

## *Лекція 3*

# **Загальні відомості та принципи будови засобів для вимірювання температури**

# План:

1. Класифікація методів виміру температури
2. Принцип будови та роботи приладів для контактного виміру температури
3. Принцип будови та роботи приладів для безконтактного виміру температури

*Питання*    **1.**    Класифікація    методів  
виміру температури

# **За способом взаємодії з середовищем, яке аналізується:**

- **контактні;**
- **безконтактні (дистанційні).**

## За методом контактного виміру температури:

- розширення:
  - скляні рідинні;
  - ділатометричні;
  - біметалеві;
- манометричні;
- термоелектричні;
- опору.

## *Питання 2.* Принцип будови та роботи приладів для контактного виміру температури

# СКЛЯННІ РІДИННІ ТЕРМОМЕТРИ

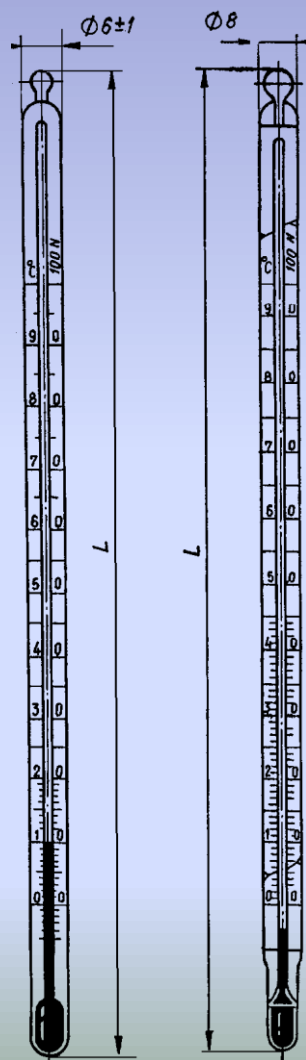
У рідинних термометрах використовується залежність об'єму рідини від температури (спирт, ртуть, лігроїн та ін.).

В залежності від конструкції бувають:

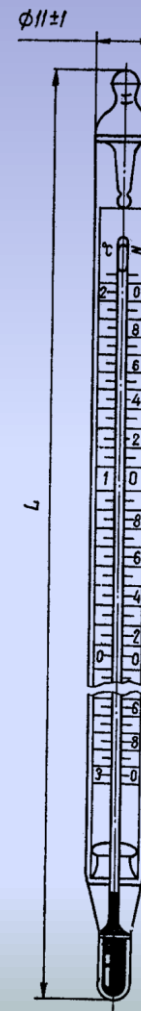
- **термометри палочні (тип А);**
- **термометри зі шкалою, що вкладена всередину скляної оболонки (тип Б);**
- **термометри з зовнішньою шкальною пластиною (тип В).**

