

# **Bölüm 5**

# **Sıcaklık Ölçümü**

**Prof.Dr. Muhammet KAYFECİ**

## Sıcaklık Nedir?

Moleküler aktivitenin (moleküler kinetik enerjinin) göstergesidir. Fiziksel bir büyüklüktür. Temel bir boyuttur.

## Isı nedir?

Isı bir enerji türüdür. Sıcaklık farkı ile gerçekleşir.

Termodinamiğin sıfırinci, ikinci ve 3. kanunu sıcaklık ile ilgilidir.

Termodinamiğin sıfırinci kanunu: İki cisim üçüncü bir cisimle ısı dengede ise (sıcaklıkları eşitse), bu iki cisim birbiri ile ısı dengededir.

Termodinamiğin ikinci kanunu: İşlemler belirli bir yönde cereyan eder. Isı yüksek sıcaklıktaki bir kaynaktan düşük sıcaklıktaki bir kaynağa doğru geçer. Bu işlemi tersine gerçekleştirmek için sisteme enerji vermek gerekir.

Termodinamiğin üçüncü kanunu: Sıfır mutlak sıcaklıkta ( 0 Kelvin) sıcaklığında saf kristal halinde bulunan bütün maddelerin entropileri sıfırdır.

Termodinamiğin 1. kanunu ise enerji korunumu ile ilgilidir.

Bir referans sistemine göre sıcaklık ölçen cihazlara termometre veya sıcaklık ölçer denir.

Termometrede sıcaklığı değerlendirmek için kullanılan özelliğe termometrik özellik denir.

Uzunluk, hacim, basınç, elektrik direnci, potansiyel fark, renk değişimi ve yüzeylerin ışıyım şiddetleri termometrik özelliklerdir. Bu termometrik özellikler kullanılarak çeşitli sıcaklık ölçerler geliştirilmiştir.

| Thermometer                                | Thermometric property       |
|--------------------------------------------|-----------------------------|
| Gas at constant volume                     | Pressure                    |
| Electric resistance under constant tension | Electrical resistance       |
| Thermocouple                               | Thermal electromotive force |
| Saturated vapour                           | Pressure                    |
| Blackbody radiation                        | Emissive power              |
| Acoustic thermometer                       | Speed of sound              |

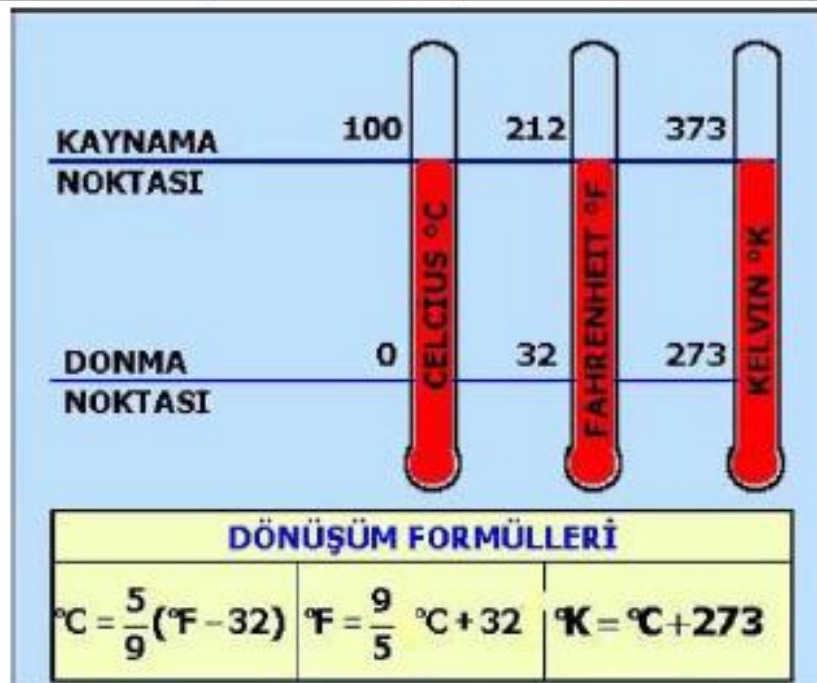
Niçin Sıcaklık Ölçülmesi yapılmalıdır?

- 1.Kontrol için
- 2.Gözlem için
- 3.Güvenlik ve enerji verimliliği için

# SICAKLIK ÖLÇEKLERİ

Normal atmosfer basıncında (101325 Pa), Suyun donma ve kaynama noktaları referans alınır.

|                       | Sıcaklık ölçeği | Termodinamik sıcaklık ölçeği |
|-----------------------|-----------------|------------------------------|
| SI sistemi            | Celsius, °C     | Kelvin, K                    |
| İngiliz birim sistemi | Fahrenheit, °F  | Rankine, R                   |



$$T(^{\circ}\text{F}) = 1.8T(^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15$$

## SICAKLIK ÖLÇEKLERİ

DeneySEL sıcaklık Ölçeği, k termometrik özellik olmak üzere Celcius sıcaklık ölçeği referans alınırSA AŞAĞIDAKİ ölçek deneySEL olarak elde edilir.

$$T(k) = \frac{k - k_0}{k_{100} - k_0}$$

Kelvin tarafından öne sürülen termodinamik sıcaklık ölçeğinde, sıcaklıklar Kelvin olmak Şartıyla Isı ve sıcaklıklara arasında AŞAĞIDAKİ eşitlik geçerlidir.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

# SICAKLIK ÖLÇERLER

## **Temaslı termometreler**

1- Genişleme tipli termometreler

- Sıvı genişlemeli
- Bimetalik tip
- Gaz termometreleri

2- Termistorler

3- Direnç termometreleri (Nikel, bakır, (korozyona uğrayabilir) Platinyum, tungsten)

4- Isıl çiftler (Termoeleman, Thermocouple)

5-Sıvı Kristal termometreler

5- Birleşik devreli termometreler

## **Temassız Termometreler**

1- Optik termometreler

2- İnfrared (Kızılötesi) termometreler

## İdeal Gaz Termometreleri

Bu termometreler gazların  $pV = RT$  şeklinde tanımlanan ideal gaz kanuna dayanır. Burada  $p$  basıncı,  $V$  hacmi,  $R$  üniversal gaz sabitini,  $T$  ise mutlak sıcaklığı gösterir. Şekil 5.18'de görüldüğü gibi, uygun bir gaz, sabit kapalı bir hacim içine doldurulmuştur. Bu hacim içindeki gazın sıcaklığı değiştiğinde, basıncı da değişmektedir. Bu nedenle gerçekte bu sistemde, sıcaklık ölçümü bir manometre ile yapılır. Sabit hacim için ideal gaz kanunu, belirli bir referans sıcaklık gözönüne alındığında,

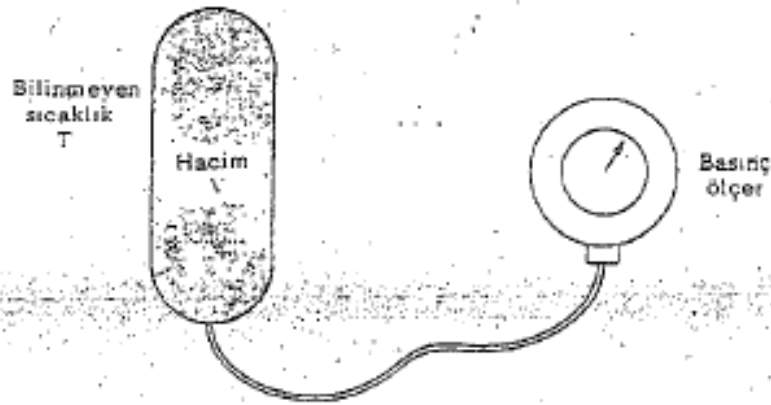
$$T = T_{ref} \left( \frac{P}{P_{ref}} \right) \quad (5.1)$$

sabit hacim

şeklinde yazılabilir. Buna göre, sıcaklık değerlerinde işaretlenmiş manometreden sistemin sıcaklığı okunabilir.

Gaz deposu, kapiler boru ve ölçme aleti hepsi birlikte sistem halinde doğrudan kalibre edilmelidir. Gaz deposunun büyüklüğü ve gazın fiziksel özellikleri ölçme zamanına etki etmektedir. Basınç transdüserleri, kısa kapiler boru ve küçük gaz deposu kullanılarak ölçme zamanı kısaltılabilir.

Endüstriyel uygulamalar için azot gazı bu tip termometrelerde çok kullanışlıdır. Bunlar ile  $-100^{\circ}\text{C}$   $+550^{\circ}\text{C}$  değerleri arasındaki sıcaklıklar kolaylıkla ölçülebilir. Kapiler boru 60 metreye kadar uzatılabilmektedir.



Şekil 5.18 Şematik ideal gaz termometresi.

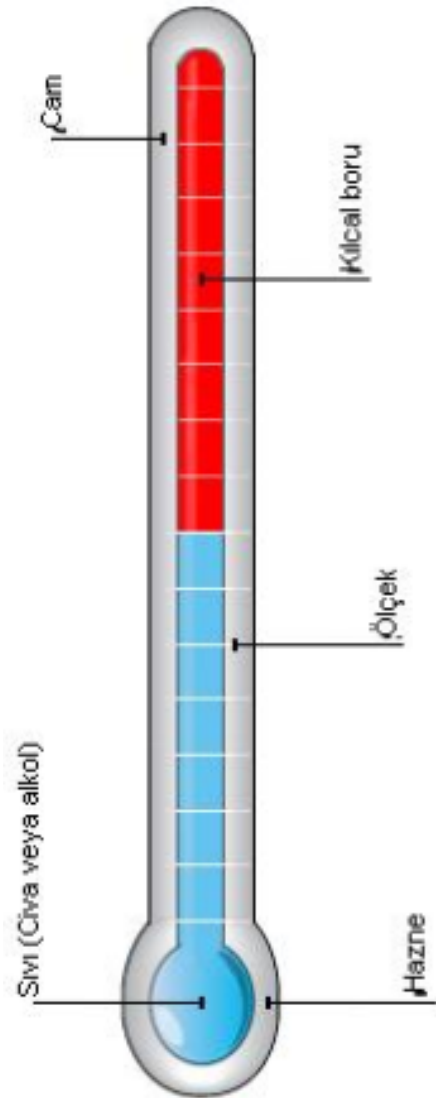
İdeal gaz termometresi saf suyun üçlü noktasındaki sıcaklıkta ( $T_{ref} = 273.16$  K) içindeki gazın basıncı  $P_{ref}$  ise gazın herhangi bir  $P$  basıncına gelen  $T$  sıcaklığı,

$$T = 273.16 \left( \frac{P}{P_{ref}} \right)$$

olarak hesaplanır.

az termometreleri 1 K gibi düşük bir sıcaklık ölçülebilir. Büyük laboratuvarlarda diğer sıcaklıkların kontrolunda uzman kimseler tarafından kullanılır.





## SIVI GENİŞLEMELİ CAM TERMOMETRELER

Sıcaklık ölçümünde en çok kullanılan cihazlar, sıvı genişlemeli cam termometrelerdir. Temel çalışma prensibi, hazne içindeki sıvı, sıcaklıkla genişleyerek kılcal boru içinde yükselmesidir. Cıva en çok kullanılan sıvıdır. Basit, doğrudan okuma imkanı, taşınabilir ve ekonomik olmaları önemli avantajlarıdır.

Cam termometrelerde Cıva, toluen, etil alkol, kerosen, petrol eteri ve pentan gibi sıvılar kullanılır. Bu sıvılar hacimsel genleşme katsayılarından dolayı kullanılırlar.

En çok kullanılan sıvı cıvadır. Cıva camı ıslatmaz ve saftır. Ayrıca Atmosferik basınçta  $-38.87\text{ }^{\circ}\text{C}$  /  $+356.58\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasında sıvı fazdadır. Diğer sıvıların kullanılmaması hacimsel genişlemeleri fazla olmasına rağmen cam yüzeyini ıslatmaları ve okuma güçlük çıkarmalarıdır.



