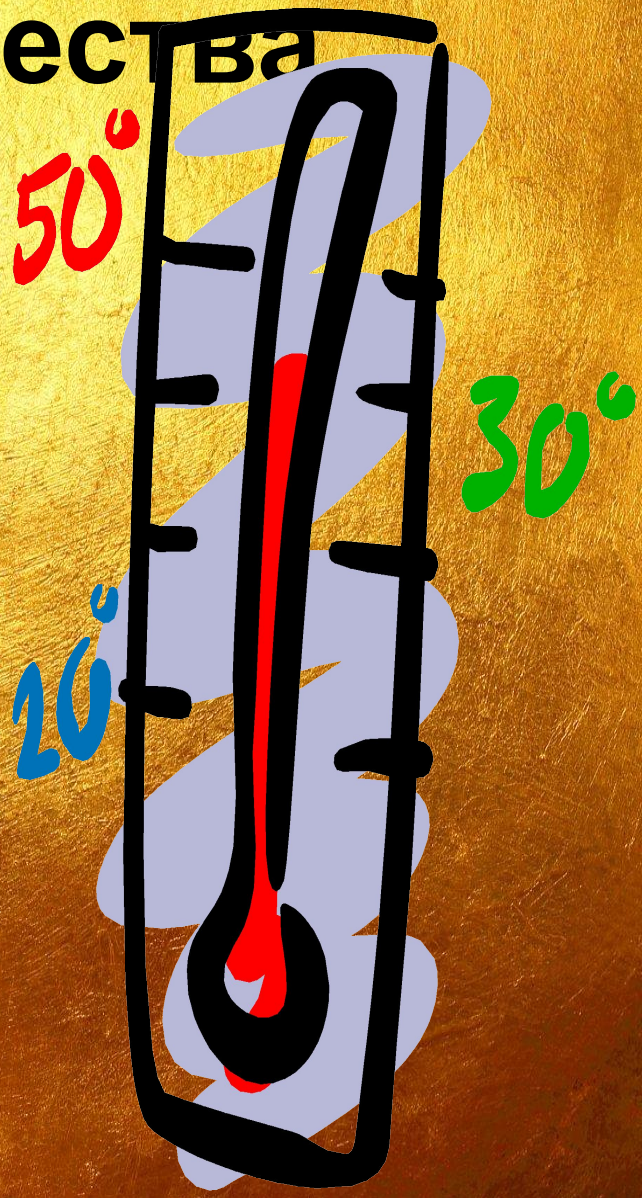
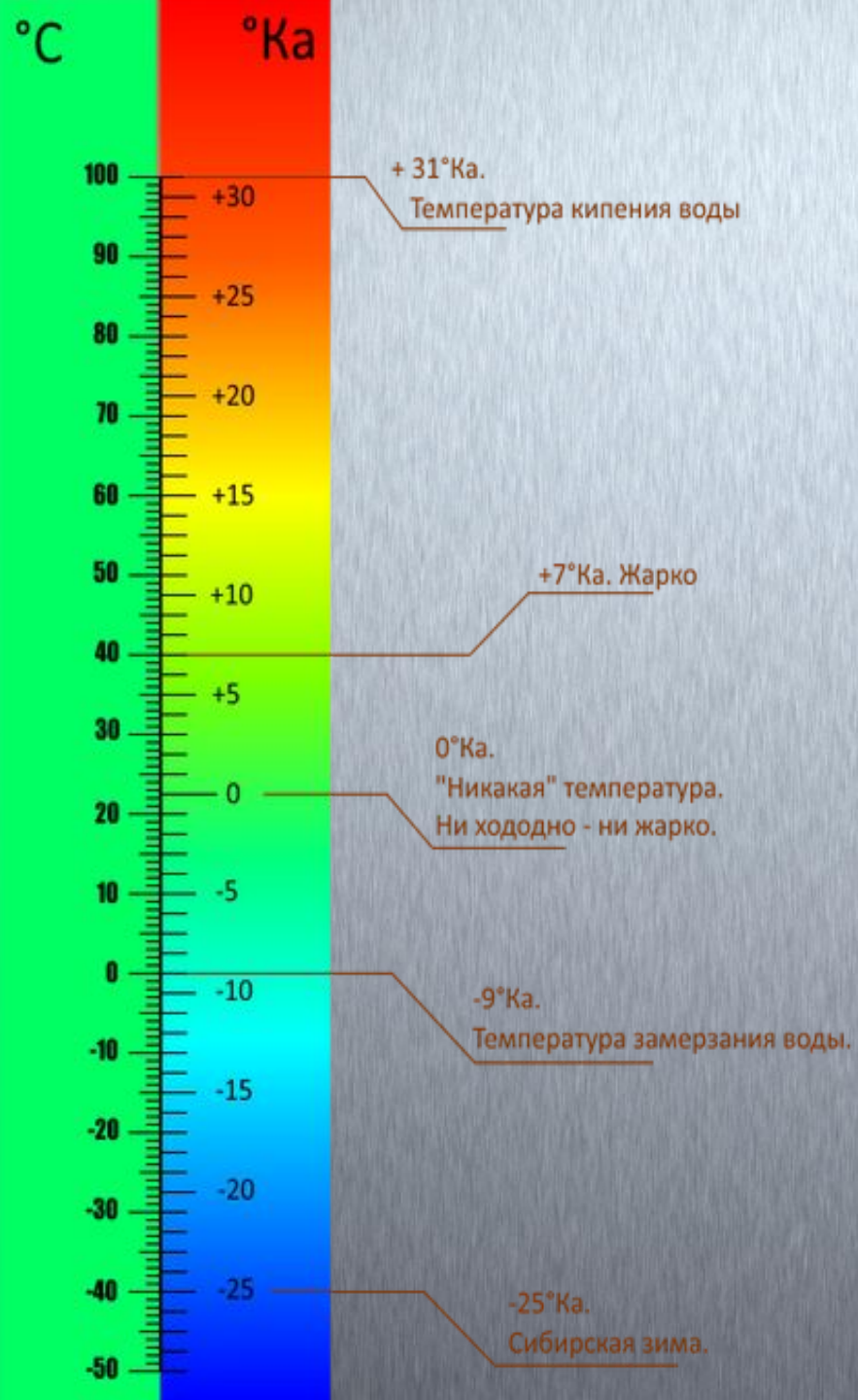
Приборы для измерения температуры

В химическом производстве температура является важным параметром, определяющим течение и конечный результат химико-технологических процессов.

Температура - степень нагретости вещества

Тело, более нагретое, отдающее тепло, имеет и более высокую температуру, чем тело, воспринимающее тепло