# Скляні рідинні термометри

Тип А

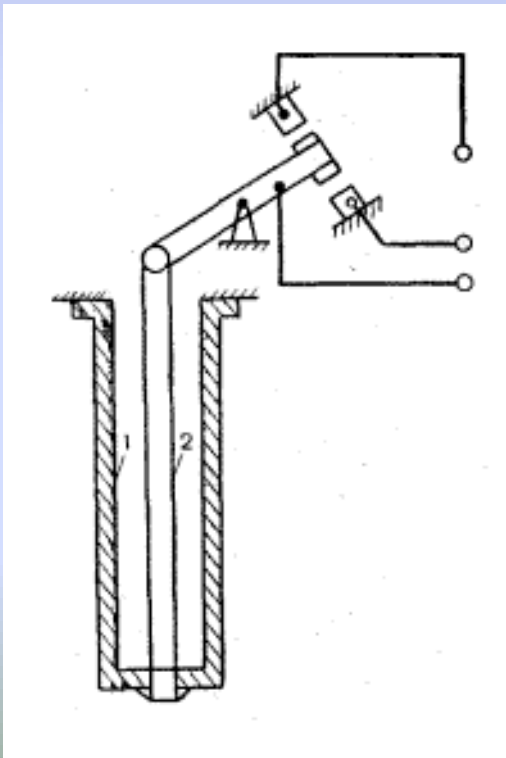


Тип Б



# ДІЛАТОМЕТРИЧНІ ТЕРМОДАТЧИКИ

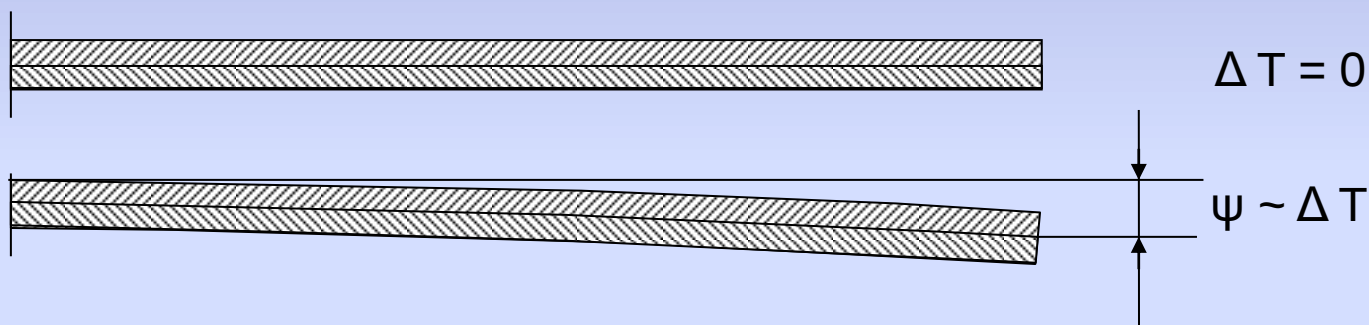
Всі матеріали розширюються при збільшенні температури. При цьому коефіцієнт лінійного розширення залежить від природи матеріалу.



- 1- трубка з металу з великим коефіцієнтом лінійного розширення;
- 2 - стрижень з металу з малим коефіцієнтом лінійного розширення.

# БІМЕТАЛЕВІ ТЕРМОДАТЧИКИ

Якщо пластини з суттєво різним коефіцієнтом лінійного розширення спаяти (спресувати) між собою, то при зміні температури система буде деформуватися.



Дилатометричні і біметалеві датчики температури можуть застосовуватися в різного роду термореле, для замикання (розмикання) контактів при досягненні заданого рівня температури.

# МАНОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

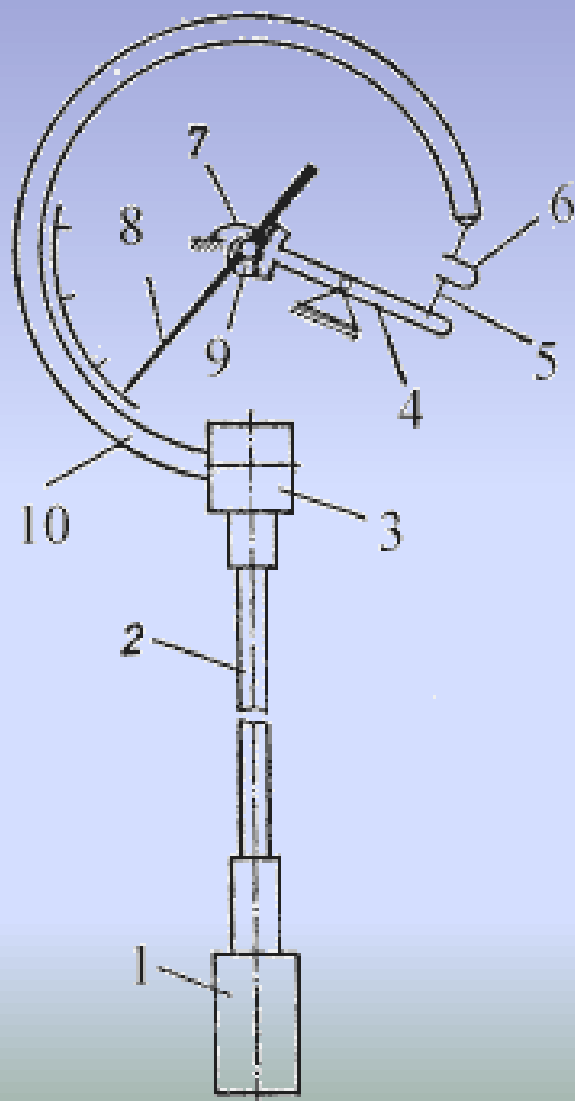
У манометричних термометрах використовується залежність тиску газу від температури