## SIVI GENİŞLEMELİ CAM TERMOMETRELER



Basit civalı termometre



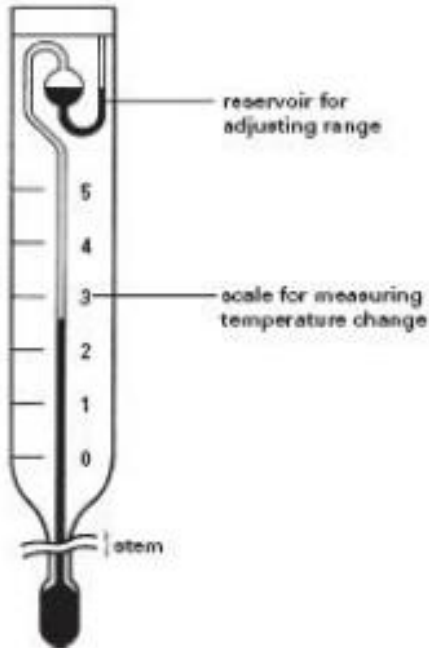
Endüstriyel koruyuculu termometreler.

Koruyuculu termometrelerde hazne ile metal arasına, ısı transferini artırmak için bakır, alüminyum veya buharlaşmayan bir yağ konulur.

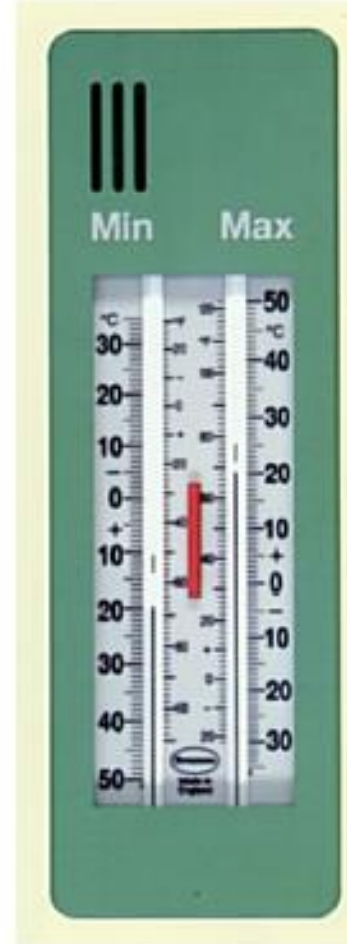
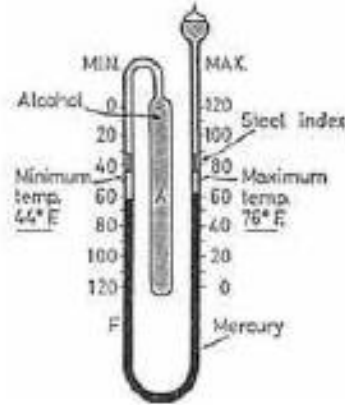
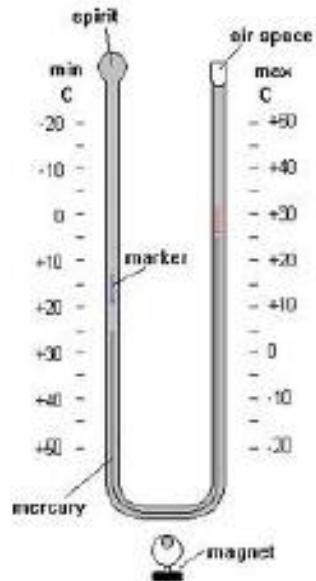
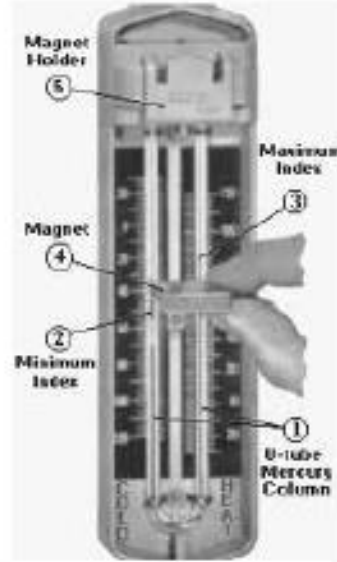
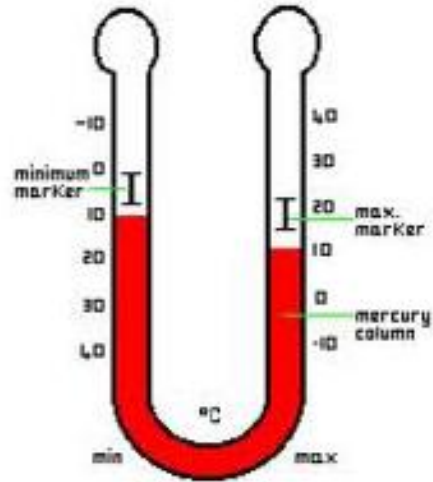
## SIVI GENİŞLEMELİ CAM TERMOMETRELER

Sıvı genişlemeli elektrik kontakt termometrelerle sıcaklık kontrolu yapılabilir. Termometrede sıcaklık artışıyla kılcal boruda yükselen civa, tungsten tele temas ederek elektrik devresini kapatır. Ters durumda elektrik devresi açılır.

Küçük sıcaklık değişimlerinin ölçülmesinde Beckmann civalı termometreleri kullanılır. Genellikle ana sıcaklık ölçek aralığı 5 oC, okuma hassasiyeti 0.001 oC'dir.

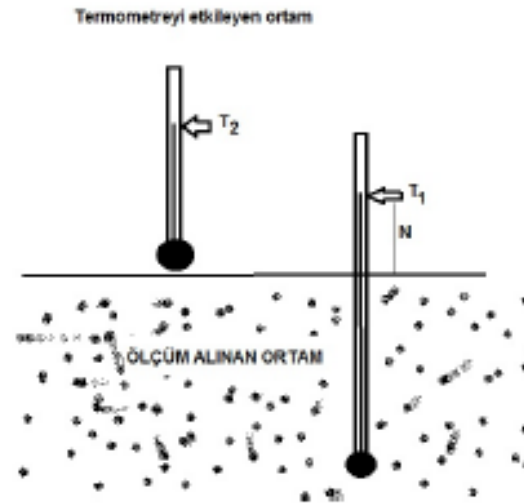
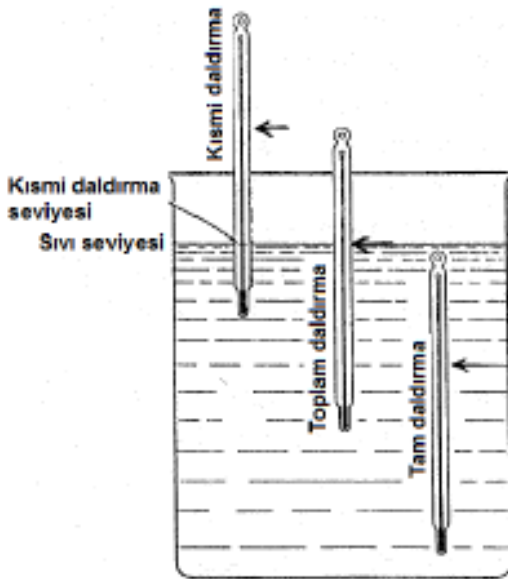


## SIVI GENİŞLEMELİ CAM TERMOMETRELER



Bir Ortamın en yüksek ve en düşük sıcaklıklarını tespit etmek için Maksimum-minimum termometresi kullanılır. Her okumadan sonra mıknatısla demir parçası sıvı yüzeyine tekrar getirilir.

# SIVI GENİŞLEMELİ TERMOMETRELERDE ÖLÇME DÜZELTMESİ



$$\Delta T = \beta N (T_1 - T_2)$$

B Termometredeki sıvının görünür hacimsel genleşme katsayısı  
N: Kılcalın ortam içinde olmayan kısımdaki sıcaklığı  
T1, ortamdaki okunan sıcaklık  
T2, diğer ortamda okunan sıcaklık

**Örnek :** Bir buhar kazanının baca sıcaklığı civalı termometre ile ölçülmektedir. Bacaya bağlı termometre  $T_1=220$ , dışarıdaki termometre  $T_2= 30$  °C Kılcal kısmın ölçme dışındaki ortamda kalan kısım  $N =140$  °C ise bacadaki düzeltilmiş sıcaklığı hesaplayınız.

**Çözüm:** civa için  $\beta=0.0016$  1/K

$$T_{düz} = T_1 + \beta N (T_1 - T_2) = 220 + 0.0016 * 140 * (220 - 30) = 224.3 \text{ °C}$$

## **BASINÇ TERMOMETRELERİ**

- Gaz doldurulmuş basınç termometreleri
- Sıvı doldurulmuş basınç termometreleri
- Sıvı/gaz doldurulmuş basınç termometreleri

İdeal gaz termometreleri ile aynıdır. Aralarındaki fark, bu tip termometrelerde hazne (algılayıcı kısım) bir sıvı (propil alkol) , gaz (Azot) veya sıvı/buhar ( Freon 22, Propilin, Metil klorid, aseton, etil benzen) ile doldurulmuş olmasıdır.

Bourdan manometresine benzer.

Haznedeki akışkan sıcaklıkla ısı genleşmesinin oluşturduğu basıncın ölçülmesine dayanır. Bu termometrelere akışkan genişlemeli termometreler de denir. Kılcal boruları 20 m olabilir.



## **BASINÇ TERMOMETRELERİ**





## **BASINÇ TERMOMETRELERİ**

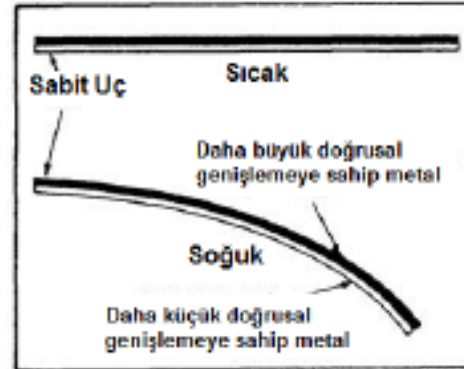
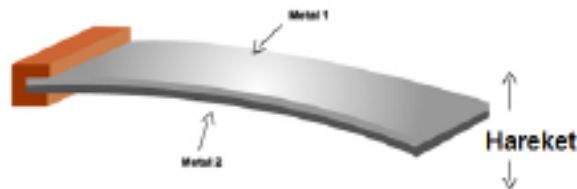
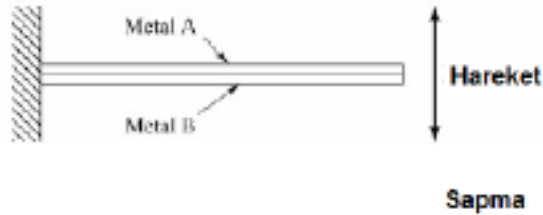


# BİMETAL TERMOMETRELER

Katı cisimlerin sıcaklıkla doğrusal uzama prensibine dayanır.

$$L=L_0 (1+\alpha T)$$

$\alpha$ : Çubuğun ısıl uzama katsayısı (1/K)



Bimetal malzemeler (Pirinç (bakır,çinko alaşımı), paslanmaz çelik, Monel, invar )

Bimetal teller sıcaklık kontrolü için de kullanılırlar.

# BİMETAL TERMOMETRELER

Endüstride bimetallar helisel biçimde sarım yapılarak kullanılır. Bir ucu sıcaklık ölçmede diğer ucu ibreye bağlıdır. Sıcaklıkla genişleyen uç dairesel hareketle ibreyi döndürür.

