

Mühendislikte Deneysel Yöntemler

SICAKLIK ÖLÇÜM
YÖNTEMLERİ

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 sıfırncı, ikinci ve 3. kanunu sıcaklık ile ilgilidir.
- Termodinamiğin sıfırncı 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 ışıma şiddetleri termometrik özelliklerdir.
- Bu termometrik özellikler kullanılarak çeşitli sıcaklık ölçerler geliştirilmiştir.

SICAKLIK BİRİMLERİ

K	°C	°F	°R
2273.16	2000	3632	4091.69
1773.16	1500	2732	3191.69
1273.16	1000	1832	2291.69
773.16	500	932	1391.69
673.16	400	752	1211.69
573.16	300	572	1031.69
473.16	200	392	851.69
373.16	100	212.0	671.69
273.16	0	32.0	491.69
233.16	-40	-40	419.69
173.16	-100	-148	311.69

	Sıcaklık Birimi	Termodinamik sıcaklık birimi
SI Birim sistemi	Celcius, °C	Kelvin, K
İngiliz birim sistemi	Fahrenheit, °F	Rankine, R

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

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

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

SICAKLIK ÖLÇERLER

Temaslı termometreler

1- Genişleme tipli termometreler

- Sıvı genişlemeli
- Bimetalik tip
- Gaz termometreleri

2- Termistorler

3-Direnç termometreleri

4-Isıl çiftler (Termoeleman, Thermocouple)

5-Sıvı Kristal termometreler

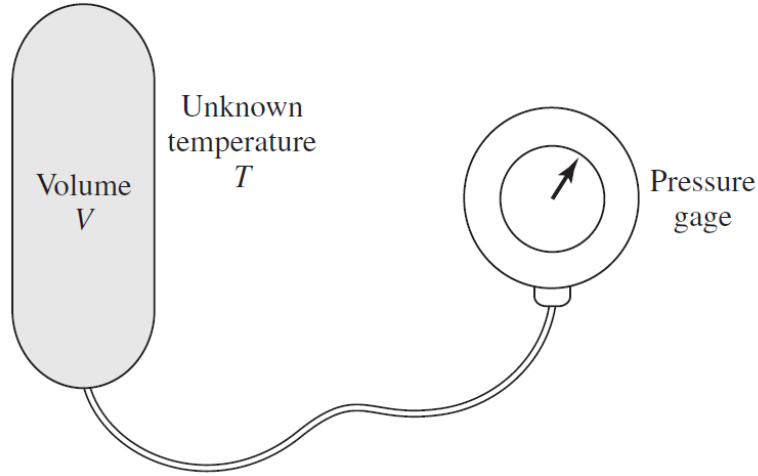
6-Birleşik devreli termometreler

Temassız Termometreler

1 Optik termometreler

2 İnfrared (Kızılötesi) termometreler

İDEAL GAZ TERMOMETRELERİ

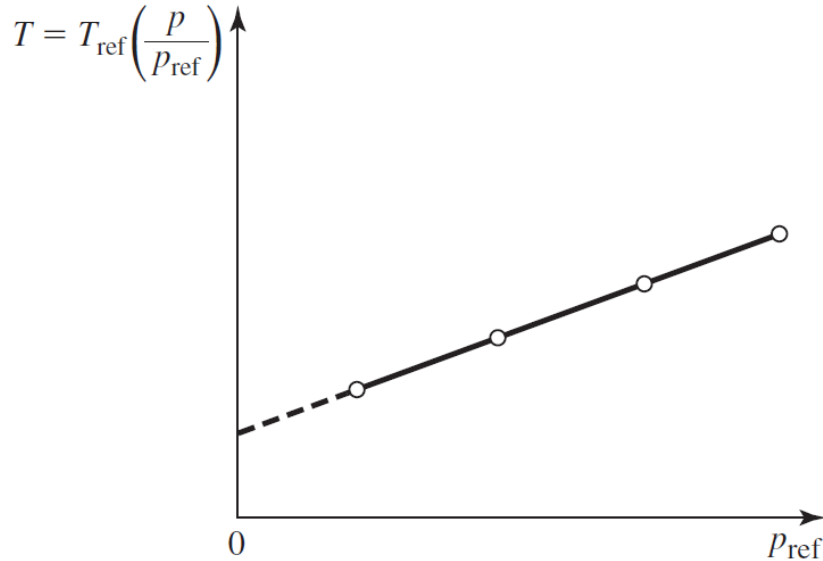


İdeal gaz termometresi saf suyun üçlü noktasındaki sıcaklıkta ($T_{\text{ref}} = 273.16$ K) içindeki gazın basıncı P_{ref} ise gazın herhangi bir P basıncına gelen T sıcaklığı,