$$P_T = P_0 \cdot (1 + \beta T)$$

$\beta = 1/273$  - температурний коефіцієнт розширення газу

# МАНОМЕТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ



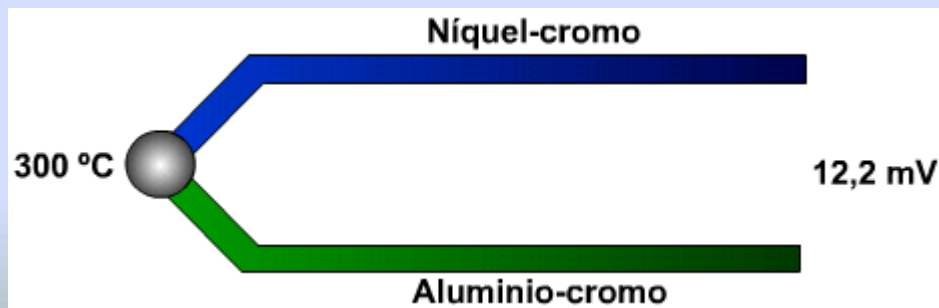
- 1—термобалон; 2 — капіляр;
- 3 — тримач; 4 — сектор;
- 5 — поводок;
- 6 — компенсатор;
- 7 — спіральний волосок;
- 8 — вказуюча стрілка;
- 9 — трубка;
- 10 — манометрична пружина

# Промислові манометричні термометри

| Тип термометру             | Діапазон вимірів, °C | Робоча речовина                                                                                                                                                     | Довжина капіляру, м |
|----------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Газові<br>ТГП, ТГС, ТГ     | -150<br>÷ 600        | азот, аргон                                                                                                                                                         | 0,6 –<br>60         |
| Рідинні<br>ТПЖ, ТЖС,<br>ТЖ | -150<br>÷ 300        | пропіловий спирт,<br>метаксилон, ртуть,<br>поліметилсилоксанова<br>рідина                                                                                           | до 10               |
| Конденсаційні<br>ТКП, ТПП  | -50 ÷ 300            | пропілен (C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> ), фреон-<br>22 (CHF <sub>2</sub> Cl), хлористий<br>метил (CH <sub>3</sub> Cl), ацетон<br>(C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O) | до 25               |

# ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ (термопари)

Термопара — чутливий елемент термоелектричного перетворювача у вигляді двох ізольованих провідників із різнорідних матеріалів, з'єднаних на одному кінці, принцип дії якого ґрунтується на використанні термоелектричного ефекту.

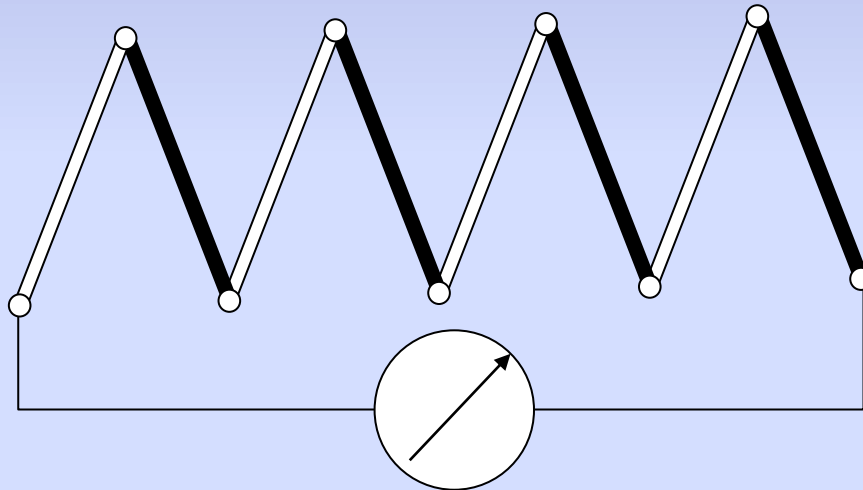


**Принцип дії термопари** - термоелектричний ефект, або ефект Зеєбека.

**Суть явища:** в замкнутому ланцюзі з двох різнорідних провідників, якщо місця їх з'єднання, або спай підтримувати при різній температурі, виникає електрорушійна сила (термо-ЕРС). Величина термоелектрорушійної сили залежить від матеріалу провідників і різниці температур контактів, напрямку струму в контурі - від того, температура якого спая вище.