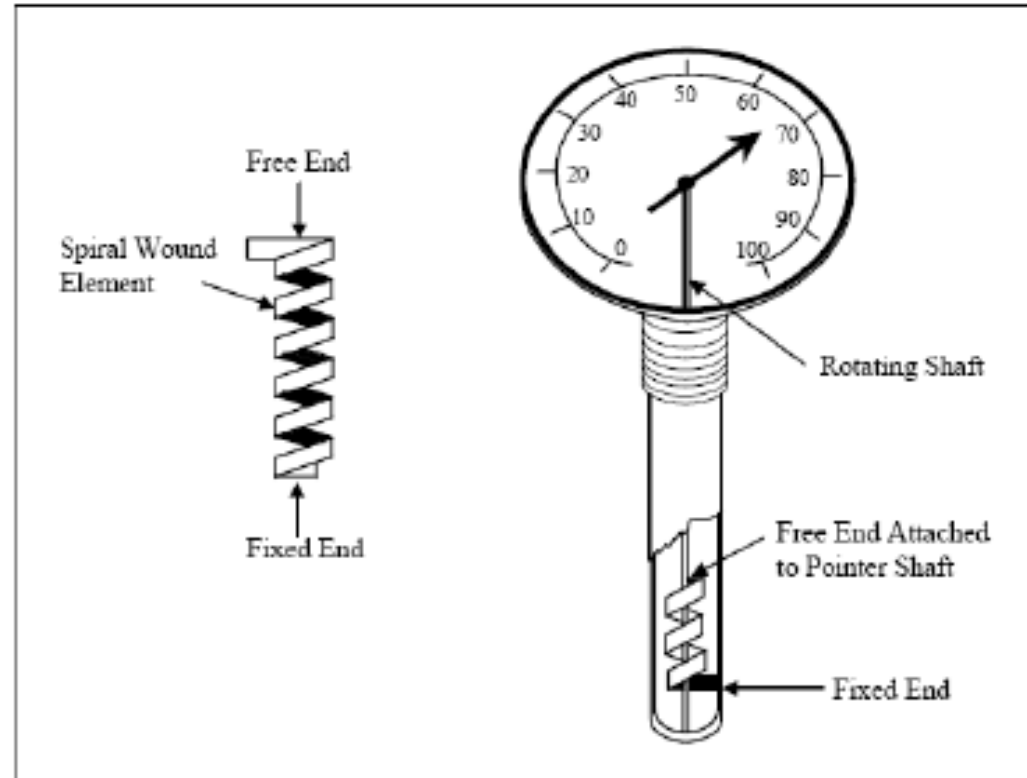
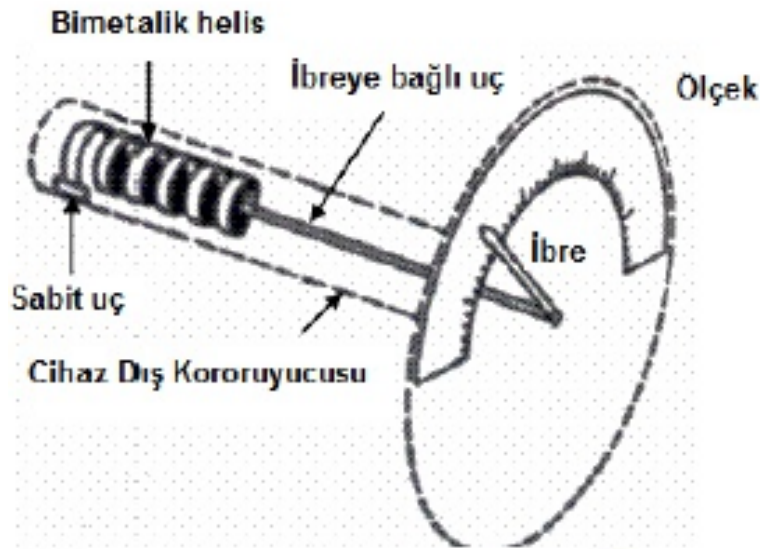
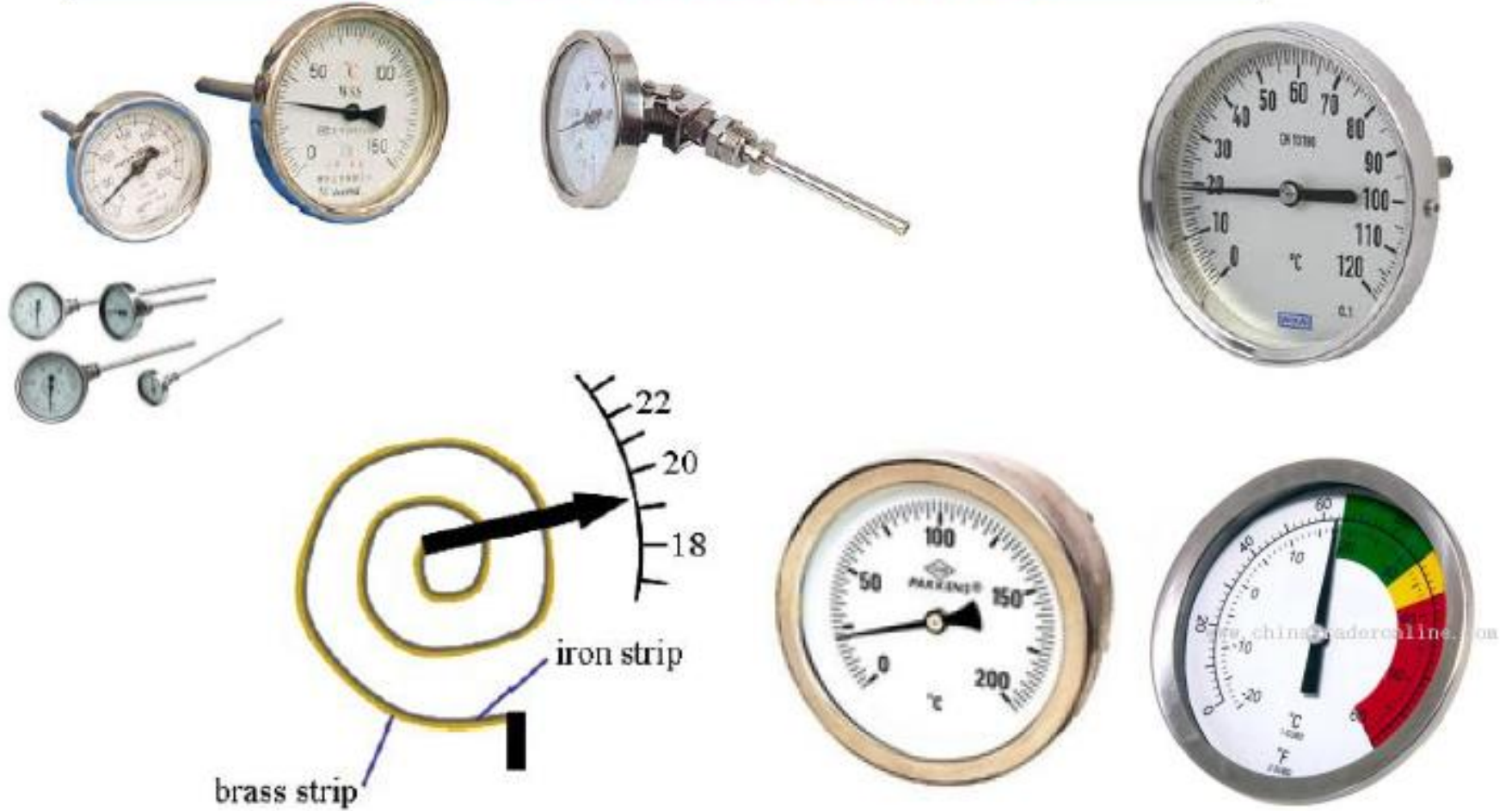


Figure 7-3. Bimetallic dial thermometer

# BİMETAL TERMOMETRELER



Güce ihtiyaç yok, sağlam kullanımı kolay ucuz fakat çok hassas değil. Düşük sıcaklıklar için uygun değil çünkü metallerin genişlemesi düşük sıcaklıklarda genleşme ve büzüşmeleri hassas değil.



## ELEKTRİK DİRENÇ TERMOMETRELERİ (RDT)

Elektriksel etkilerle sıcaklık ölçme aletlerindendir. Bazı direnç elemanlarının (Platin, Nikel, Tungsten gibi malzemeler) elektrik dirençlerinin sıcaklık değişimi prensibine dayanır. RDT Sıcaklık artıkça dirençte artmaktadır.  $-260\text{ }^{\circ}\text{C}/+750\text{ }^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıcaklıklar ölçülebilir. Hassasiyet  $\pm 0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$  olabilir.

$$R_T = R_0 [1 + \alpha(T - T_0)]$$

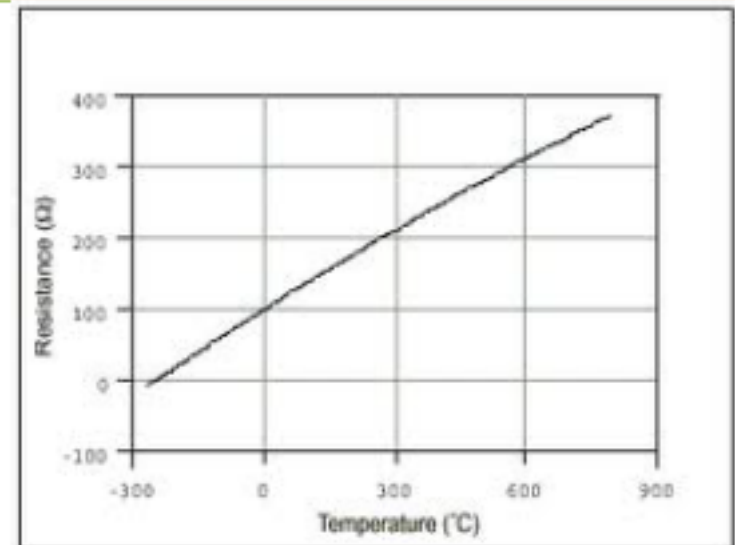
$T$  = ölçüm sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_0$  = referans sıcaklık ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

$\alpha$  = direncin sıcaklıkla değişim katsayısı ( $1/^{\circ}\text{C}$ )

$R_T$  = herhangi bir  $T$  sıcaklığındaki direnç ( $\Omega$ )

$R_0$  = Referans sıcaklığındaki direnç ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  deki direnç)





## ELEKTRİK DİRENÇ TERMOMETRELERİ (RDT)

Direnç termometrelerinin fiyatları, termoelemanlara göre daha pahalı olup, tepki zamanları da daha uzundur. Direnç termometreleri yavaş değişen sıcaklık ölçümlerinde kullanıldıklarında en iyi sonuçlar verirler. Bu termometrelerde en çok kullanılan malzeme ve sıcaklık aralıkları Tablo 2. de verilmiştir.