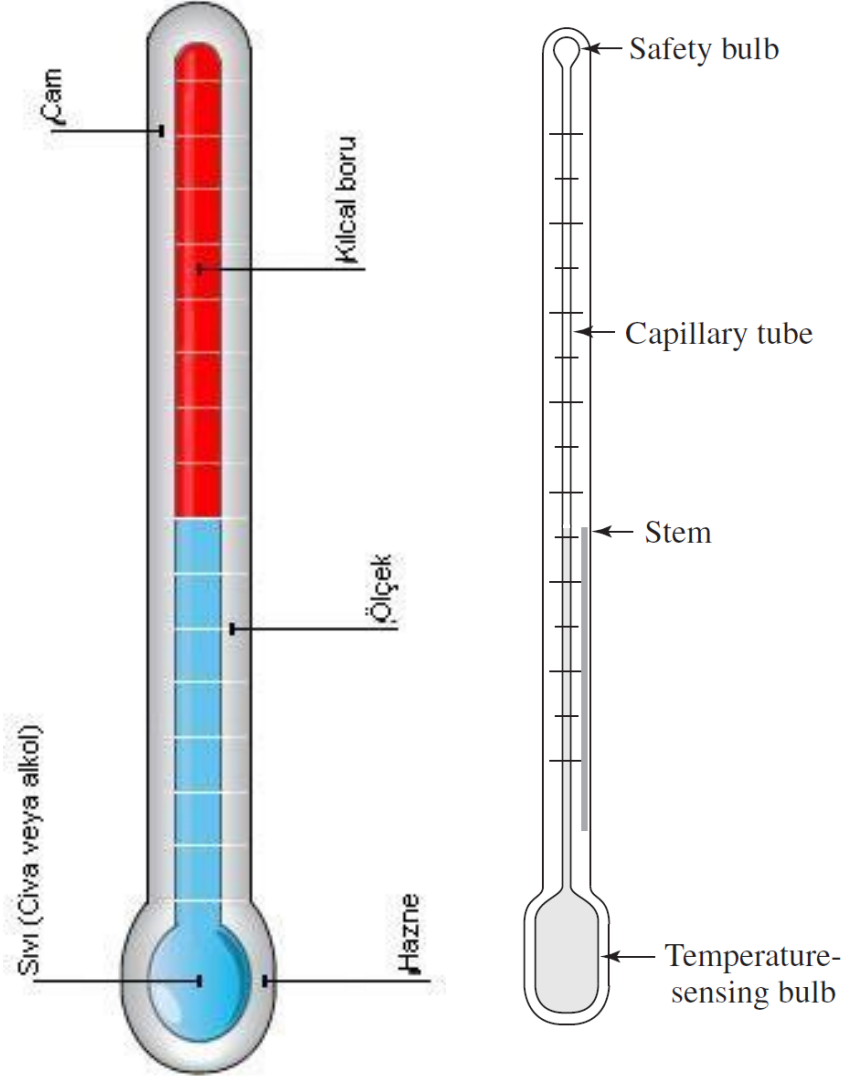
$$T = T_{\text{ref}} \left(\frac{P}{P_{\text{ref}}} \right)_{\text{const vol}}$$

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. Civa en çok kullanılan sıvıdır. Basit, doğrudan okuma imkanı, taşınabilir ve ekonomik olmaları önemli avantajlarıdır.

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

En çok kullanılan sıvı civadır. Civa 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.