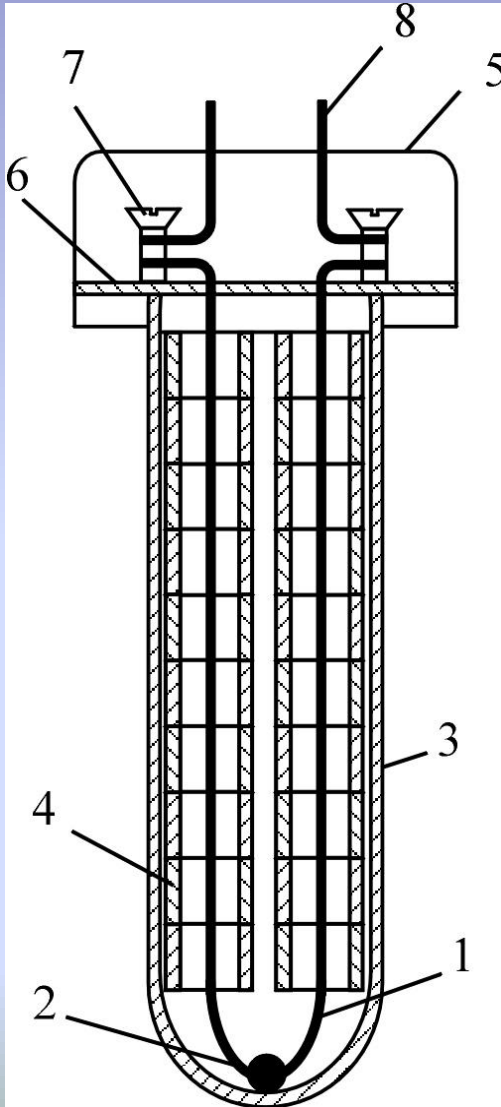
Для підвищення потужності вихідного сигналу можуть використовуватися декілька термопар включених послідовно.

Такий комплект з термопар називається батареєю.



*Батарея термопар*

# ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ



- 1-Термоелектроди;
- 2- Спай;
- 3- Захисний чохол;
- 4- Ізоляційні гірлянди;
- 5- Головка термометру;
- 6- Колодка;
- 7- Затискувачі;
- 8- Термоелектроди і сполучні проводи.

# ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНІ ТЕРМОМЕТРИ

| Тип термопар | Діапазон вимірів, °C | Матеріал               |
|--------------|----------------------|------------------------|
| ХА           | −300 ÷ 1300          | хромель—алюмель        |
| ХК           | −50 ÷ 800            | хромель — копель       |
| ПП           | 0 ÷ 1600             | платинородий — платина |
| ПР           | 0 ÷ 1800             | платинородієві         |
| ВР           | 0 ÷ 2500             | вольфрамренієві        |

# Найбільш розповсюджені матеріали для термопар

- **хромель** - хром - 8,7-10%; нікель - 89-91%; кремній, мідь, марганець, кобальт – домішки;
- **алюмель** - Ni (93-96%); Al (1,8-2,5%); Mn (1,8-2,2%); Si (0,8-1,2%);
- **копель** -Ni (42,5÷44)%, Fe 0,15 %, Mn (0,1÷1,0)% , решта - Cu.

## Переваги термопар:

- великий температурний діапазон виміру;
- вимір високих температур до 1800—2200°C;
- можливість використання в автоматичних системах.

## Недоліки:

- важко досягти точність більше 1°C;
- на покази впливає температура вільних кінців, на яку необхідно вносити поправку.

# ТЕРМОМЕТРИ ОПОРУ

Принцип дії заснований на явищі зміни електричного опору провідника в залежності від його температури