**Tablo 2.** Direnç termometrelerinde en çok kullanılan malzemelerden bir kaçı

| Malzeme | Sıcaklık aralığı<br>(°C) | $\alpha$ (1/°C) |
|---------|--------------------------|-----------------|
| Nikel   | -150/300                 | 0.0067          |
| Platin  | -250/900                 | 0.00392         |
| Bakır   | -200/150                 | 0.0043          |

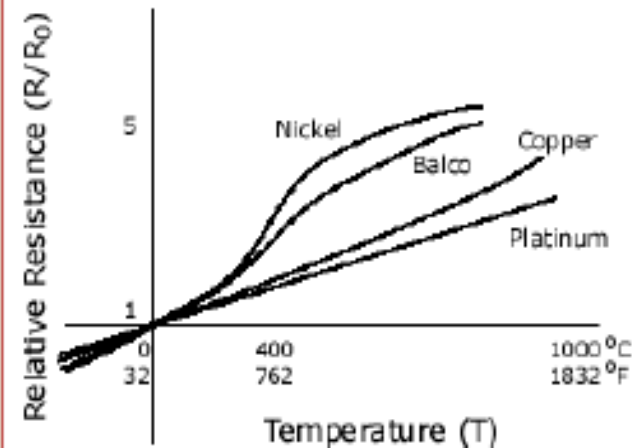
Sıcaklık aralığının büyük olması durumunda direncin sıcaklıkla değişimi ikinci dereceden bir polinomla ifade edilir.

$$R = R_0(1 + aT + bT^2)$$

R: T'deki direnç,

$R_0$ :  $T_0$ 'daki direnç,

a ve b: deneysel sabitler

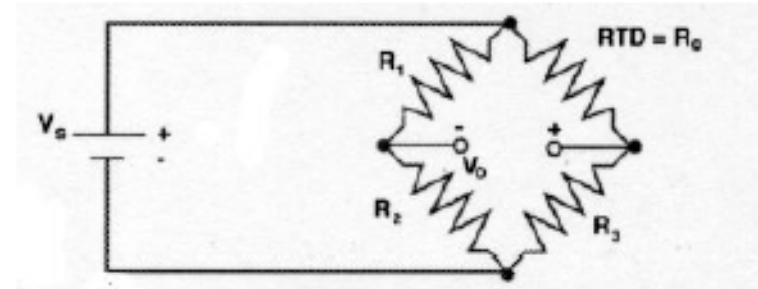
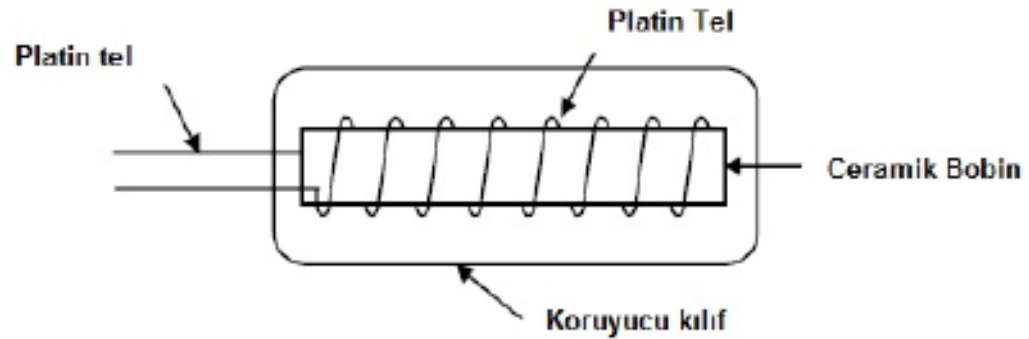


## ELEKTRİK DİRENÇ TERMOMETRELERİ (RDT)

Cam ya da seramik bir çubuk üzerine çok ince tellerin (platinum) sarılması ile elde edilir.

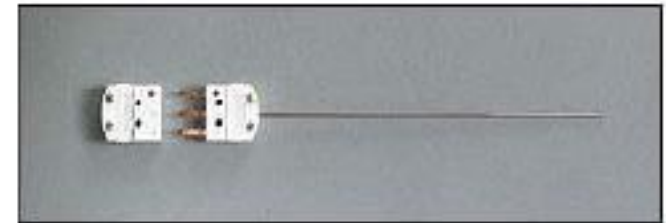
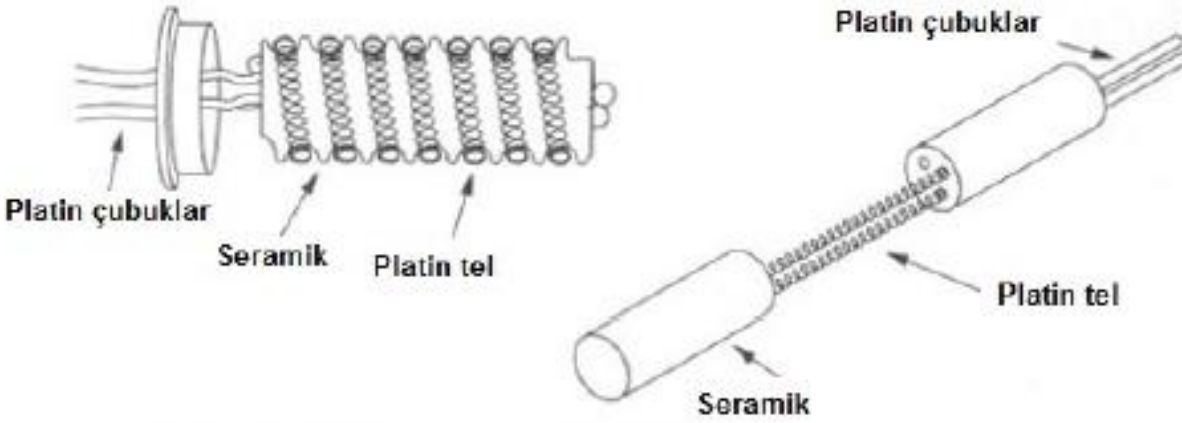
Tellerin mekanik zorlamalardan ve korozyondan korunması gerekir. Bunu sağlamak için sensör kısmı Koruyucu kılıf içine konur.

RDT termometrelerde elektrik direnci, pratikte Wheastone köprüsü devresi kullanılarak ölçülür.



Tipik bir RTD – resistance temperature detectors

# ELEKTRİK DİRENÇ TERMOMETRELERİ (RDT)



Typical RTD Probes

**Not:**

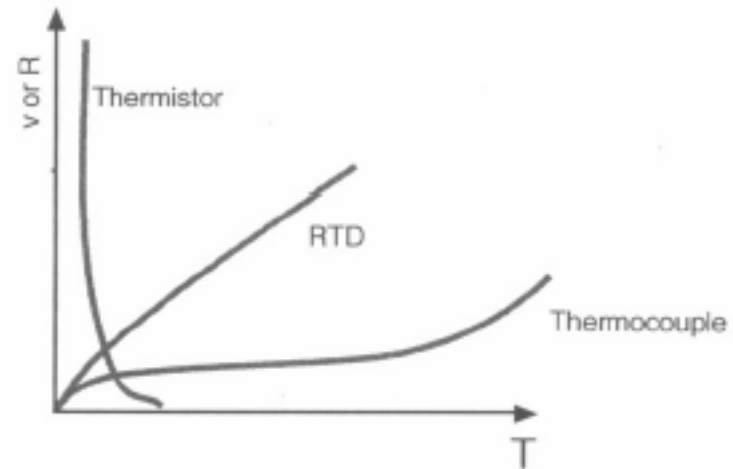
**Yarı iletken madde, elektrik iletkenliği bakımından, iletken ile yalıtkan arasında kalan maddelerdir.**

- Normal durumda yalıtkan olan bu maddeler ısı, ışık, manyetik etki veya elektriksel gerilim gibi dış etkiler uygulandığında bir miktar değerlik elektronlarını serbest hale geçirerek iletken duruma gelirler.
- Uygulanan bu dış etki veya etkiler ortadan kaldırıldığında ise yalıtkan duruma geri dönerler. Bu özellik elektronik alanında yoğun olarak kullanılmalarını sağlamıştır.
- Yarı iletkenlerin değerlik yörüngelerinde dört elektron bulunur.
- Bu yüzden yarı iletkenler iletkenlerle yalıtkanlar arasında yer almaktadır.
- Elektronik elemanlarda en yaygın olarak kullanılan yarı iletkenler germanyum ve silisyum elementleridir.
- Yarı iletken malzemeler; iletkenlerden 10-10 defa az iletken, yalıtkanlara göre  $10^{14}$  defa daha fazla iletkenlerdir.

## TERMİSTÖRLER

Termistörlerde sıcaklık ile dirençteki değişmeyi ölçer. Termistörler çok hassastırlar (RTDlerden 100 ve termolelemanlardan 1000 kat daha hassastırlar.)

- Küçük sıcaklık değişimini algılayabilir ve hızlıdırlar, hassas sıcaklık kontrolü ve birim zamandaki küçük sıcaklık farklarını algılayabilir. Yarı iletken seramiklerden (metal oksitlerden) yapılırlar. Sıcaklıkla direnç değişimi doğrusal değildir.



Termistörlerde Doğrusal olmayan davranış



## TERMİSTÖRLER

•Yarı iletken malzemeden yapılan termistorlerin elektrik direnci, bir çok metal malzemenin aksine sıcaklıkla azalır. Sıcaklık arttıkça termistörün direnci azalır. Bu değişim aşağıdaki bağıntı ile verilmiştir.

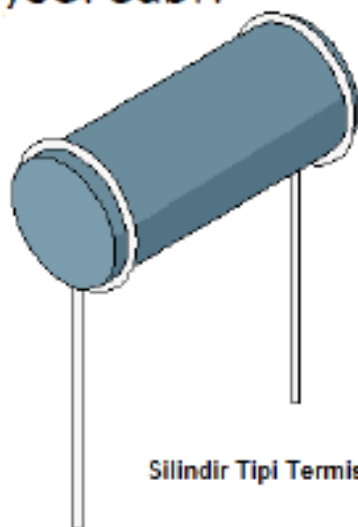
- Sıcaklık artışı  $\Rightarrow$  düşük direnç

$$R = R_0 \exp \left( \beta \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right)$$

R: T'deki direnç,  $R_0$ :  $T_0$ 'daki direnç,

$\beta$ : deneysel sabit

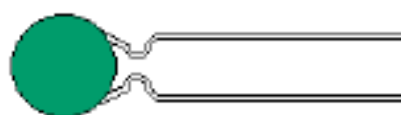
B termistör malzemesinin cinsine göre 3500 K-4600 K arasında değişir.



Silindirik Tipi Termistor



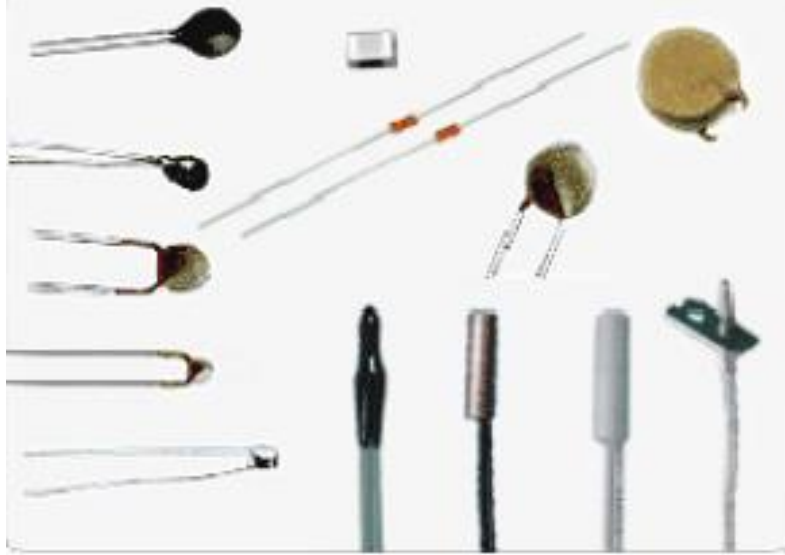
Boncuk Tipi Termistor



Disk Tipi Termistor

# TERMİSTÖRLER

## NTC Thermistor



## PTC Thermistor



Çeşitli termistörler

### 1. PTC Dirençler

Pozitif sıcaklık sabitine (PTC) sahip dirençler ısındığı zaman, direnç değeri büyür. Metaller, özellikle de baryum titamat ve fungsten bu özelliğe sahiptir. Çok değişik kullanım alanları vardır.

### 2. NTC Dirençler

NTC dirençler, ısındığı zaman direnç değerleri düşer, Germanyum, Silikon, ve metal oksitler gibi maddelerden üretilir. En çok tipler kullanılır.