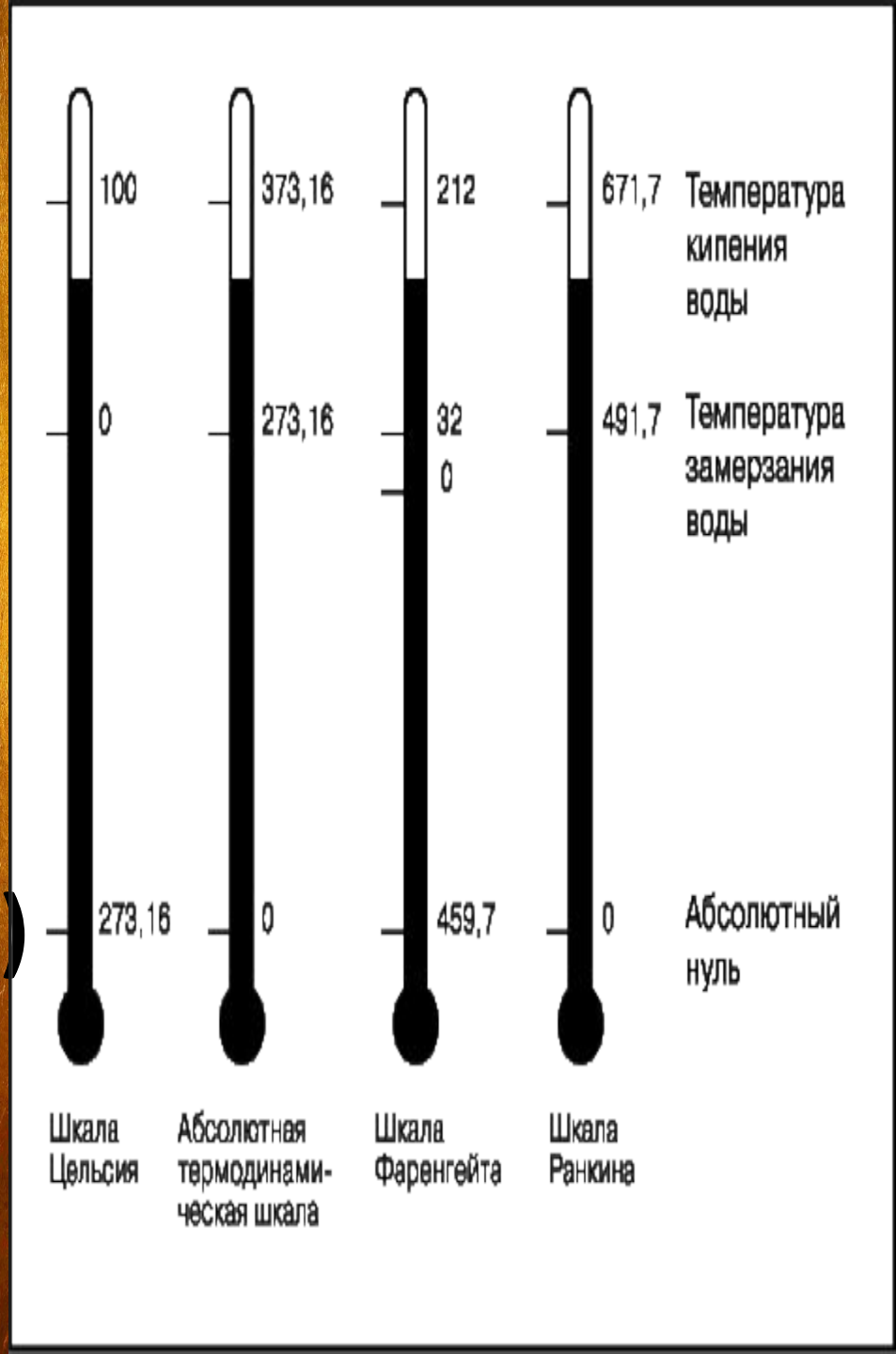


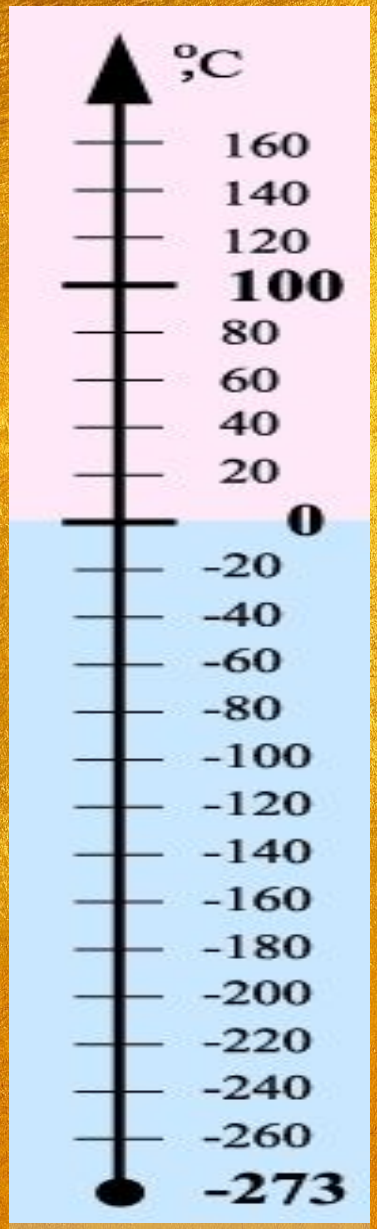
Температурная шкала:

ряд отметок внутри температурного интервала, ограниченный двумя легко воспроизводимыми постоянными точками плавления и кипения химически чистых веществ.

Виды шкал:

- Реомюра (1730г)
- Цельсия (1742г)
- Фаренгейта (1715г)
- Кельвина (1848г)





В России применяется шкала, названная шкалой Цельсия. На этой шкале температура плавления льда принята за 0º, а температура кипения воды при нормальных условиях 100º.

Приборы для измерения температуры делятся на:

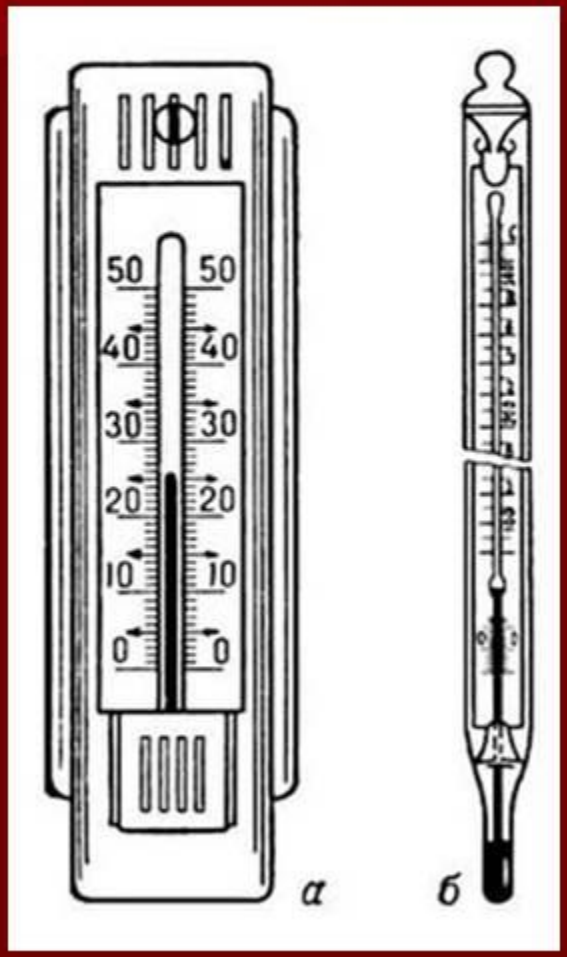
- **Термометры** - приборы для измерения температуры до +550ºС
- **Пирометры** – свыше +550ºС.

Это деление условное и от него часто отступают.

Термометры расширения:

- Жидкостные термометры
- Термометры, основанные на расширении твердых тел

Жидкостный термометр



Действие основано на тепловом расширении жидкости. Применяется для измерения температур в диапазоне от -200 до 750°С

Жидкостные термометры:
а — комнатный термометр с наружной шкалой;
б — лабораторный термометр с вложенной шкалой, имеющий на шкале точку 0°С.

В зависимости от диапазона измеряемых температур в качестве рабочей жидкости применяются :

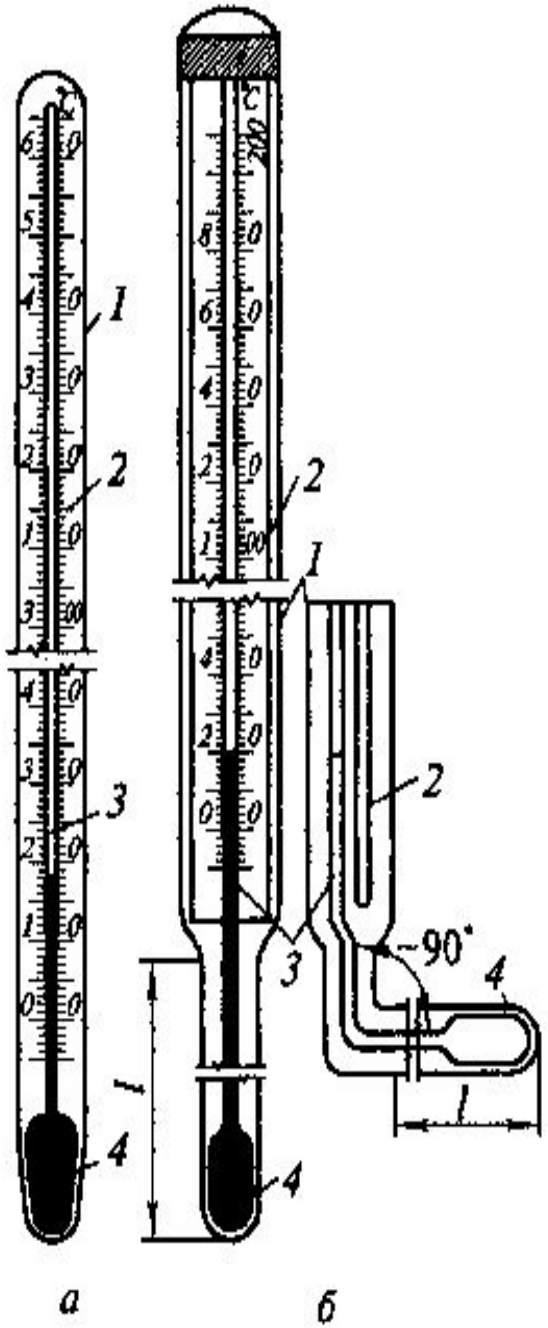
- пентан (от -190 до +20ºС)
- петролейный эфир (от -130 до +25ºС)
- этиловый спирт (от -100 до +75ºС)
- толуол (от -90 до +100ºС)
- ртуть (от -30 до +700ºС).

Жидкостные термометры выпускают двух основных типов:

- <u>Палочные термометры</u> имеют толстостенный капилляр с наружным диаметром 6-8мм, нижний конец которого образует резервуар для жидкости. Верхний конец запаян. Шкала у этих термометров наносится непосредственно на внешней стороне капилляра.

Термометры с вложенной шкалой

Имеют тонкостенный капилляр с расширенным резервуаром для рабочей жидкости. Шкалу наносят не на капилляр, а на пластинку из молочного стекла. Капилляр и пластинка заключены в защитную оболочку, прикрепленную к резервуару термометра.