$$R_t = R_0(1 + a_t),$$

де  $R_0$  – опір дроту при  $0^\circ\text{C}$ ,

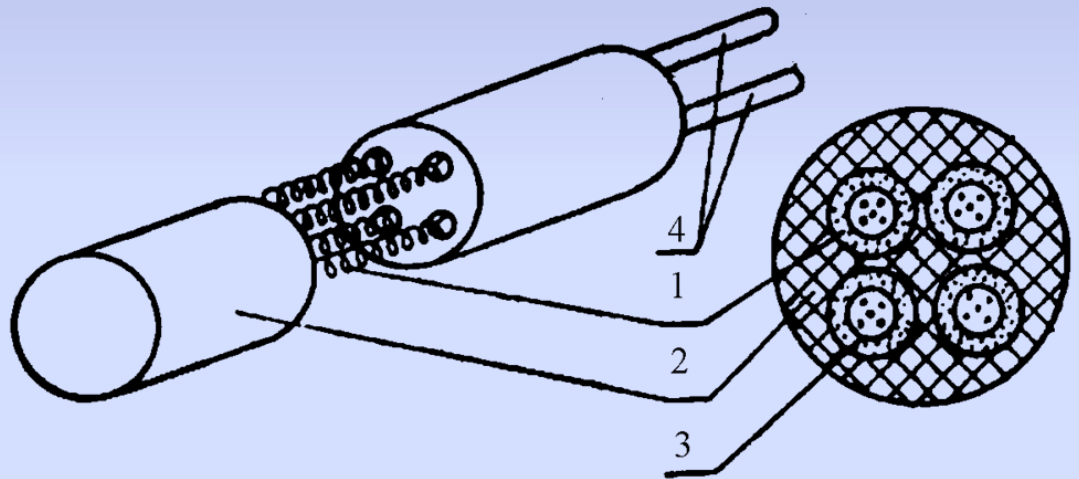
$R_t$  – опір дроту при  $t^\circ\text{C}$ ,

$a_t$  — температурний коефіцієнт опору  
термочутливого елемента.

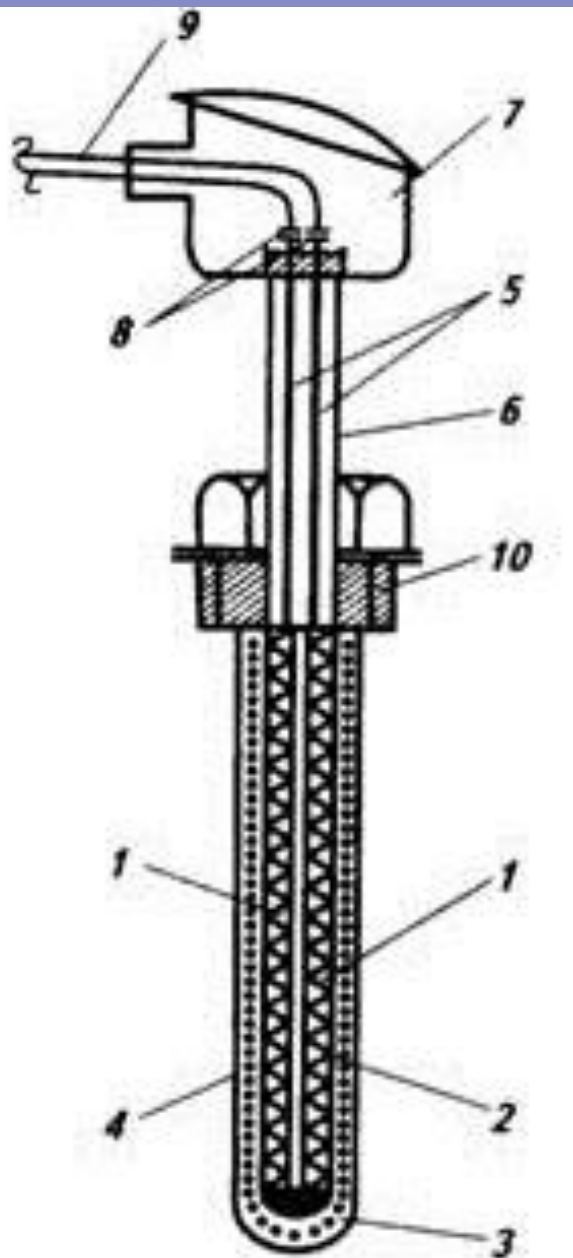
# Приклади значень температурного коефіцієнту опору деяких металів

|                                                              | Температурний коефіцієнт<br>опору,<br>$\alpha$ , $10^{-4}$ град $^{-1}$ |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Срібло                                                       | 41                                                                      |
| Мідь                                                         | 43                                                                      |
| Золото                                                       | 40                                                                      |
| Алюміній                                                     | 38                                                                      |
| Вольфрам                                                     | 51                                                                      |
| Цинк                                                         | 37                                                                      |
| Нікель                                                       | 27                                                                      |
| Залізо                                                       | 62                                                                      |
| Платина                                                      | 38                                                                      |
| Олово                                                        | 45                                                                      |
| Свинец                                                       | 42                                                                      |
| Сурма                                                        |                                                                         |
| Ртуть                                                        | 8,8                                                                     |
| Вісмут                                                       |                                                                         |
| Манганін (85% міді, 12% марганцю, і 3% нікелю)               | 0,08                                                                    |
| Константан (58,8% міді, 40% нікелю і 1,2% марганцю)          | 0,04                                                                    |
| Ніхром (67,5% нікелю, 15% хрому, 16% заліза і 1,5% марганцю) | 2                                                                       |

Термометр опору являє собою конструкцію, в якій дріт з платини або міді намотаний на спеціальний діелектричний каркас, розміщений всередині герметичного захисного корпусу, зручного за формою для монтажу.