# TERMİSTÖRLER



Bakır kapsüllü NTC termistor



Çeşitli termistörler

## TERMÖLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)

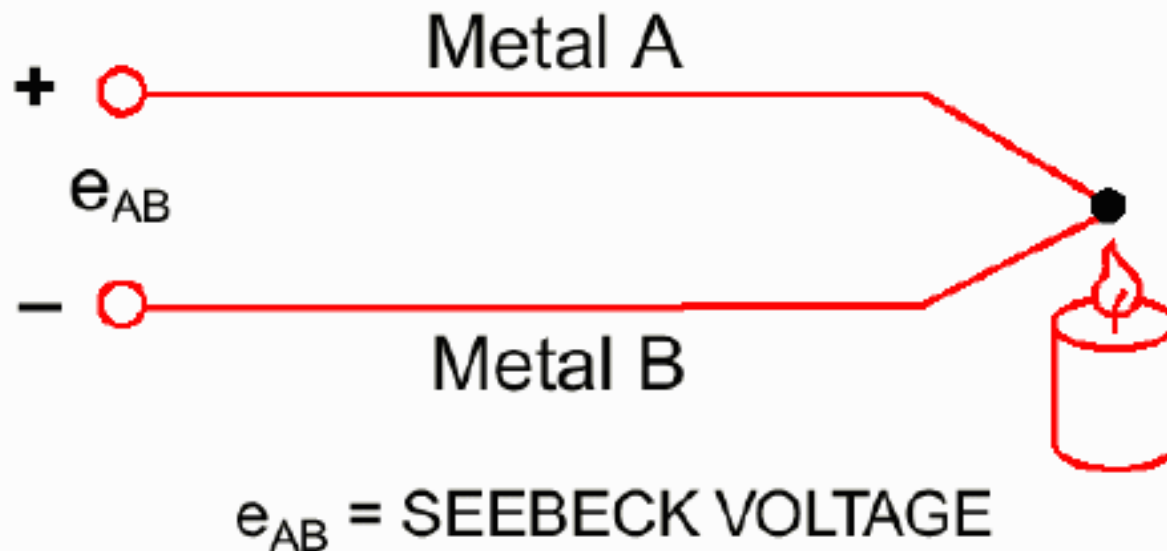
Elektriksel sıcaklık ölçme yöntemlerinden en çok kullanılanıdır. Isıl çiftin çalışma prensibi SEEBECK etkisi olarak bilinen termoelektriksel olaya dayanır.

Seebeck' e göre farklı malzemelerden yapılmış iki iletken veya yarı iletkenin uçları birleştirilir ve elde edilen uçlar farklı sıcaklıklara maruz bırakılırsa uçlar arasında bir termik gerilim (elektromotor kuvvet, emk) meydana gelir. Bunun nedeni sıcak kaynaktan soğuk kaynağa doğru hareket eden elektronların doğurduğu elektromotor kuvvettir. Elektron akısına zıt yönde oluşan bu kuvvete “seebeck elektromotor kuvveti”, olaya “Seebeck Termoelektriksel Olayı” ve bu şekilde oluşturulmuş devreye de “Isıl Çift (Termoeleman, Termocouple) Devresi” denir.

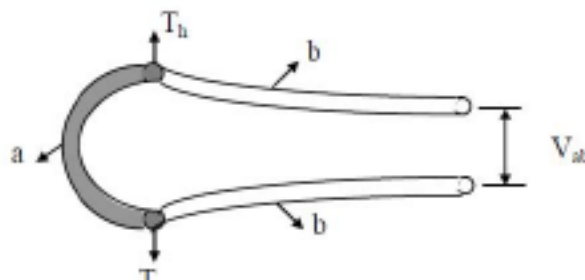
Voltaj sıcaklığın ve metal tiplerine bağlıdır. Düşük Sıcaklık farklarında, değişim lineer, büyük sıcaklık farklarında değişim lineer değildir.



# TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)



$\Rightarrow$  A ve B arasında zayıf bir gerilim meydana gelir.



$$T_h > T_o$$

$$V_{ab} = \alpha_{ab} \cdot \Delta T$$

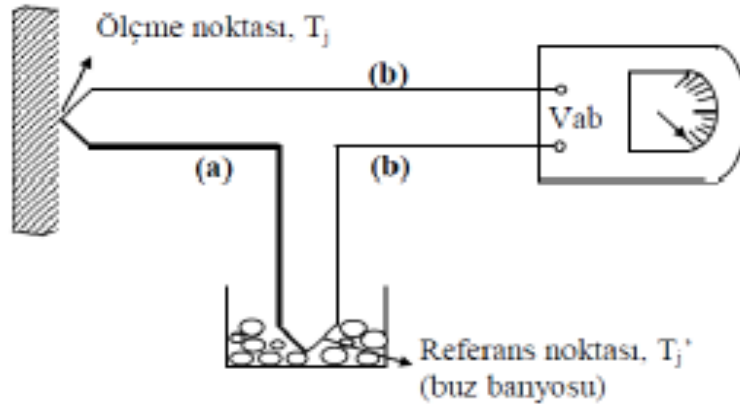
$$\alpha_{ab} = \text{Seebeck katsayısı (mV/}^{\circ}\text{C)}$$

$$\Delta T = \text{sıcaklık farkı (}^{\circ}\text{C)}$$



# TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)

Isıl çift malzemeleri Şekil 2. de olduğu gibi bağlandığında uçlar arasında oluşan gerilim farkı ile sıcaklık arasında bir ilişki kurularak sıcaklık değeri tespit edilebilir. Gerilim ile sıcaklık arasındaki ilişki ısı çiftler için aşağıdaki ifade ile verilir:



$$V_{ab} = \alpha_{ab}(T_j - T_j')$$

$V_{ab}$  = uçlar arasındaki gerilim farkı, (mV)

$\alpha_{ab}$  = ısı çift malzemelerinin seebeck katsayısı, (mV/K)

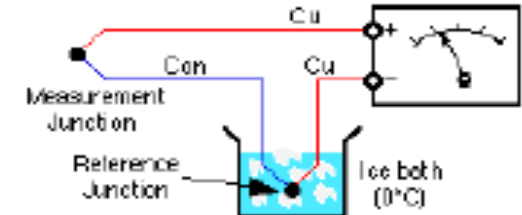
$T_j$  = ölçülmek istenen sıcaklık ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_j'$  = referans sıcaklığı ( $^{\circ}\text{C}$ )

Şekil 5. Sıcaklık ölçümü için basit ısı çift devresi

Tablo 3. En çok kullanılan Isıl çift malzemeleri ve sıcaklık aralıkları

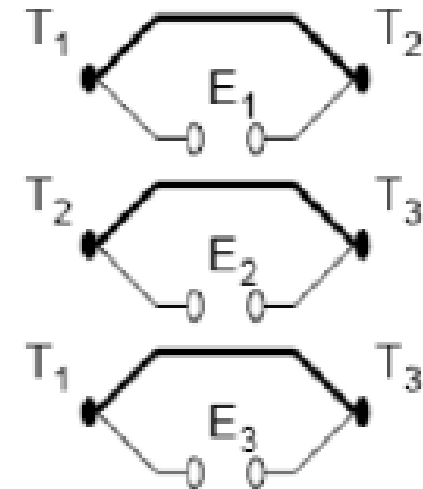
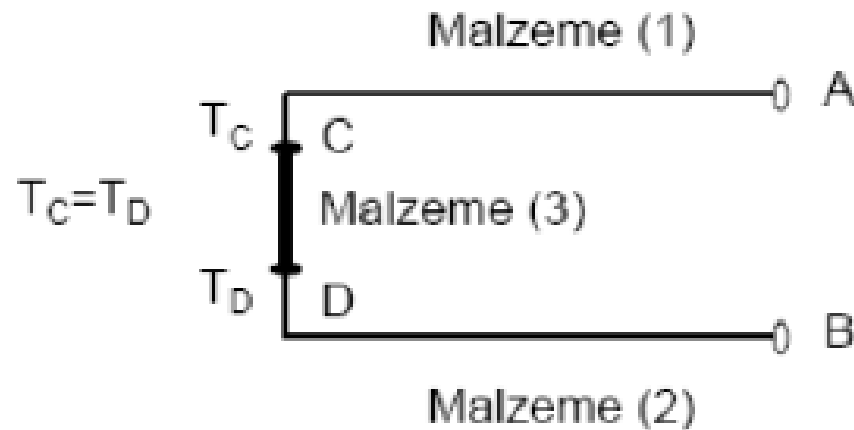
| Tipi                 | Sembol Kodu               | Sıcaklık aralığı |
|----------------------|---------------------------|------------------|
| Bakır-Konstantan     | (T)<br>Mavi/Kırmızı       | -185 ile +370    |
| Kromel-Konstantan    | (E)<br>Mor/Kırmızı        | 0 ile 550        |
| Demir-Konstantan     | (J)<br>Beyaz/Kırmızı      | 0 ile 800        |
| Kromel-Alumel        | (K)<br>Sarı/Kırmızı       | 300 ile 1100     |
| Platin-Platin/Rodyum | (R), (S)<br>Siyah/Kırmızı | 700 ile 1480     |



Traditional Thermocouple Measurement

# TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)

- **Orta metal Kanunu:** A ve B tellerinden oluşan bir termoelektrik devresine C malzemesinden yapılmış üçüncü bir tel bağlansın. Bu üçüncü telin bağlantı yerleri birbiri ile aynı sıcaklıkta ise, devrede oluşan emk değerinin, iki telin bulunduğu devredeki emk değeri ile aynı olduğu gösterilebilir.



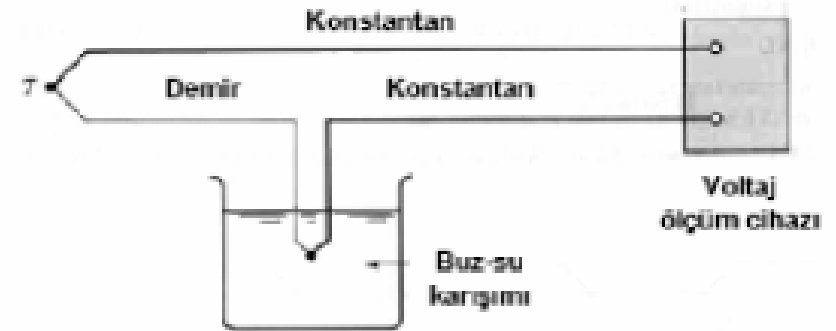
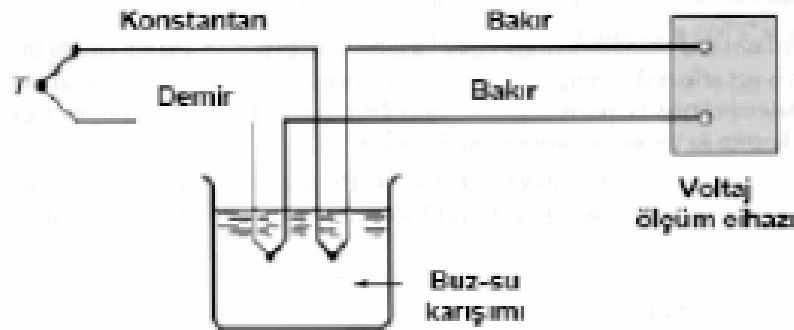
- **Orta sıcaklık kanunu:** Aynı bir termoelektrik devresinin uçlarına farklı sıcaklıklar etki etsin. Bu uçlara  $T_1$  ve  $T_2$  sıcaklıkları etki ettiğinde oluşan emk  $E_1$ ;  $T_2$  ve  $T_3$  sıcaklıkları etki ettiğinde oluşan emk  $E_2$  olsun.  $T_1$  ve  $T_3$  sıcaklıkları etki ettiğinde oluşan emk:

$$E_3 = E_1 + E_2$$

# TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)

Özellikle laboratuvarlarda termoeleman ile yapılan ölçmelerde referans uç, sıcaklığı  $0^{\circ}\text{C}$  değerindeki atmosferik basınçta erimekte olan saf, demineralize su buzunun içine daldırılır.