Жидкостные стеклянные термометры:

а – палочный;

б – технический со вложенной шкалой;

1 – стеклянная оболочка;

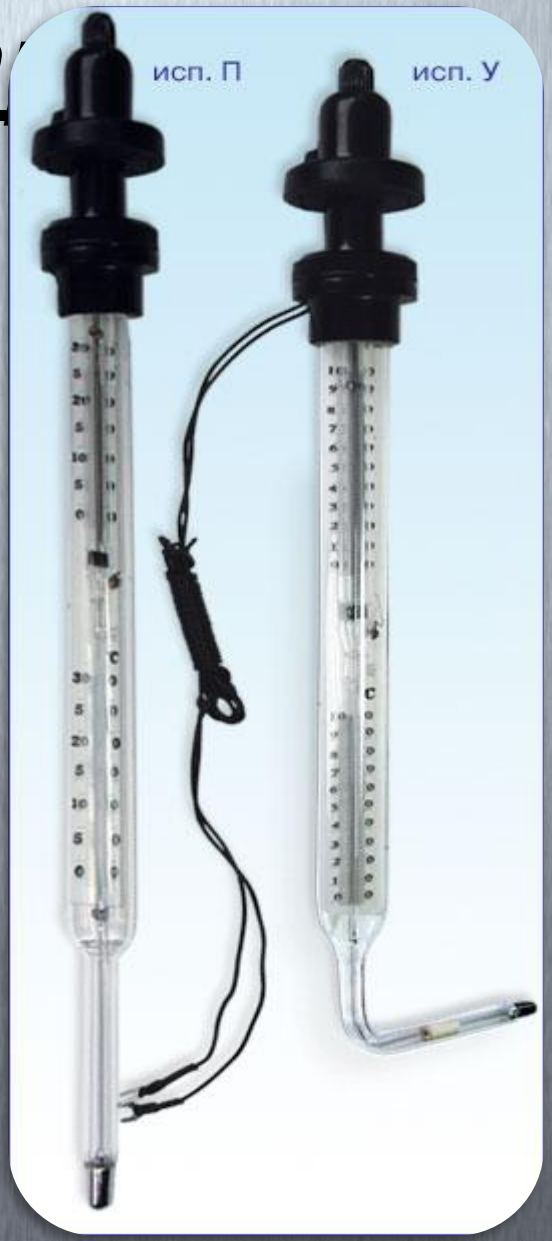
2 – шкала;

3 – капиллярная трубка;

4 – запасной резервуар

Ртутные термомет

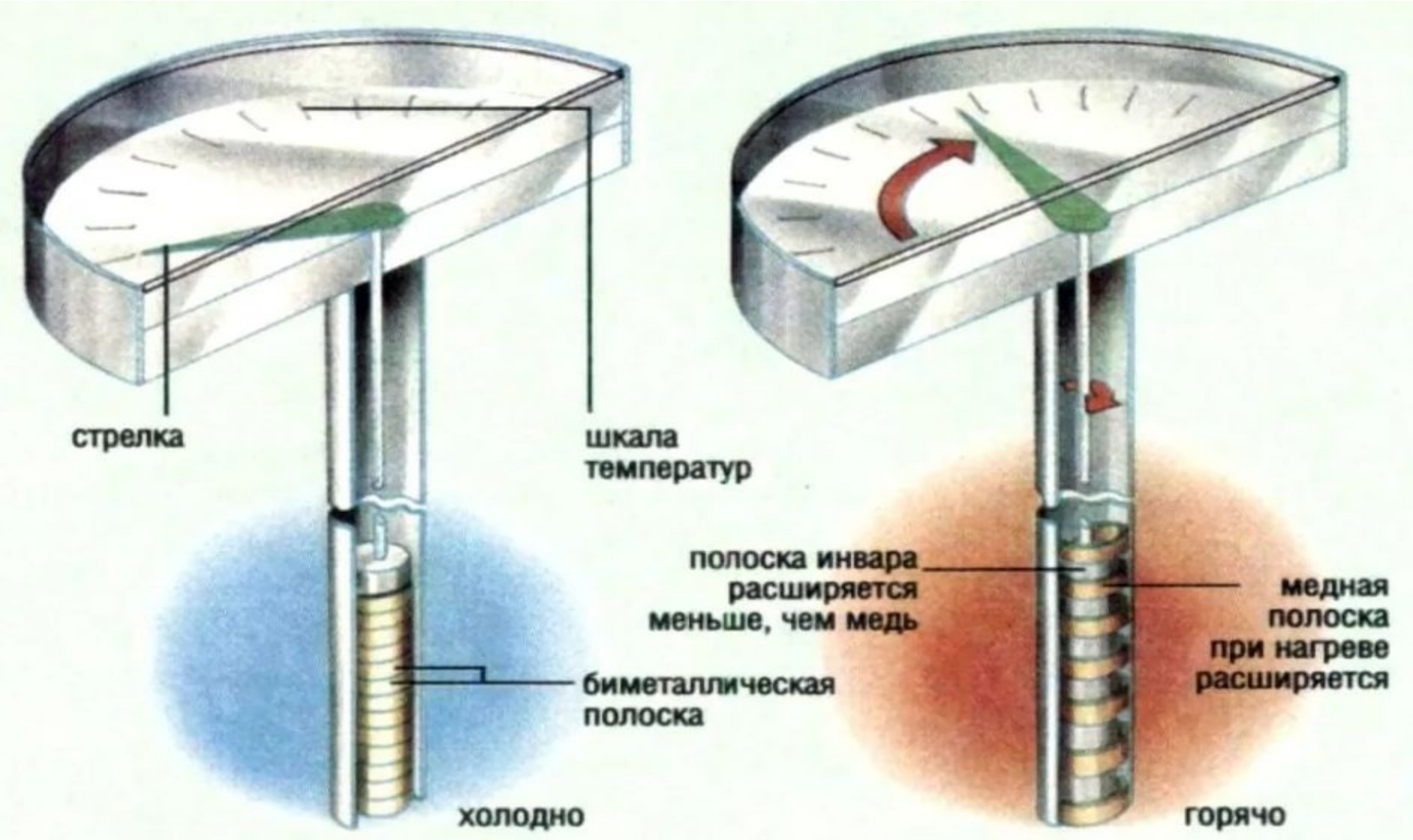
Одной из их разновидностей являются контактные термометры, используемые для сигнализации о нарушении заданного температурного режима



В нижней части капилляра впаян контакт из платиновой или вольфрамовой проволоки, второй контакт впаян в то место на шкале, которое соответствует температуре при которой нужно сигнализировать.

Ртуть, перемещаясь в трубке, соединяет проводники, замыкает электрическую цепь и дает импульс.

Термометры основанные на расширении твердых тел.



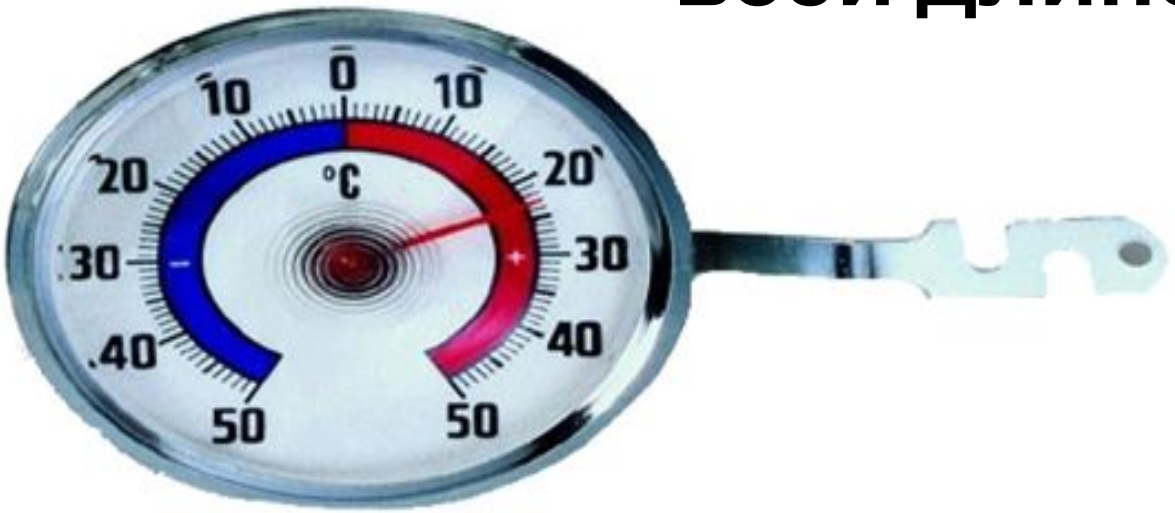
Трубчатый термометр

Термометр состоит из трубки, изготовленной из металла с большим коэффициентом линейного расширения (латунь, медь, аллюминий, сталь), и стержня с малым коэф. (кварц, инвар).

При измерении трубка должна быть целиком погружена в измеряемую среду.
При повышении температуры трубка удлиняется значительно больше стержня, вследствие чего свободный конец стержня перемещается внутрь трубки.

Спиральный термометр

Термометр состоит из дугообразно изогнутой пластинки, изготовленной из двух различных металлов, приваренных один к другому по всей длине.