Платиновий чутливий елемент:  
1 - спіраль; 2 - каркас; 3 - порошок;  
4 - контакти



- 1 - чутливий елемент з платинової або мідного дроту, в формі спіралі;
- 2 - пористий керамічний циліндр;
- 3 - керамічний порошок;
- 4, 6 - захисна зовнішня трубка;
- 5 - струмопередаючі контакти;
- 7 - головка термометра;
- 8 - клеми для приєднання вивідного дроту;
- 9 - дріт до фіксуючого приладу;
- 10 - втулка з різьбою для монтажу в трубопровід.

## Переваги термометрів опору:

- висока точність (близько  $0,1^{\circ}\text{C}$ );
- стабільність параметрів;
- майже лінійна залежність опору від температури;
- взаємозамінність.

## Недоліки:

- відносно малий діапазон вимірювань (у порівнянні з термопарами);
- значна вартість приладів (в порівнянні з термопарами з неблагородних металів) для платинових термометрів опору.

***Питання 3.*** Принцип будови та роботи  
приладів для безконтактного виміру  
температури

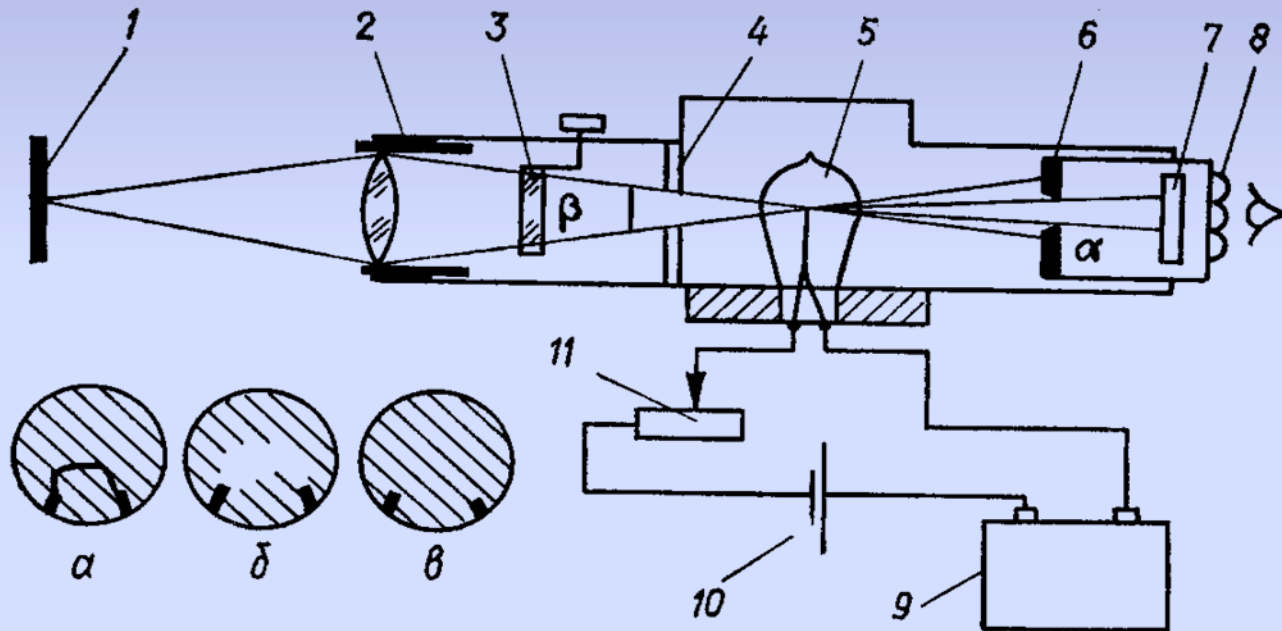
Для виміру температури **безконтактним** методом, застосовують **пірометри**

За принципом дії, пірометри поділяються на:

- яркісні (оптичні);
- радіаційні;
- колірні.