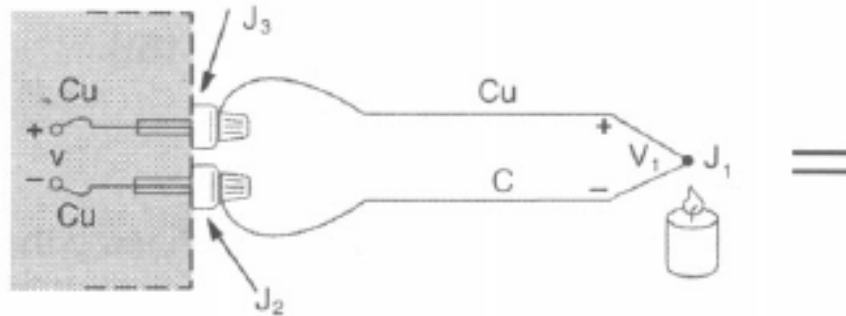
Demir-konstantan (%60 Bakır, %40 Nikel)'dan yapılmış, ölçme ve referans uçlu termoeleman devrelerine ait örnekler:



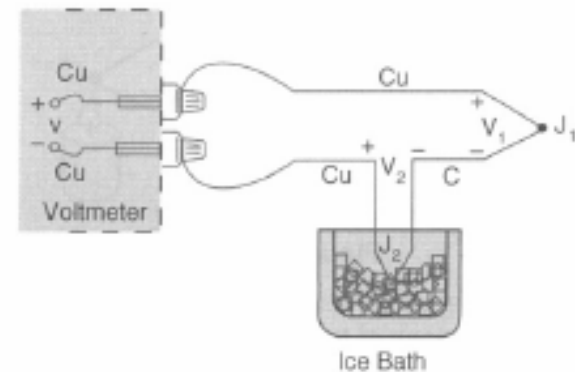
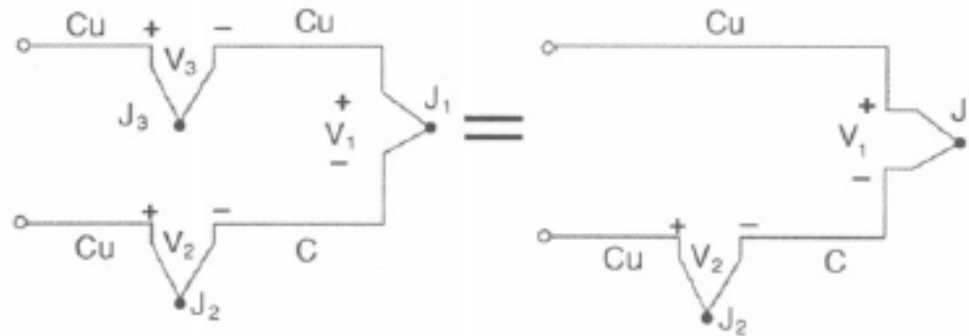
Termoelemanın iki referans ucu saf su buz banyosuna daldırılmış, ölçüm aleti ile bağlantılar bakır teller ile yapılmış. Ölçüm cihazı bağlantı noktaları farklı sıcaklıkta ise kullanılır.

Termoelemanın bir referans ucu saf su buz banyosuna daldırılmış, ölçüm aleti ile bağlantılar konstantan teller ile yapılmış. ölçüm cihazı bağlantı noktaları aynı sıcaklıkta ise kullanılır.

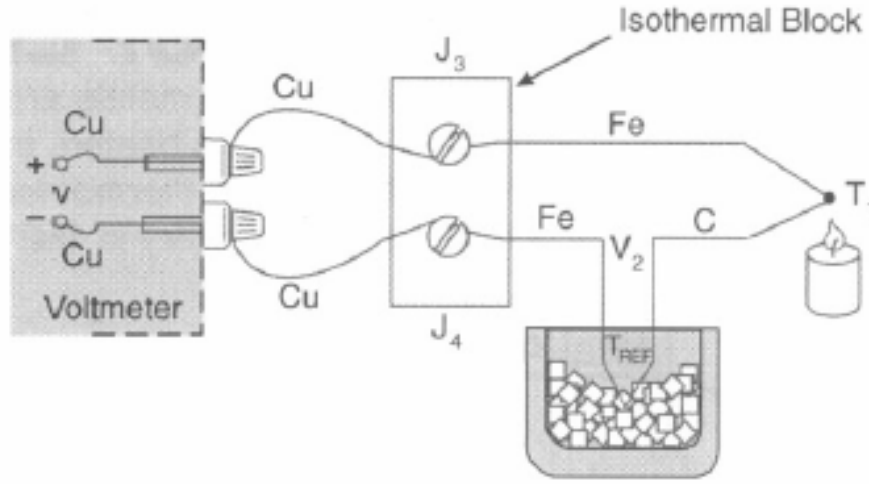
# TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)



EQUIVALENT CIRCUITS



## TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)



$$V = \alpha (T_1 - T_{block})$$

*Termoeleman ile yapılan ölçmelerde, referans noktasının sıcaklığı termistör veya direnç termometresi gibi bir eleman yardımıyla da tespit edilir.*

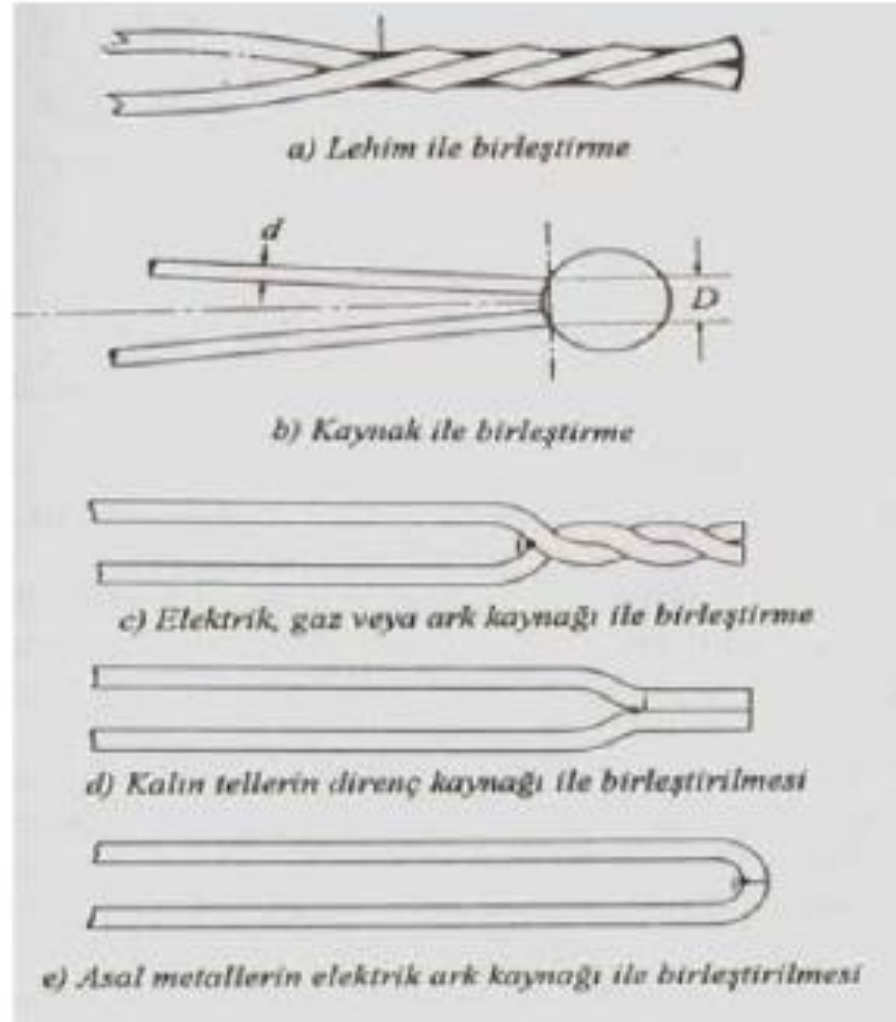
*Bu elemanlarla belirlenen referans noktasının sıcaklık değeri, bilgisayar yardımıyla istenen sıcaklık doğrudan doğruya bulunabilir.*

*Bilgisayar yazılım dengelemeli ( software compensation) adı verilen bu yöntem ile referans noktası sıcaklığındaki değişimlerin ölçmeler üzerindeki etkisi yok edilmiş olur.*

*Referans noktasındaki problemleri ortadan kaldıran software ve hardware yöntemleri birbirleri ile şöyle karşılaştırılabilir. Software yöntemi her çeşit termoelemanla kolayca uygulanabilir, fakat sıcaklık bulunuşu için daha fazla işlem gerekir. Hardware yöntemi ile hızlı olmasına karşılık her bir termoeleman cinsi için ayrı kart gerektirir.*



# TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)

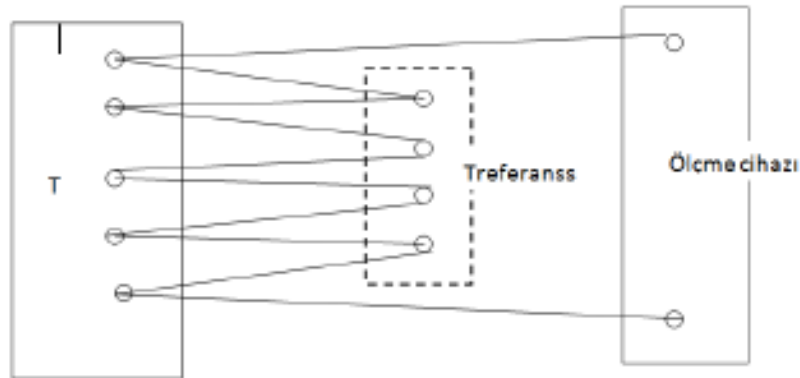


Şekil 1.5: Termokupol uçlarının birleştirilme şekillerine örnekler

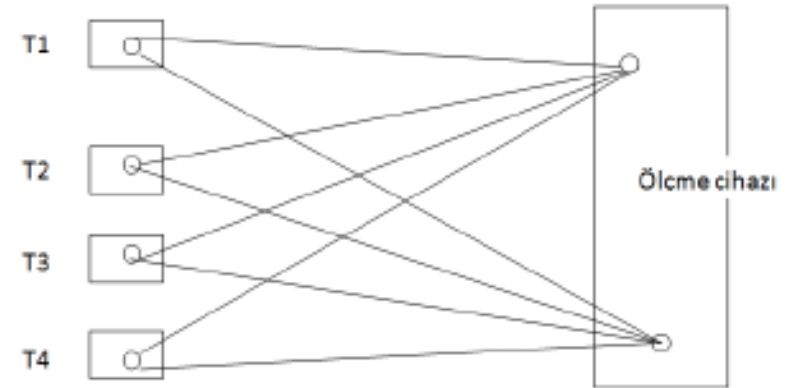
# TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)



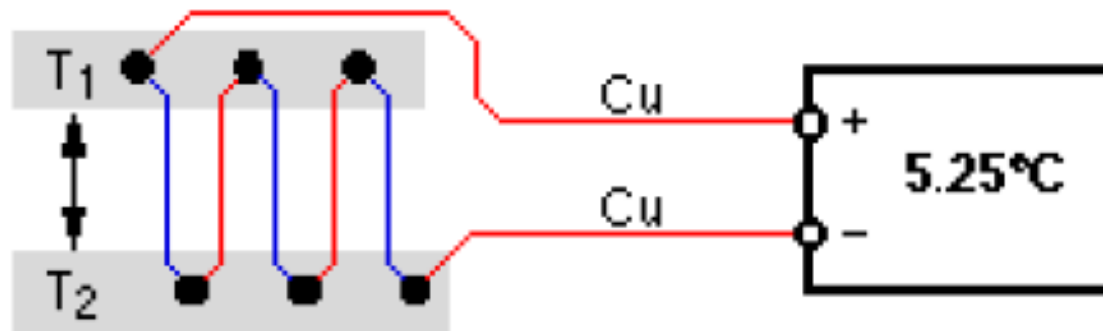
## TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)



Seri bağlama (termopil): Sistemdeki emk artırılarak hassasiyet artırılır



Paralel bağlama: Ortalama



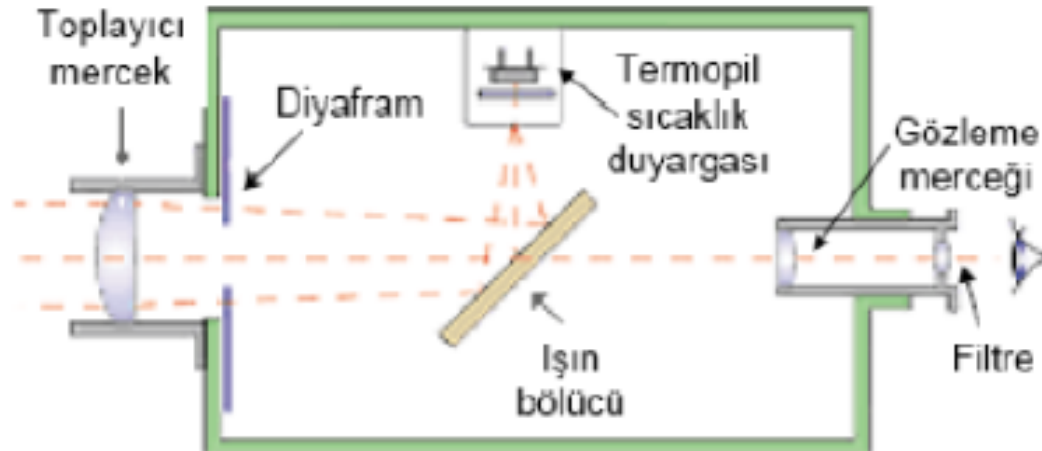
Sıcaklık farkı ölçmek

# ISIL IŞINIM İLE SICAKLIK ÖLÇÜMÜ (PİROMETRE)

Pratikte pirometre olarak adlandırılan bu temassız tip sıcaklık ölçerler, cisimlerden yayılan ısı ışınının tespitine dayanır. İki çeşit vardır. Toplam ışınlam pirometresi, optik pirometre.

