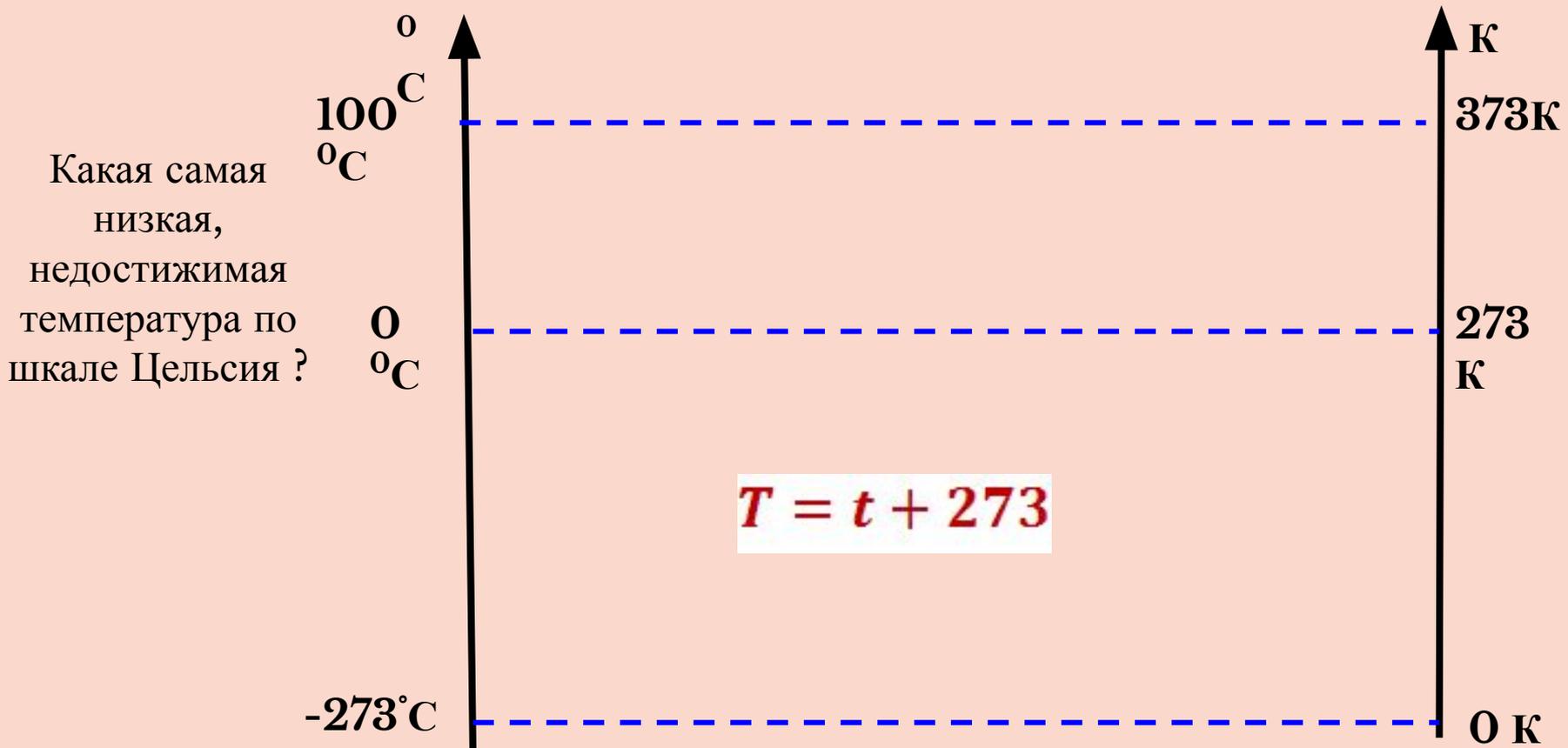
$$\left(\frac{pV}{N}\right)_{0^{\circ}\text{C}} = 3,76 \cdot 10^{-21} \text{ Дж} = kT$$

$$T = \frac{3,76 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}}{k} = \frac{3,76 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}}{1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}} \approx 273 \text{ К}$$

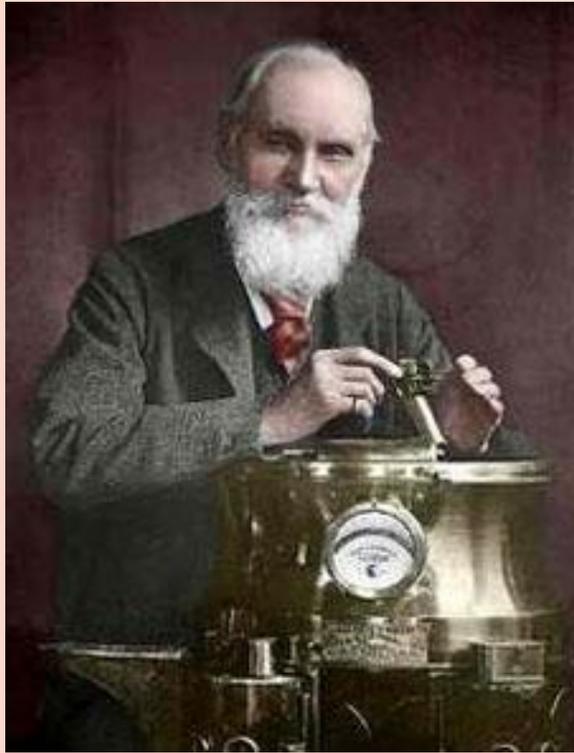
# Связь шкалы Кельвина со шкалой Цельсия.