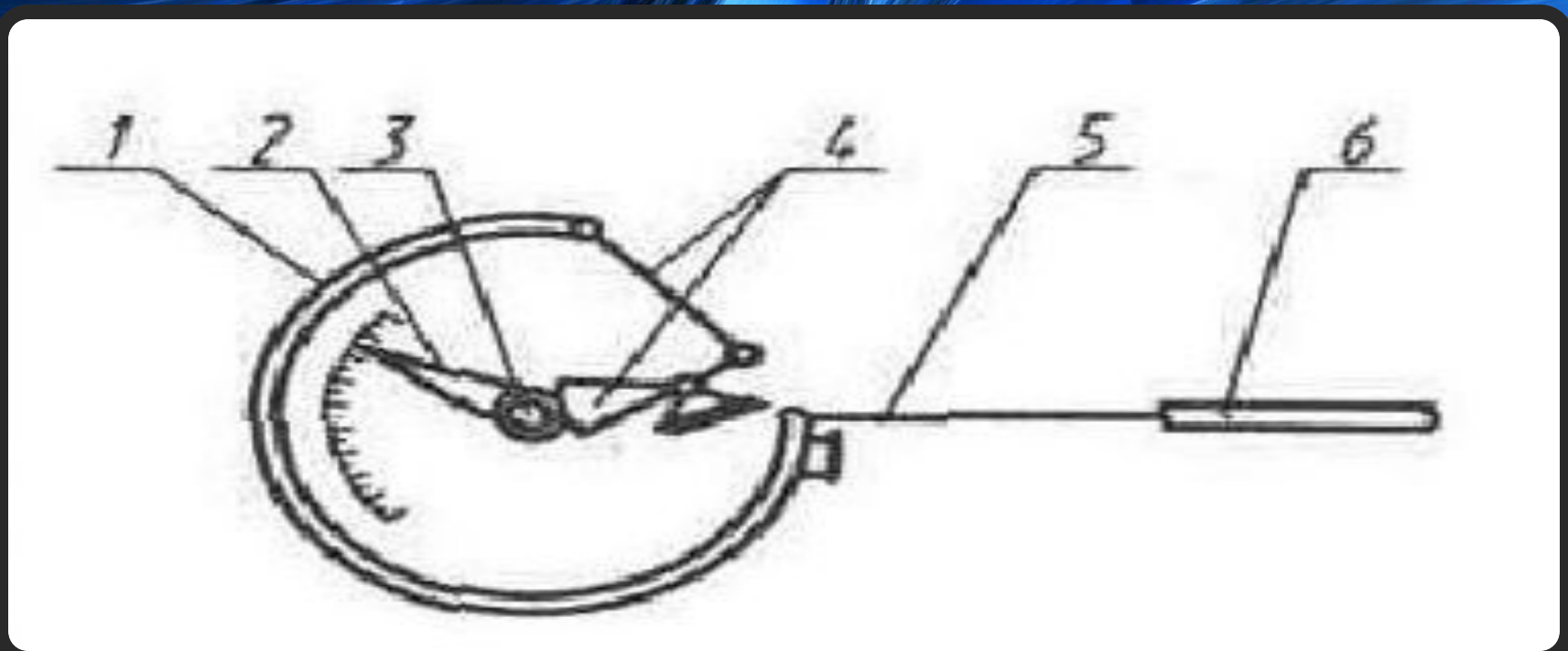
Внутренний слой изготовляется из металла, имеющего больший коэффициент линейного расширения (латунь, медь), а наружный из инвара (сплав: 64% Fe, 36% Ni). При повышении температуры пластинка разгибается, деформация, через механизм передается на стрелку.

Манометрические термометры

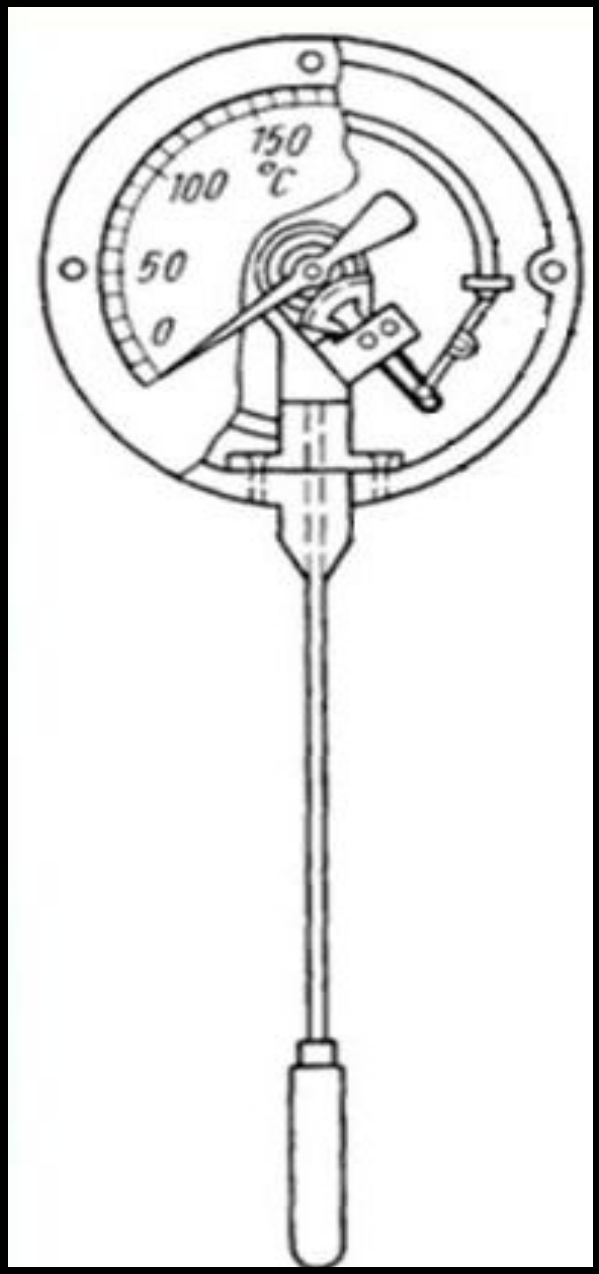
Измерение температуры основано на изменении давления рабочего вещества, находящегося в замкнутой системе, при изменении его температуры.

Прибор состоит из манометрической пружины 1, показывающей стрелки 2, оси 3, передаточного механизма 4, капиллярной трубки 5 и термобаллона 6.

Вся система заполняется рабочим



Термобаллон помещают в зону измерения температуры.
При нагревании давление рабочего вещества в системе увеличивается, что влияет на манометрическую пружину, приводящую в движение стрелку или перо прибора.



Позволяют передавать показания на сравнительно большие расстояния (до 40-60м).

Возможный диапазон применения от -180 до +600ºС.

Для защиты от повреждений капилляр часто помещают в защитную оболочку из оцинкованного стального провода.

По заполнению системы различают следующие типы термометров:

- **Газозаполненные**, в которых вся система заполнена газом, под некоторым начальным давлением.

  Чаще всего применяется азот под небольшим давлением

Жидкозаполненные, система заполнена жидкостью. Чаще всего применяется ртуть.

- **Паро-жидкостные,**

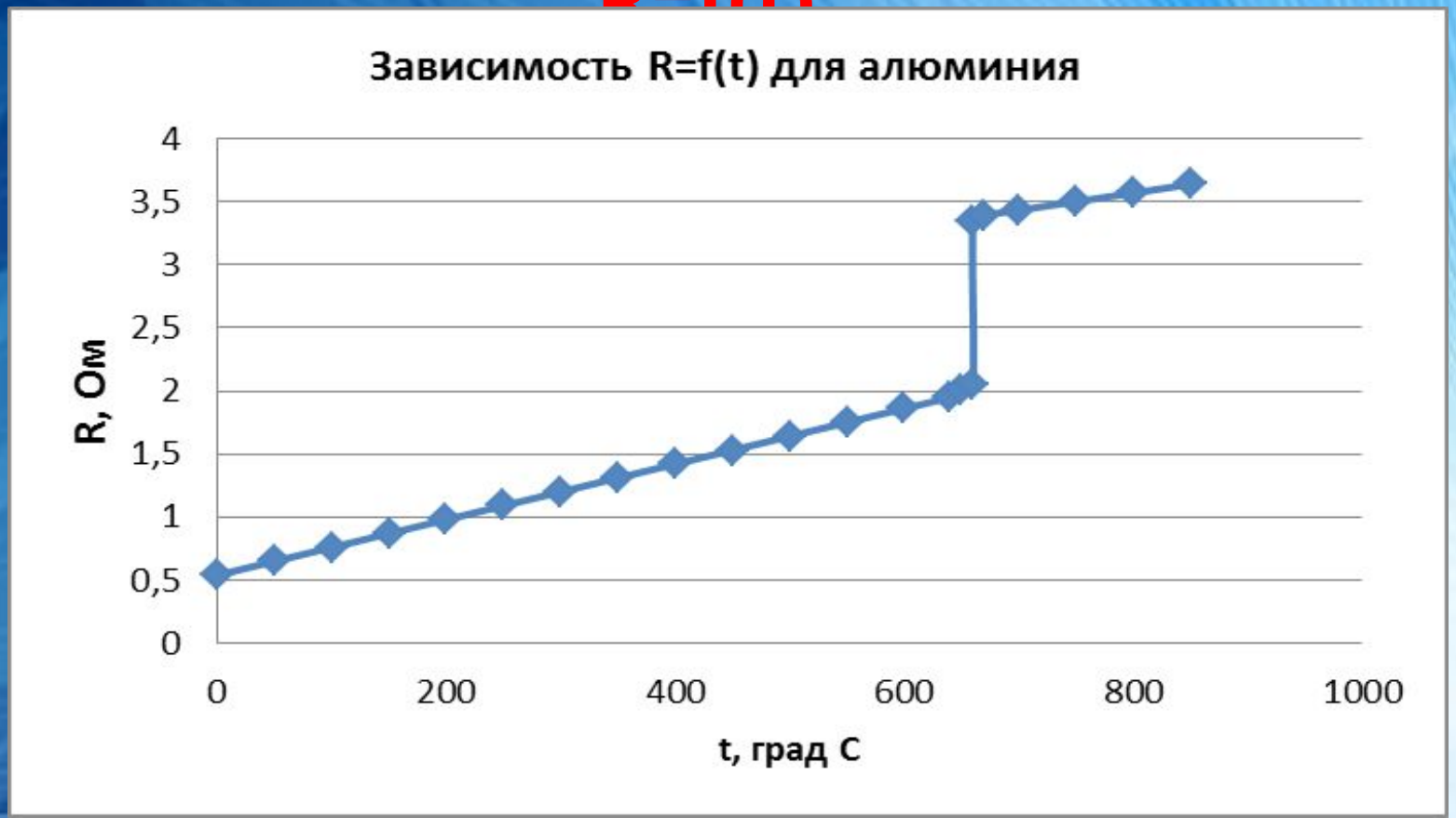
  в которых термобаллон частично (обычно на 2/3) заполнен жидкостью, а вся остальная часть заполнена парами этой жидкости.