# ЯРКІСНІ ПРОМЕТРИ (ОПТИЧНІ)

Загальний принцип роботи - порівняння яскравості світіння об'єкту і еталону (вольфрамовій ниті). При збігу яскравості (нитка зникає на тлі об'єкту) вважають, що температура об'єкту і еталону однакова.



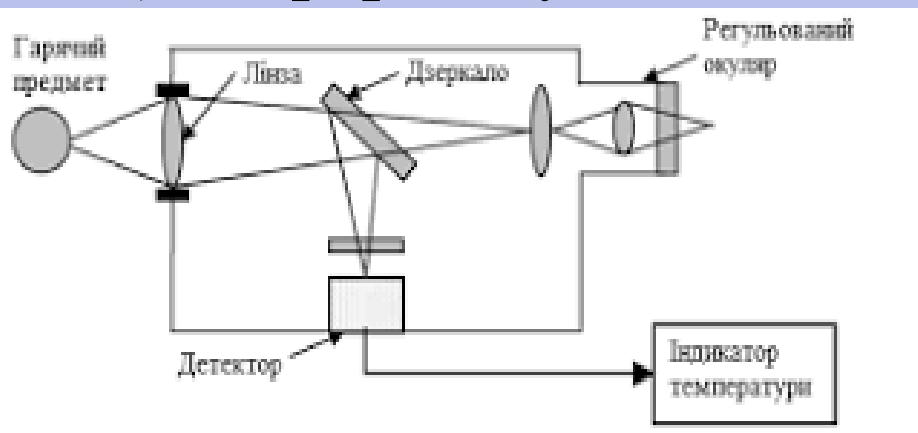
1- випромінювач, 2- лінза об'єктиву, 3- поглинаюче скло, 4,6- діафрагма, 5- пірометрична лампа, 7- червоний фільтр, 8- окуляр, 9- показуючий прилад, 10- джерело струму, 11- реостат.

# Оптичний пірометр Промінь М-1



# РАДІАЦІЙНІ ПІРОМЕТРИ

Загальний принцип роботи – інтенсивність теплового потоку від нагрітого тіла, що поступає через лінзу приладу і потрапляє на термометр (опору, термопару та ін.), перераховується в температуру.



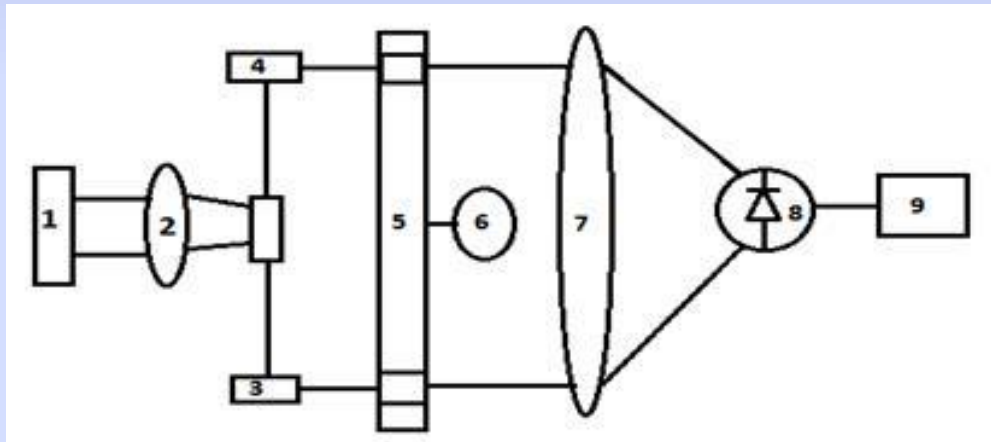
ПВ-6



4ПМ1

# КОЛІРНІ ПІРОМЕТРИ

Загальний принцип роботи - визначається відношення інтенсивності випромінювання нагрітого тіла в променях обраних довжин хвиль. Це відношення для кожної температури буде різним, і воно однозначно визначає температуру тіла.



1- нагріте тіло; 2 оптична лінза, яка поєднана з призмою; 3,4-дзеркала; 5-диск зі світлофільтрами; 6-електродвигун; 7-обтюратор; 8-фотоприймач; 9-вимірювальний прилад.

# Завдання на самопідготовку

- Автоматика для запобігання вибухам і пожежам. Посібник./ Дерев'янко О.А. та інш. – Харків: АЦЗУ, 2006.– С. 57-70.