□ шаг обеих шкал одинаков

□ 0°С соответствует приблизительно 273 К



**Томсон Уильям, лорд  
Кельвин:**  
физик, ученый,  
мыслитель  
(1824-1907)



Родился в Белфасте,  
столице Северной  
Ирландии.

- ❖ Является автором многих теоретических работ по физике.
- ❖ Изучал явления электрического тока, динамической геологии.
- ❖ Его работы помогли решить многие задачи электростатики и термодинамики (в частности, ему принадлежат две формулировки второго принципа термодинамики).
- ❖ Вместе с Джеймсом Джоулем Кельвин проводил опыты над охлаждением газов.
- ❖ В 1850-х годах интересовался вопросами телеграфии и помог организовать телеграфическую связь через Атлантический океан.
- ❖ Изобрел или усовершенствовал многие технические инструменты: лот и компас, зеркальный гальванометр, сифон-рекордер, электрометры, «ампер-весы».
- ❖ Его имя получила абсолютная термодинамическая температурная шкала.

# ◆ Абсолютная температура – мера средней кинетической энергии теплового движения молекул.

(4 часть определения температуры).

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

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

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

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

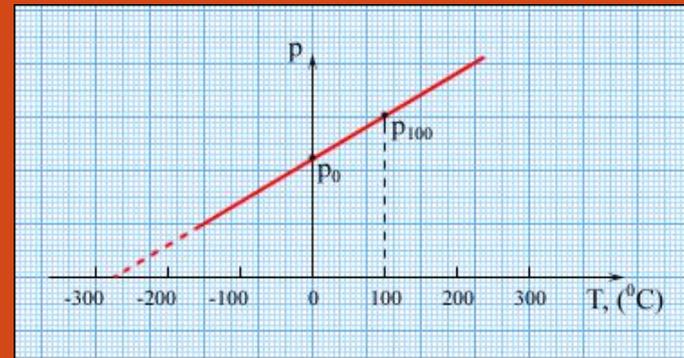
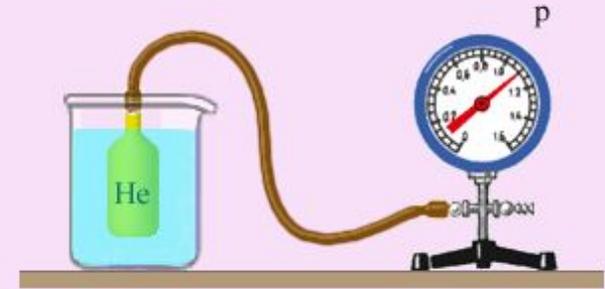
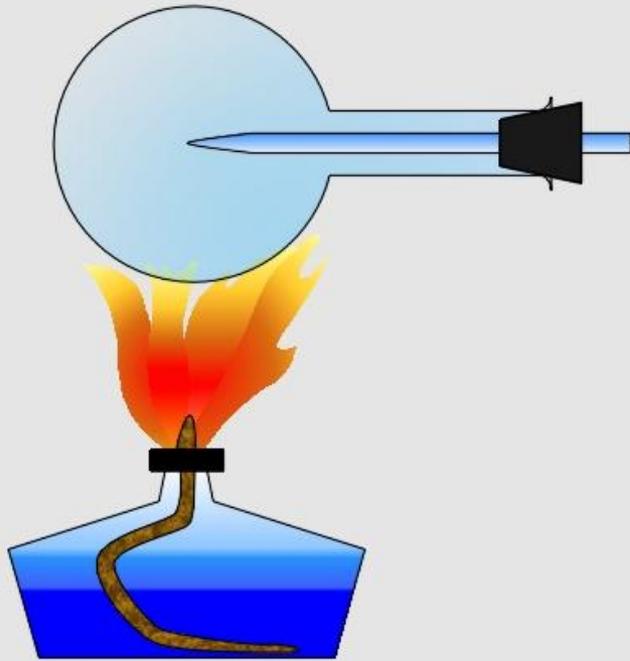
Зависимость давления газа от концентрации его молекул и температуры.

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

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

$$p = nkT$$

# Газовый термометр



С теоретической точки зрения бесспорным преимуществом обладают газовые термометры. Более точные. Позволяют измерять очень низкие температуры, т.к. газы сжижаются при очень низких температурах.

Измерение основано на зависимости давления от температуры.

Показания не зависят от выбора вещества: у всех газов при одинаковом изменении температуры давление изменяется одинаково.