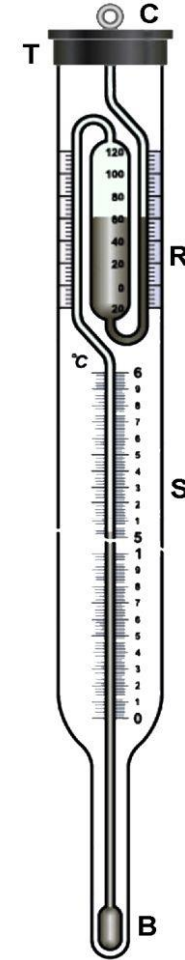
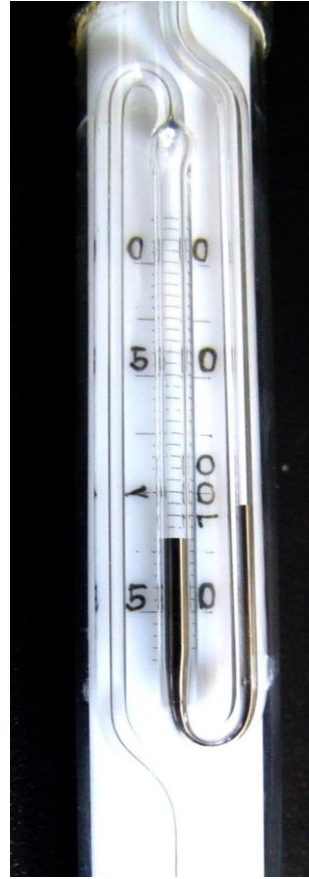
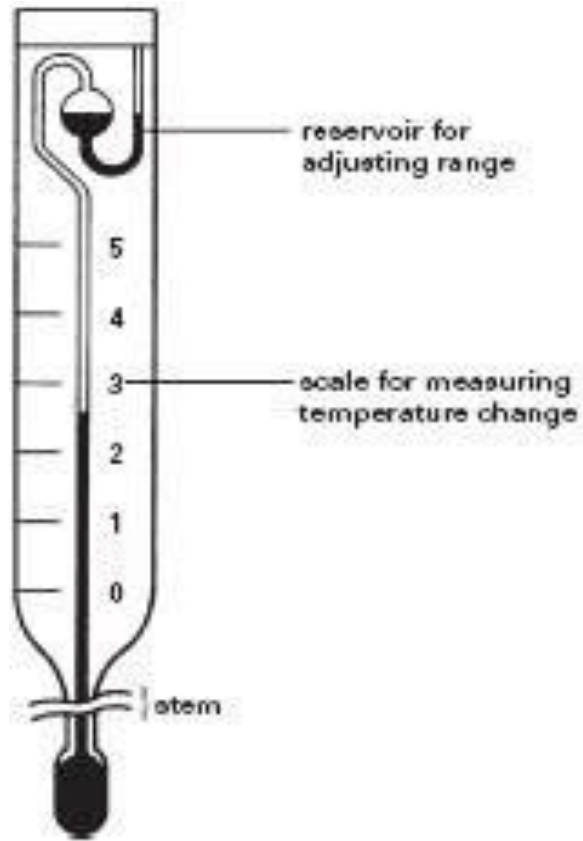
SIVI GENİŞLEMELİ CAM TERMOMETRELER



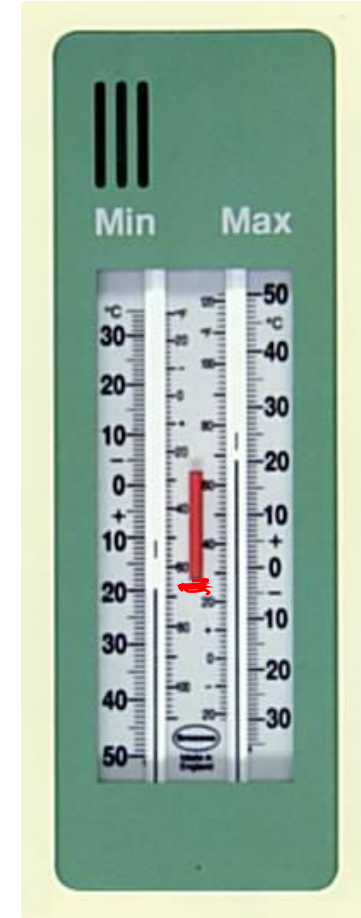
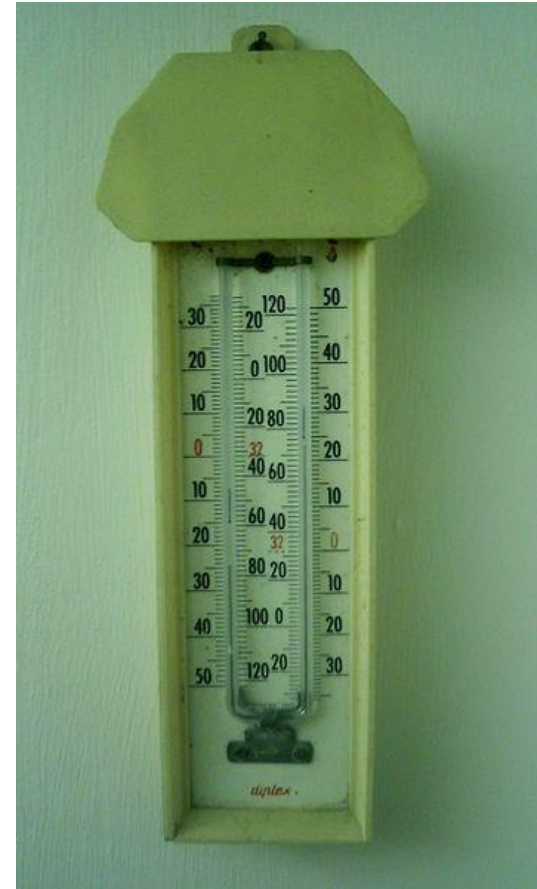
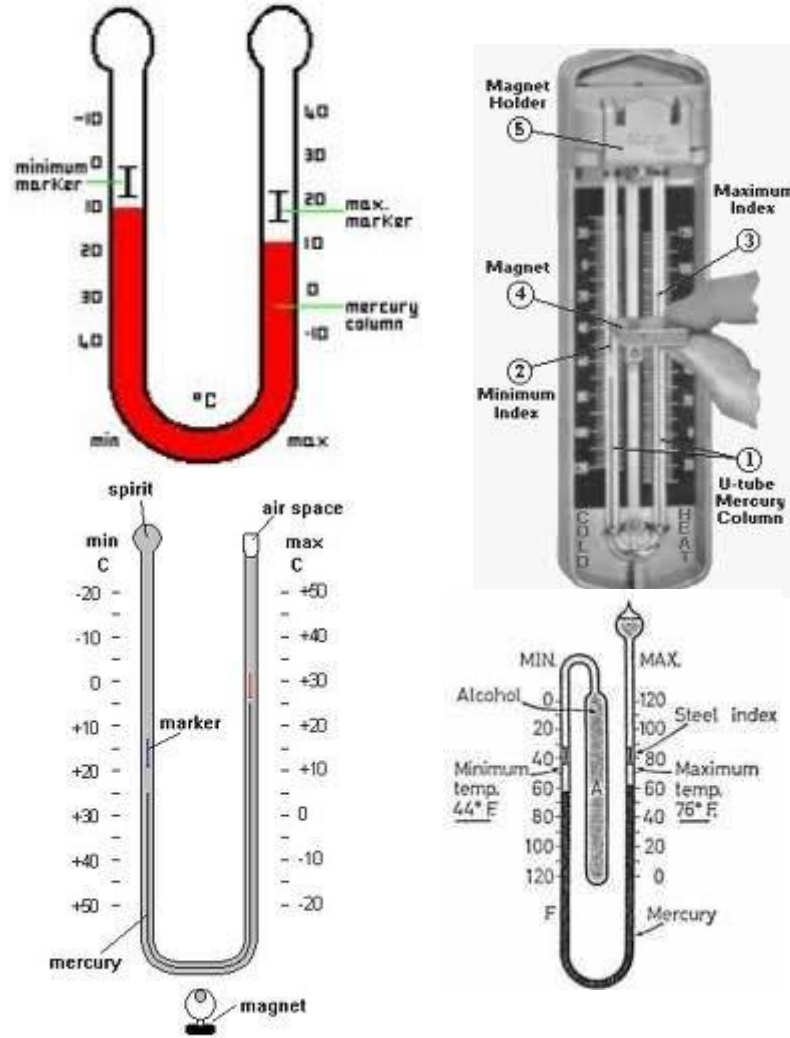
Endüstriyel koruyuculu termometreler.