## Toplam Işınlam Pirometresi:

Sıcaklığı ölçülecek cisimden yayılan ısı ışınım enerjisinin tamamının, ölçme cihazı içindeki sıcaklığı ölçülecek cisimden daha soğuk bir yüzey üzerine düşürülür ve cihaz içindeki bu yüzeyin sıcaklığının değişimi ölçülür.



# ISIL IŞINIM İLE SICAKLIK ÖLÇÜMÜ (PİROMETRE)

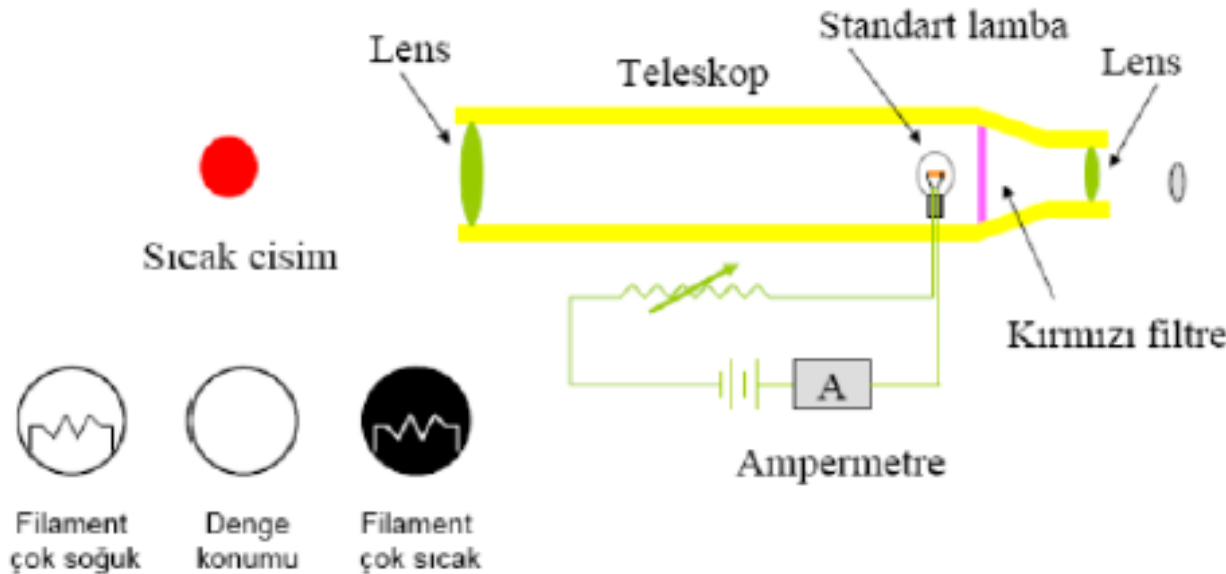




# ISIL IŞINIM İLE SICAKLIK ÖLÇÜMÜ (PİROMETRE)

## Optik Pirometre:

Sıcaklığı ölçülecek cisimlerden yayılan ışının görünür dalga boyunun değişimi ölçülür. Sıcaklığı ölçülecek cisimlerin yaydığı ışınla, elektrikle ısıtılmış lamba filameninin karşılaştırılması prensibine dayanır. Filamene verilen akım şiddeti değiştirilerek sıcaklığı ölçülecek cisimle filamenin aynı renge getirilmesi sağlanır. Filamenden geçen akım, sıcaklığa göre kalibre edilip, cihaz üzerindeki miliampermetrenin ölçeği sıcaklık olarak ölçeklendirilmiştir.



Resim 1.1:Lambalı pirometre



## KIZIL ÖTESİ IŞIN KAMERALARI (Infrared Termografi)

Isıl ışıınım esaslarına dayanır. Temassız bir şekilde cismin yüzeyindeki sıcaklık dağılımı ölçülebilir.

Işıınım yayma sıcaklık ile değişir. Değişik sıcaklıklardaki ısııl ışıınım yayma katsayısı yüzeylerde farklı renklerde olur. Renk değişimine göre sıcaklık tespit edilir.

Doğada bulunan her cisim bir enerji yayar. Görünür ışık en iyi bilinen elektromanyetik enerji biçimidir. Cisimlere bakıldığında, kırmızıdan mora değişen renk tayfı görülür. Bu renkler arasındaki temel fark dalga boyudur. Doğada bulunan tüm varlıklar sahip oldukları sıcaklığa bağlı olarak farklı dalga boylarında yoğunluk değişimi gösteren termal radyasyon olarak da adlandırılan elektromanyetik enerji yayarlar. Kırmızı rengin hemen üzerinde başlayan kızılötesi band içinde termal görüntüleme yapılan iki dalga boyu aralığı mevcuttur. Bunlar sırası ile "Orta Kızılötesi" ve "Uzak Kızılötesi" bantlarıdır.

Tüm nesnelerin termal radyasyon yayma özelliği dışında başka kaynaklardan gelen enerjiyi soğurma özelliğinin de olduğu bilinmektedir. Gündüz güneş tarafından ısıtılan nesnelerin sahip oldukları termal enerjiyi gece boyunca çevrelerine yaymaları buna örnek olarak verilebilir. Yayılan enerjinin hangi dalga boyunda yoğunlaştığı ve yayılan toplam enerji miktarı nesnenin sıcaklığına bağlıdır. İnsan vücudu ve çevremizde karşılaştığımız bir çok nesne 30°C civarında bir sıcaklığa sahiptir. Bu nesnelerden yayılan enerjinin önemli kısmı uzak kızılötesi bandında yer almaktadır.

Görüntüleme yöntemi olarak gözle görülmeyen infrared ışın enerjisini (ısıyı) esas alan ve görüntünün genel yapısını infrared ışın enerjisine göre oluşmuş renkler ve şekillerin belirlendiği görüntüleme sistemidir.

Genelde güvenlik amaçlı da kullanılabilir ama çok çeşitli sektörlerin de kullanımına açıktır. Özellikle ısıya güdümlü füze, gece görüş sistemleri ve benzeri askeri tekniklerin gelişmesi ile önemi artmıştır. Elektrik sektöründe ise, elektriksel problemlerin tespitinde kullanılır. Enerji sektöründe tesisat ve binalarda sıcaklık analizi için kullanılır.

Mimari alanda ise çelik yapılarda metal yorgunluğunun tespiti için, sıva altında oluşan küf nem veya çatlakların tespiti içinde kullanılır.

IR(kızıl ötesi) algılayıcılarıyla cisimlerin ısılarını algırlar. Siyah beyaz veya renkli (kırmızı sıcak, siyah soğuk) gibi renklerden siyah - kırmızı arasında oluşan bir görüntü verir.

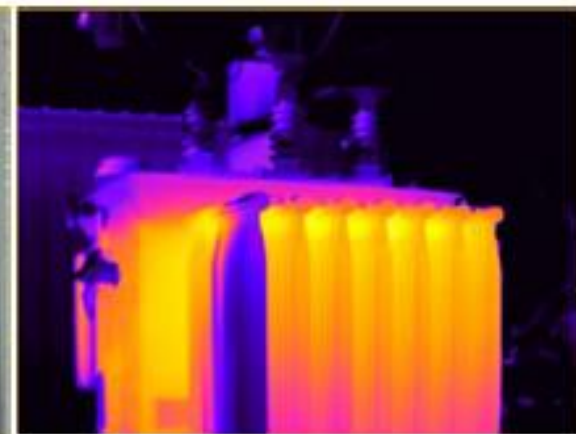
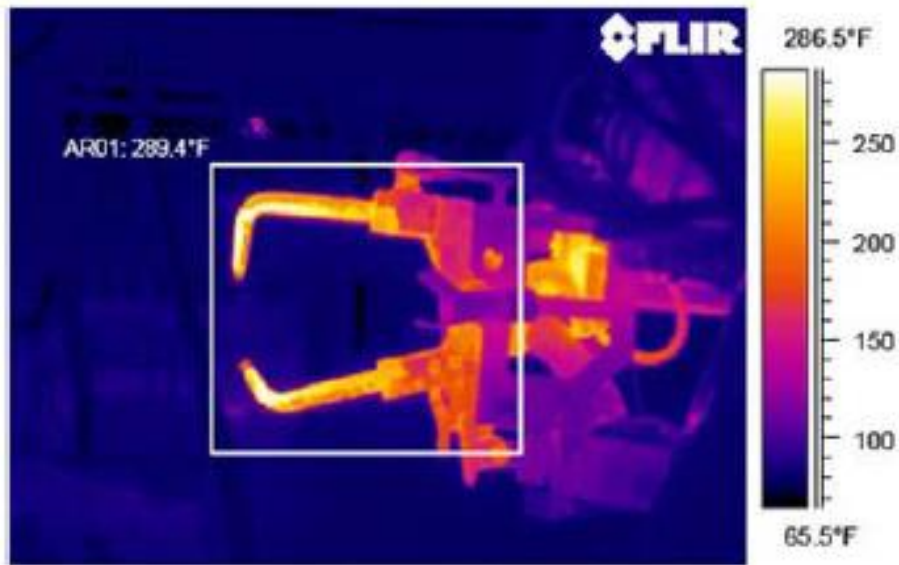
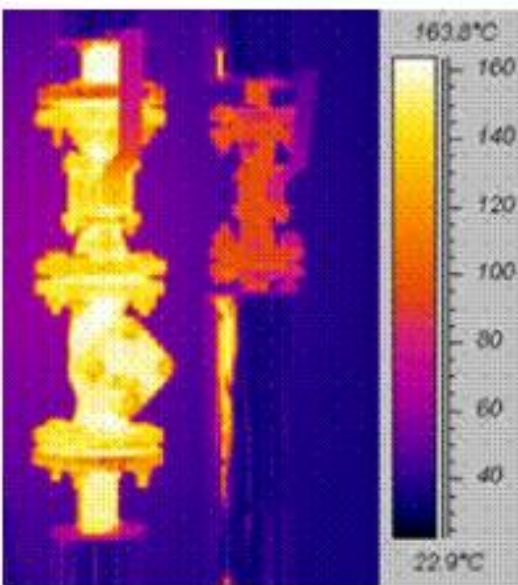
Kızıl ötesi sıcaklık ölçen cihazlar, birisi ısı ışınımı tarayan bir kamera, diğeri ısı görüntüyü gösteren ekran kısmından oluşur.