Электрические термометры сопротивления (термисторы)

Измерение температуры термометрами сопротивления основано на свойстве проводников (металлов) и полупроводников изменять свое электрическое сопротивление при изменении их

Сопротивление металлов возрастает при повышении температуры. Сопротивление полупроводников, наоборот, уменьшается. Сопротивление проводника или полупроводника можно представить в виде функции:

R=f(t)



Опыт показывает, что у большинства чистых металлов при нагреве их от 0 до 100ºС сопротивление увеличивается примерно на 40%.

Стандартные термометры сопротивления широко применяются в промышленности для измерения температур

от -200 до +500ºС

По сравнению с манометрическими термометрами, применяемыми в том же диапазоне температур, термометры сопротивления обладают преимуществами:

- **Более высокой точностью измерения**
- **Возможностью передачи показаний на большие расстояния**

- Возможность централизации контроля температуры путем присоединения (через переключатель) нескольких термометров к одному измерительному прибору.
- Меньшим запаздыванием показаний.

Недостатком является необходимость в постороннем источнике тока.

Для изготовления термометров сопротивления применяют чистые металлы.

К ним предъявляются определенные требования, которые наиболее полно удовлетворяют **платина, медь, никель и железо**.

Платина наиболее полно удовлетворяет всем основным требованиям, предъявляемым к материалу для термометров сопротивления.

Медь. Достоинства: дешевизна, легкость получения в чистом виде, высокий температурный коэффициент сопротивления и линейную зависимость от температуры.
К недостатки - малое удельное сопротивление и окисляемость при температуре выше

Никель и железо. Обладают высоким температурным коэффициентом сопротивления и большим удельным сопротивлением, однако имеют ряд недостатков:

- Получение никеля и железа в чистом виде затруднительно, что препятствует изготовлению взаимозаменяемых термометров сопротивления.
- Зависимости сопротивления железа, а особенно никеля от температуры выражаются кривыми, которые не могут выражаться простыми формулами

- **Никель, а особенно железо легко окисляются даже при сравнительно низких температурах.**

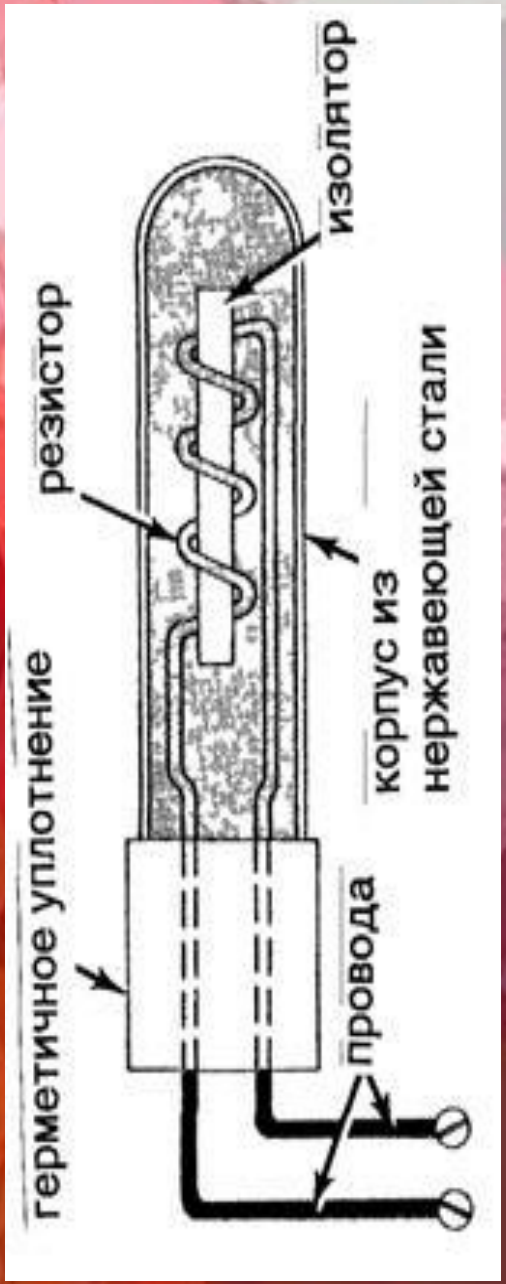
Эти недостатки ограничивают применение никеля и железа для изготовления термометров сопротивления.

Металлический термометр сопротивления представляет собо спираль из тонкой проволоки, намотанную на специальный каркас.

В зависимости от температуры каркасы изготавливают из разных изоляционных материалов.

- При температурах до +100ºС каркасы изготавливают из пластмасс (бакелита, текстолита и др.)
- При температуре выше +100ºС из слюды, плавленого кварца, фарфора.

- Он должен обладать достаточной механической прочностью, хорошими изоляционными свойствами, жаростойкостью и не должен оказывать вредного действия на металлическую проволоку, намотанную на него.



Обозначаются

Термометры сопротивления:

- ТСМ – медные
- ТСП – платиновые

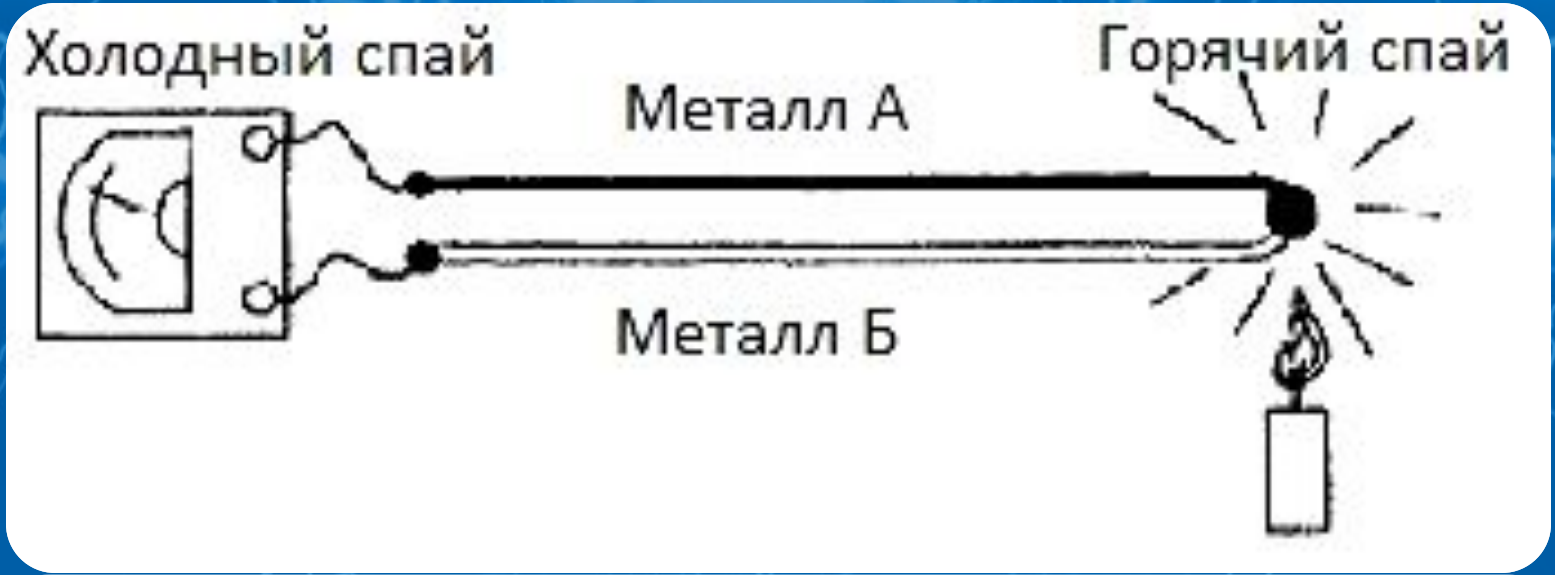
и т.д.

Термоэлектрические пирометры (термопары)

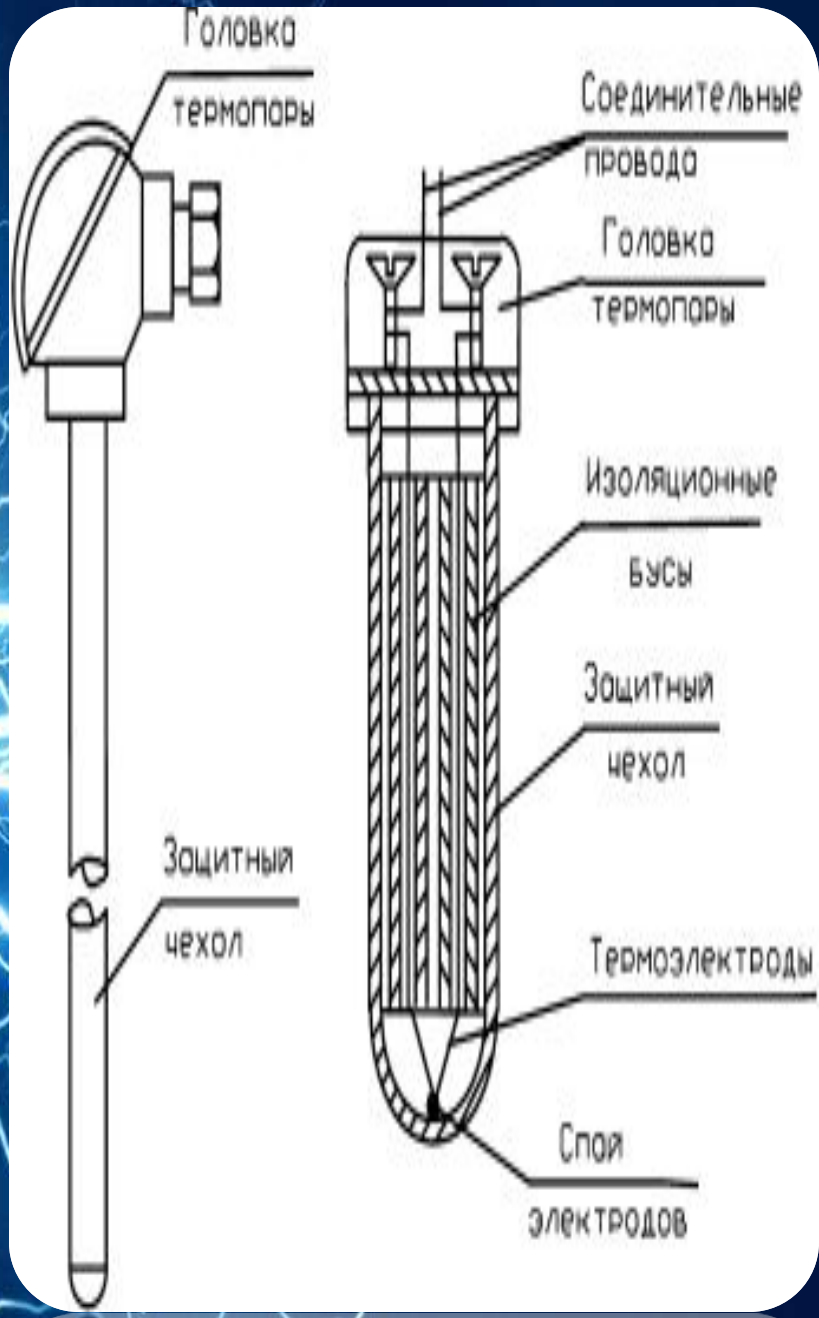
В основу измерения температуры лежит термоэлектрический эффект, заключающийся в том, что в замкнутой цепи, состоящей из двух разнородных проводников, возникает электрический ток, если 2 места соединения (спая) имеют разную температуру.

Цепь, состоящая из двух **разнородных** проводников, называется

термопарой.



Спай, предназначенный для определения температуры, называют **горячим** или **рабочим**. Второй, имеющий постоянную температуру, **холодным** или **свободным**.



Устройство термопар

Термопара представляет собой две проволоки из разнородных металлов, нагреваемые концы которых сначала скручиваются, а затем свариваются. Для защиты от короткого замыкания электроды изолируются шелковой нитью (до 120°С), эмалью (до 200°С) или керамическими бусами (выше 200°С)

Изолированные электроды помещают в защитную трубку, обеспечивающую защиту термопары от механических повреждений и химического воздействия среды при высоких температурах.

До 350ºС в неагрессивных средах могут применяться латунные и бронзовые трубки.

Для уменьшения окисления их снаружи никелируют или хромируют.

До 600ºС для термопар из неблагородных металлов могут применяться бесшовные стальные трубки.

Свыше 600ºС до 1200ºС применяются защитные трубки из высокохромистой, хромоникелевой стали.

Пространство между термоэлектродами и оболочкой заполняют специальной изолирующей засыпкой (порошок MgO или Al_2O_3).

Защитная трубка ввинчивается в головку термопары, внутри которой на фарфоровом, эбонитовом или бакелитовом основании закреплены 2 клеммы, соединенные с электродами термопары.

Провода, соединяющие термопару со вторичным прибором называются **компенсирующими.**

Они являются продолжением термопары и изготавливаются из того же материала, что и проводники тармопары. Исключение: термопары из благородных металлов

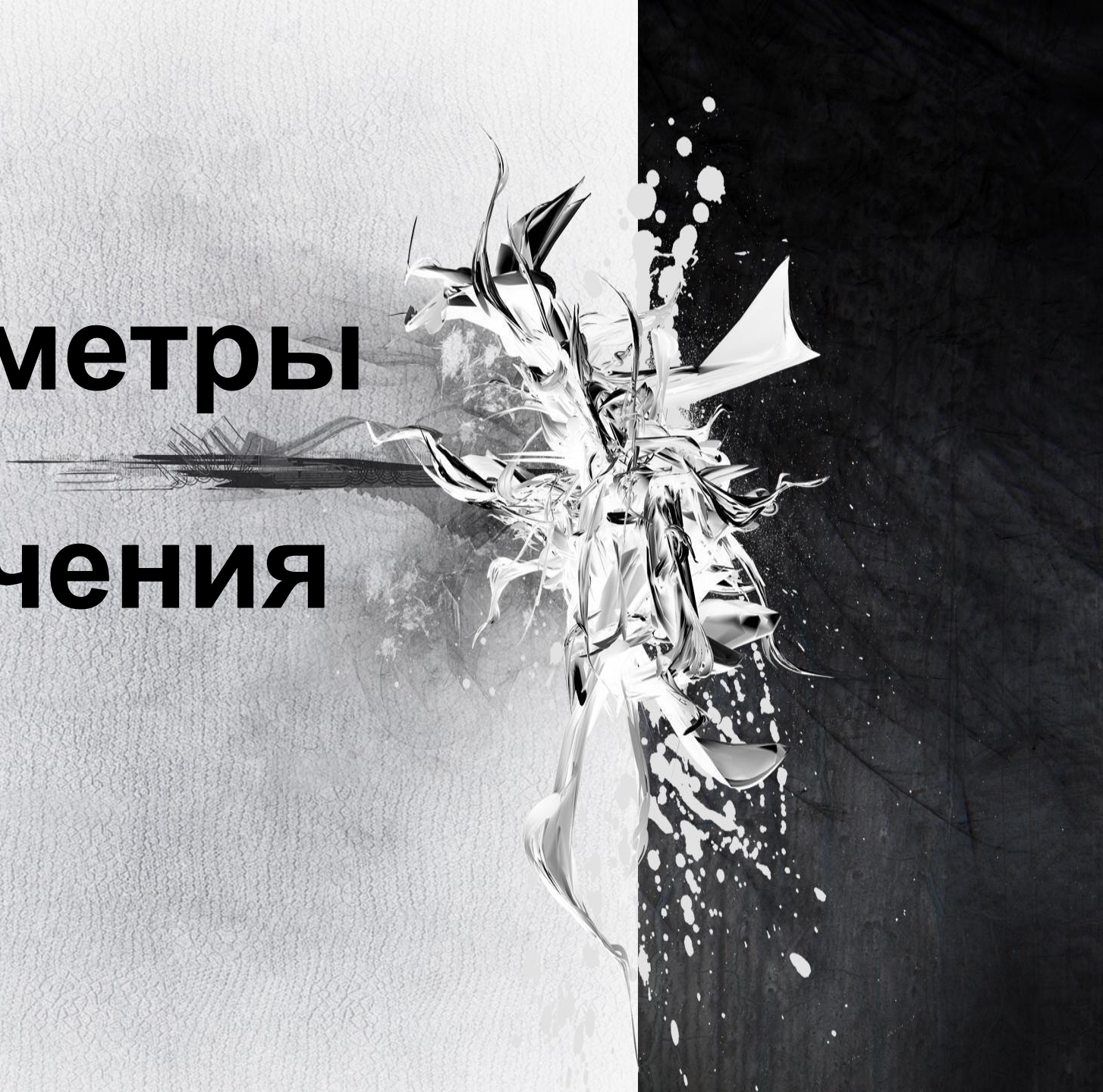
Виды термопар

Тип ТЭП	Градуи-ровка	Материалы термоэлектро-дов	Пределы измерения °С	
			Длительного	Кратковре-менного
ТПП	$ПП_{68}$	Платинородий (10% родия)-платина	-20 +1300	1600
ТПР	ПР 30/6	Платинородий (30% родия)-платинородий (6% родия)	300 +1600	1800
ТХА	$ХА_{68}$	Хромель-алюмель	-50 +1000	1300
ТХК	$ХК_{68}$	Хромель-копель	-50 +600	800
ТВР	ВР-5/20	Вольфрам-рений(5%Re)—вольфрам-рений(20%Re)	+800 +1800	2300
ТВР	ВР-10/20	Вольфрам-рений (10% Re)-вольфрам-рений (20%Re)	+100 +1800	2300

Независимо от типа, термопара должна удовлетворять следующим требованиям:

- Надежность изоляции термоэлектродов одного от другого, исключая возможность короткого замыкания и электрических утечек.
- Защита электродов от механического повреждения и воздействия измеряемой среды.
- Надежность подключения термопроводов к термопаре.