## KIZIL ÖTESİ IŞIN KAMERALARI (Infrared Termografi)

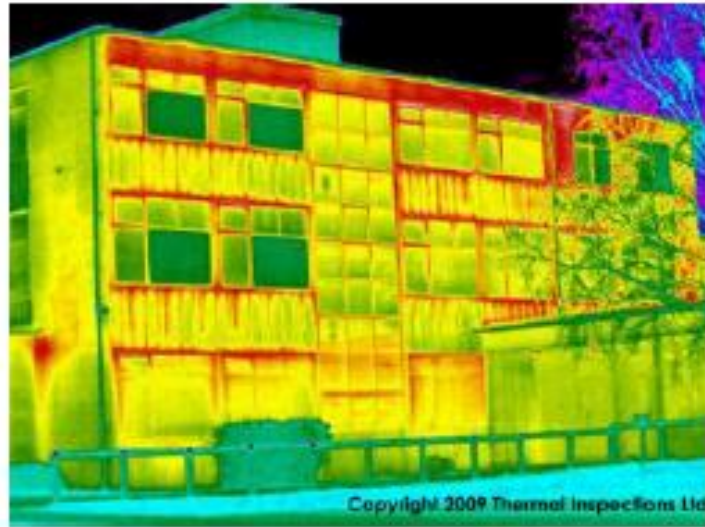
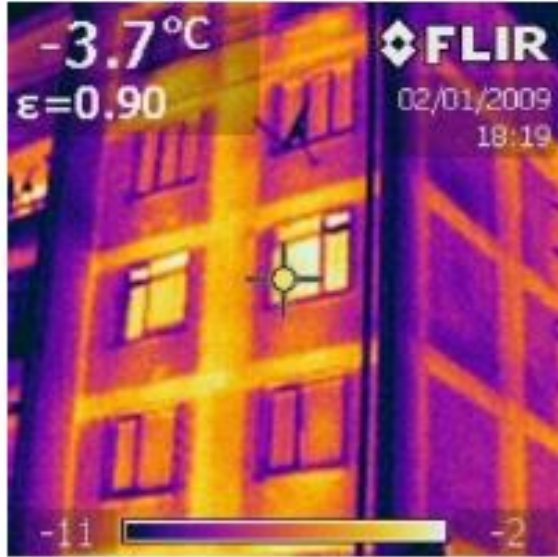


# KIZIL ÖTESİ IŞIN KAMERALARI (Infrared Termografi)



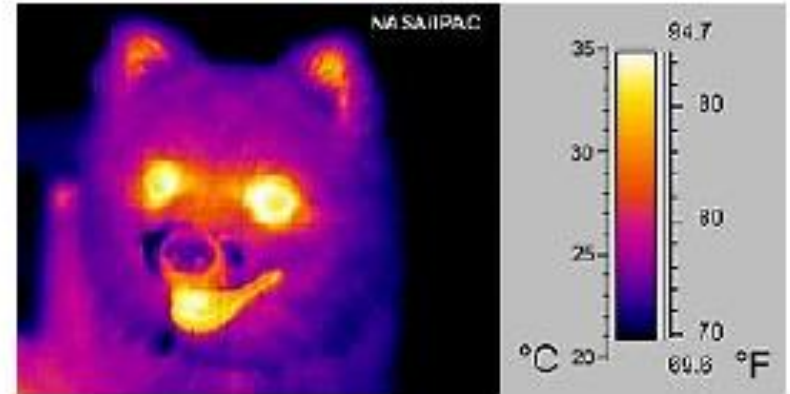
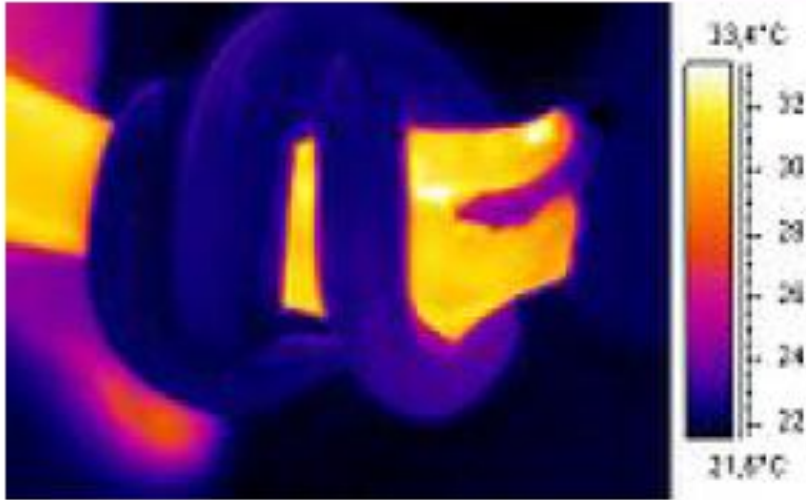


# KIZIL ÖTESİ IŞIN KAMERALARI (Infrared Termografi)



***Termal Kamera ile Binalarda Sıcaklık Analizi Yaptırılarak Isı Kayıp Bölgeleri Tespit Edilir.***

# KIZIL ÖTESİ IŞIN KAMERALARI (Infrared Termografi)



Bir insan tarafından tutulan yılanın termografik resmi





Tabiattaki bazı organik maddeler, katı, sıvı ve gaz fazından başka katı ve sıvı özelliklerine aynı anda sahip olduğu bir başka fa durumuna sahiptirler. Bu faz durumu sıvı kristal faz durumudur.

### **Sıvı Kristali Nedir ?**

Yapı olarak katı özellikleri taşırlar fakat görünüş olarak sıvıdırlar. Bu yapılar Sıvı Kristaller olarak adlandırılır. Moleküllerinin diziliş biçimlerine göre hareket ederler. Bu moleküller 3 farklı şekilde dizilirler.

#### **1- SMETIC**

Moleküller yatay olduğu kadar dikey bir hat üzerinde sıralanmıştır.

#### **2- NEMATIC**

Moleküller sadece dikey bir hatta sıralanmıştır.

#### **3. CHOLESTERIC**

Nematic tipindeki sıralanış her tabaka için yatay fakat yönleri dikey yöne doğru atlayarak spiral olarak sıralanmışlardır.

Endüstride kullanılan birçok ticari yağlar ve hayvan vücudundaki protein ve yağlar sıvı kristal durumundadır. Sıvı kristallerin renkleri, kırmızıdan mora kadar değişmektedir. Sıcaklıkla Renk değişimi tersinir bir işlemdir.

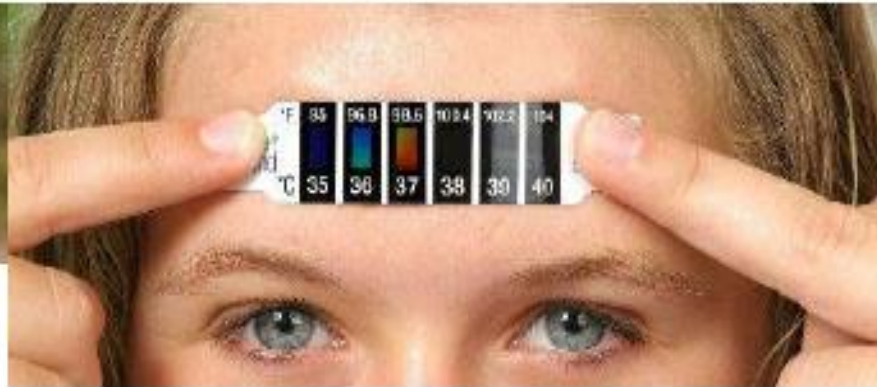
Sıvı kristaller kullanılarak, sıcaklık ölçülmesi ve görüntü elde edilmesinde kullanılmaktadır.

Sıvı kristal sıcaklığı ölçülecek cisim üzerine sürülerek gözlenmesi ve fotoğrafı alınabilir.

Teknikte sıvı kristal cisim üzerine sürülür ve cisim üzerindeki sıcaklık dağılımı görünür hale gelir. Dış etkilerden korumak için sıvı kristalin üzeri polivinil alkol ile kaplanır.

Sıvı kristalli ikinci tip sıcaklık ölçerlerde cisimlerden yayılan kızıl ötesi ışınlar, sıvı kristal ile temasta olan ve kızıl ötesi ışınları absorbe eden bir levha üzerine düşürülür. Sıvı kristal kısmının gözlenmesi ile sıcaklık bölgeleri rahatça izlenebilir.

# SIVI KRİSTAL SICAKLIK ÖLÇERLER





## ŞEKİL DEĞİŞİMİ İLE SICAKLIK DEĞİŞİMİ

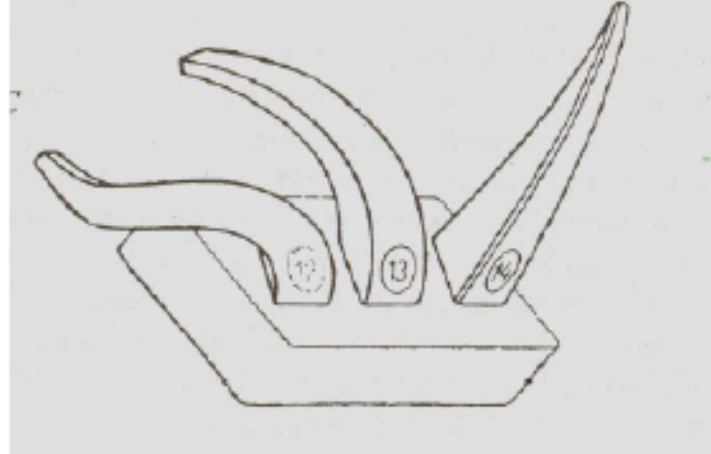
Sejer sıcaklık ölçerleri olarak da adlandırılır. Çeşitli malzeme karışımlarından hazırlanmış bazı geometrik şekillerin belirli sıcaklıklarda şekillerinin bozulmasına dayanır.

Özellikle toprak (seramik) sanayisindeki, pişirme fırınları içindeki sıcaklıkların ölçülmesinde, termoeleman, pirometre yerine sejer koni veya piramidleri yaygın olarak kullanılır. Ölçme hassasiyetleri fazla olmamasına rağmen bu tip sanayiler için yeterlidir.

Sıcaklık kontrolü veya ölçümü yapılacak olan fırının içine konmadan önce, bu piramit veya koniler numara sırasına göre, bir miktar plastik çamur aracılığı ile bir plaka üzerine dizilirler.

Fırının içindeki piramitler veya koniler fırının gözetleme deliğinden sürekli izlenirler. Fırın sıcaklığı arttıkça sıra ile piramit veya koniler eğilmeye ve yatmaya başlarlar. Tavlama sıcaklığına ulaşıldığında koni veya piramidin sivri ucu ergir veya eğilir. Böylece iş parçasının da tavlama sıcaklığına ulaştığı sonucuna varılır.

Örneğin şekil 1.4'teki piramitlerin sırasıyla 12,13 ve 14 numaralı piramitler olduğunu kabul edersek fırının sıcaklığının 1360 °C civarında olduğunu söyleyebiliriz.



Şekil 1.4: Ergime sıcaklığına ulaşan, ucu eğilmiş piramit

Sejer piramit ve konileri aynı zamanda diğer sıcaklık ölçme araçlarının kontrol edilmelerinde de kullanılırlar.

## KUVARZ KRİSTAL TERMOMETRESİ

Sıcaklık değişimi ile kuvarz kristalin rezonans frekansındaki değişimin ölçülmesi prensibine dayanır, çok hassas ( 0.001 °C ) termometrelerdir.

## RENK DEĞİŞİMİ İLE SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

Çeşitli madeni tuzların belirli sıcaklıklarda renk değişimlerinden yararlanarak bu değişimlerinden yararlanarak bu değişim noktalarına karşı gelen değerlerde sıcaklık ölçmek mümkündür. Sıcaklık ölçerler, yapışkan şerit olarak bulunur.

Bu tür sıcaklık ölçerler tek kullanımlıktır. Ekonomiktirler, elektronik devrelere, elektrik motorlarına, uçak motorları üzerine, hassas ilaç üzerlerine uygulanırlar.

Kullanma, taşıma ve depolama esnasında elemanlardaki aşırı ısınma tespit edilebilir veya bu elemanın hangi bir anda sıcaklık nedeniyle zarara uğradığı tespit edilir.