Пирометры излучения



Действие пирометров излучения основано на измерении излучаемой телом энергии, зависящей от его температуры. Чем выше температура нагретого тела, тем больше

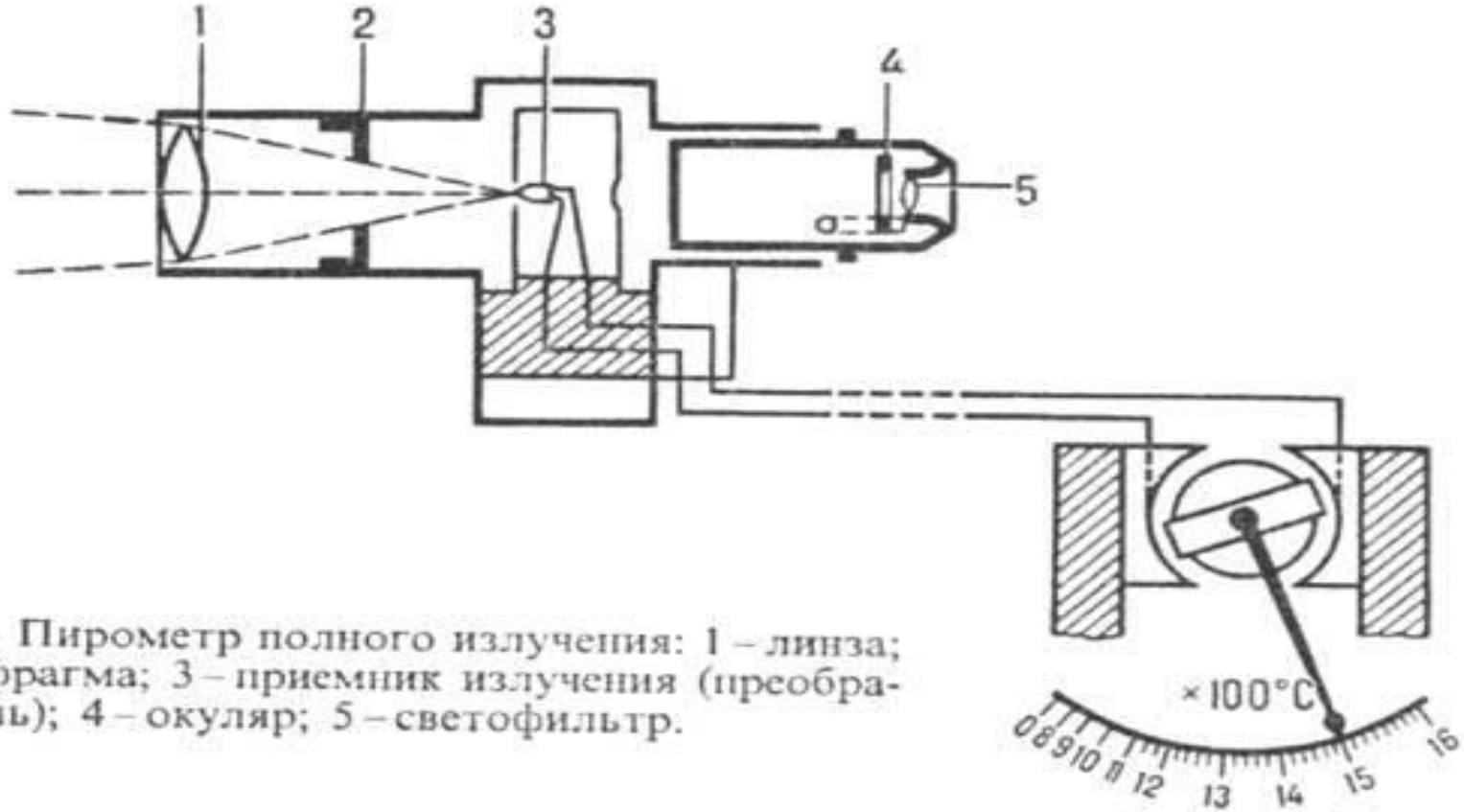


Рис. 4. Пирометр полного излучения: 1 – линза; 2 – диафрагма; 3 – приемник излучения (преобразователь); 4 – окуляр; 5 – светофильтр.

При нагреве до 500 °С тело излучает невидимые инфракрасные (тепловые) лучи с большой длиной волны. Дальнейшее повышение температуры вызывает появление излучения видимых световых лучей. Вначале раскаленное тело имеет бурый цвет, который по мере увеличения температуры переходит в красный, оранжевый, желтый и, наконец, в белый.

Наряду с повышением температуры нагретого тела и изменением его цвета быстро возрастает интенсивность излучения, а также заметно увеличивается радиация. Такие свойства нагретых тел, как яркость и радиация, используются для измерения температуры пирометрами излучения, которые по принципу действия подразделяются на яркостные (оптические), фотоэлектрические и

Фотоэлектрические пирометры

Фотоэлектрические пирометры являются автоматическими показывающими и записывающими приборами. Они позволяют измерять и записывать яркостную температуру неподвижных или движущихся тел, нагретых до видимого свечения, например температуры при высокочастотном нагреве, температуры прокатываемого металла и т. п.

Фотоэлектрические методы измерения яркостей широко используются в прецизионных фотоэлектрических установках, применяемых для научных исследований и эталонных работ в

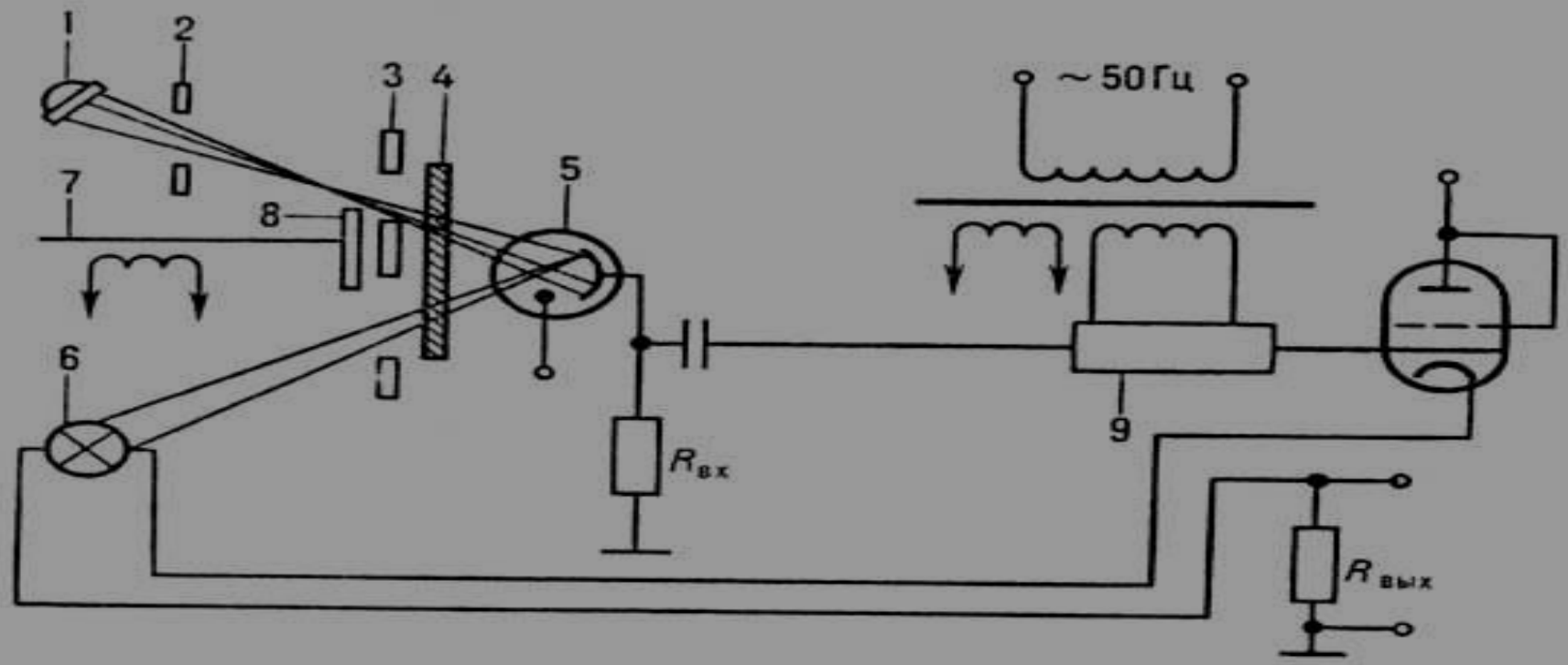


Рис. 2. Фотоэлектрич. пирометр: 1 – объектив; 2, 3 – диафрагмы; 4 – светофильтр; 5 – фотоэлемент; 6 – лампа; 7 – модулятор света; 8 – заслонка; 9 – усилитель; $R_{вх}$, $R_{вых}$ – входное и выходное сопротивления в цепи лампы.

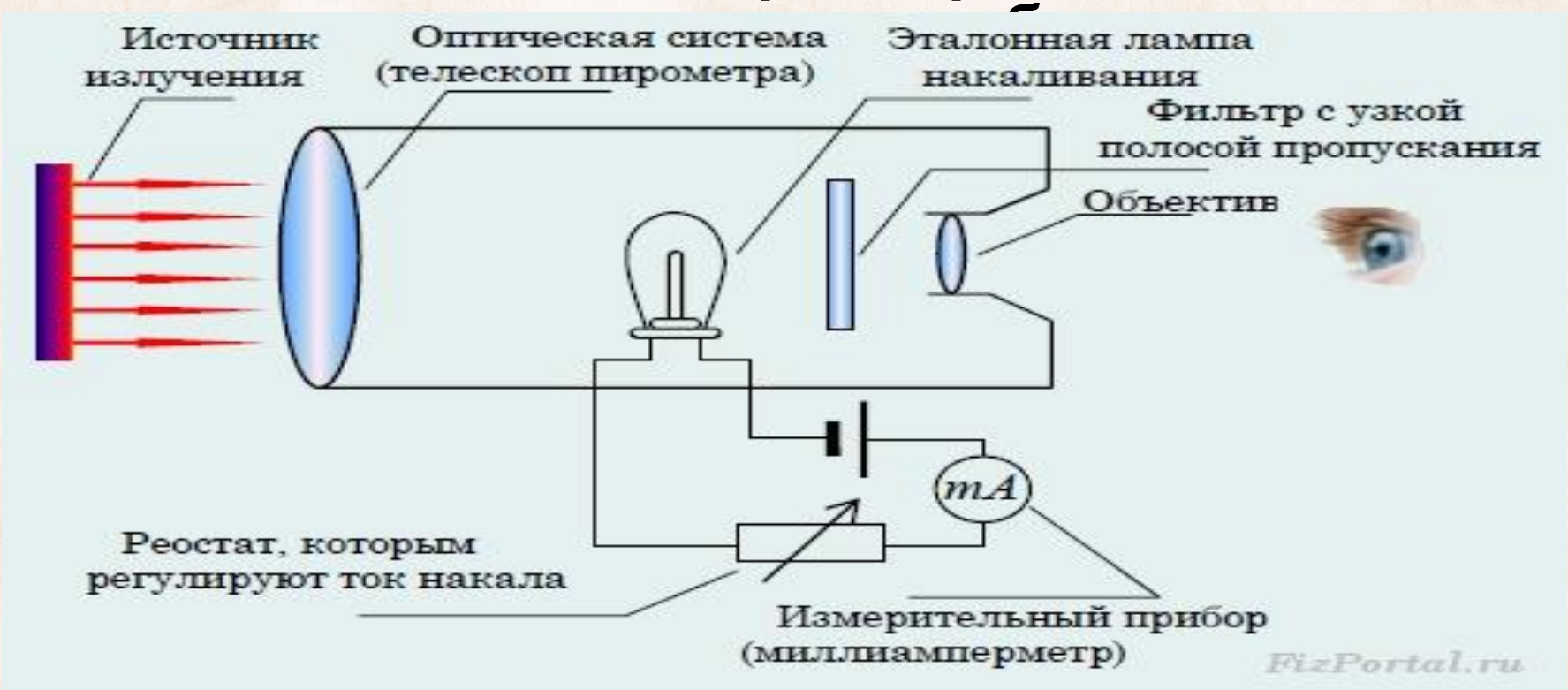
Переключатель для
N: Обычного измерения температуры:
M Измерения максимальной температуры
ε: Коэффициента излучения
Установка коэффициента излучения
Видоискатель с настройкой резкости
1032
Объект контроля в видоискателе с обозначением области измерения и цифровым встроенным дисплеем
Переключаемый фильтр для защиты глаз
impac
Объектив с переменным фокусным расстоянием и обозначением расстояний
Цифровой дисплей
Кнопка проведения измерений и печати
Интерфейс RS232
Гнездо подключения зарядного устройства
Гнездо для треноги 3/8"
Ремень
Выключатель режима непрывной работы

В фотоэлектрических пирометрах в качестве приемника излучения (чувствительного элемента) используют фотоэлемент, фотосопротивление и т. п. При освещении фотоэлемента в цепи его возникает ток, пропорциональный световому потоку, испускаемому нагретым телом. Следует отметить, что применяемые фотоэлементы (сурьмяно-цезиевые, кислородно-цезиевые, с запирающим слоем и др.) обладают различной спектральной чувствительностью, которая зависит от типа фотоэлемента.

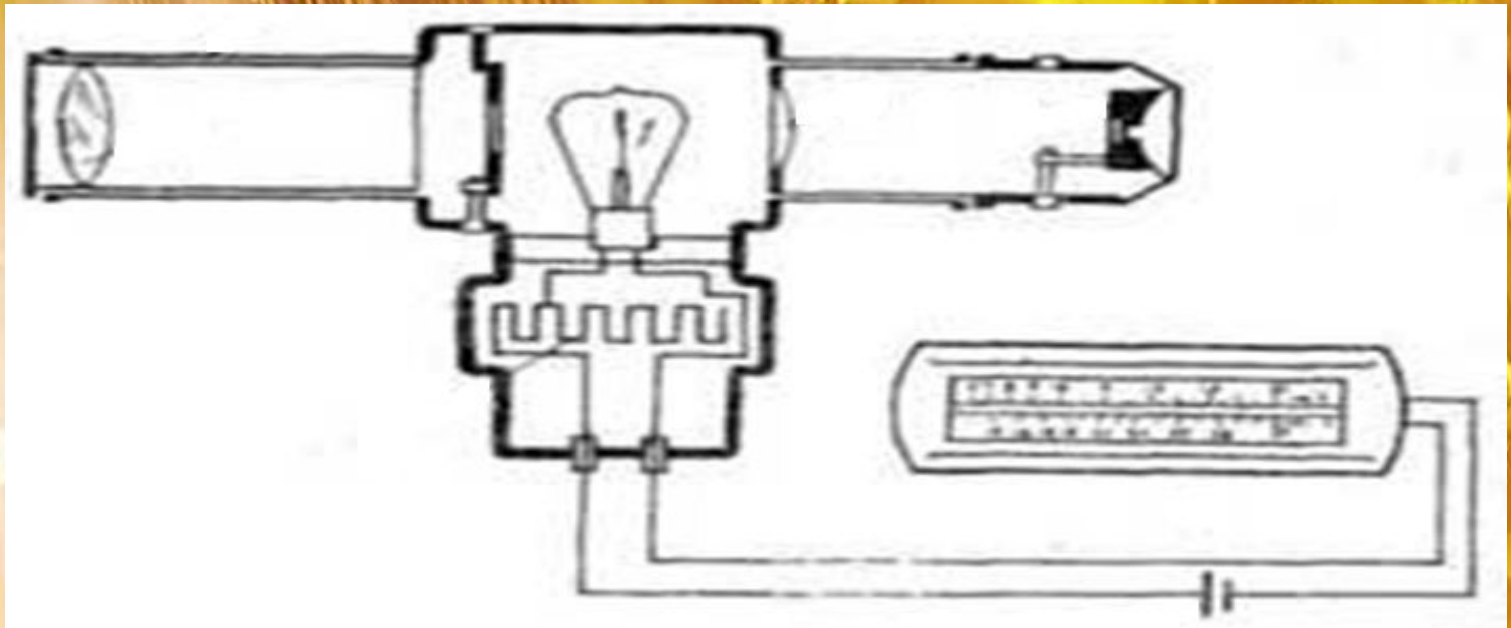
ЯРКОСТНЫЕ ПИРОМЕТРЫ

Яркостные пирометры действуют по методу сравнения яркости двух тел: тела, температура которого измеряется, и эталонного тела (нити лампы накаливания с регулируемой яркостью).

Объектив служит для фокусирования изображения раскаленного тела с плоскостью нити лампы. Перед лампой включен фильтр, уменьшающий видимую интенсивность излучения раскаленного тела. Внутри телескопической трубы в фокусе объективной линзы находится пирометрическая лампа,



Для определения силы питающего тока в цепь включен миллиамперметр *мА*. Через окуляр корректируется изображение нити по глазу наблюдателя. В момент отсчета включается красный светофильтр и реостатом с помощью поворотного кольца регулируется сила тока до тех пор, пока средняя часть нити не исчезнет на фоне раскаленного тела.



При разных яркостных температурах излучающего тела и лампы накаливания в цепи фотоэлемента возникает переменная составляющая фототека, совпадающая по фазе с фототоком от тела либо от лампы. Переменная составляющая усиливается электронным усилителем, выходной сигнал которого управляет цепью питания лампы до тех пор, пока освещенности измеряемого тела и лампы не уравняются.

Радиационные пирометры

В отличие от оптических пирометров с исчезающей нитью в радиационных пирометрах используется тепловое действие полного излучения нагретого тела, включая как видимое, так и не видимое излучение.

Эти пирометры можно применять и для измерения невысоких температур, при которых объект измерения не дает

В настоящее время радиационные пирометры применяются для измерения температур в диапазоне от -40 до 2500°С. Особенно удобно применение радиационных пирометров для бесконтактного измерения невысоких температур, при которых методы оптической пирометрии неприемлемы, например, для измерения невысоких температур движущихся предметов.