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

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

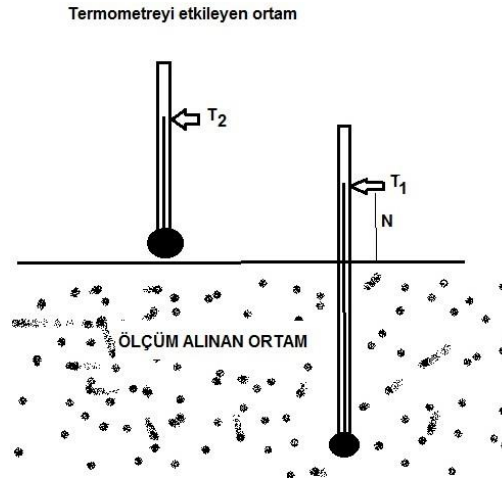
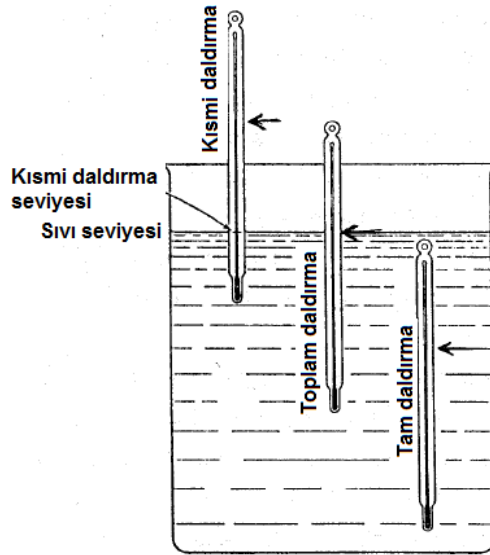


SIVI GENİŞLEMELİ CAM TERMOMETRELER



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

SIVI GENİŞLEMELİ TERMOMETRELERDE ÖLÇME DÜZELTMESİ



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

β Termometredeki sıvının görünür hacimsel genişleme katsayısı

N: Kılcalın ortam içinde olmayan kısımdaki sıcaklığı

T1, ortamdan 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.

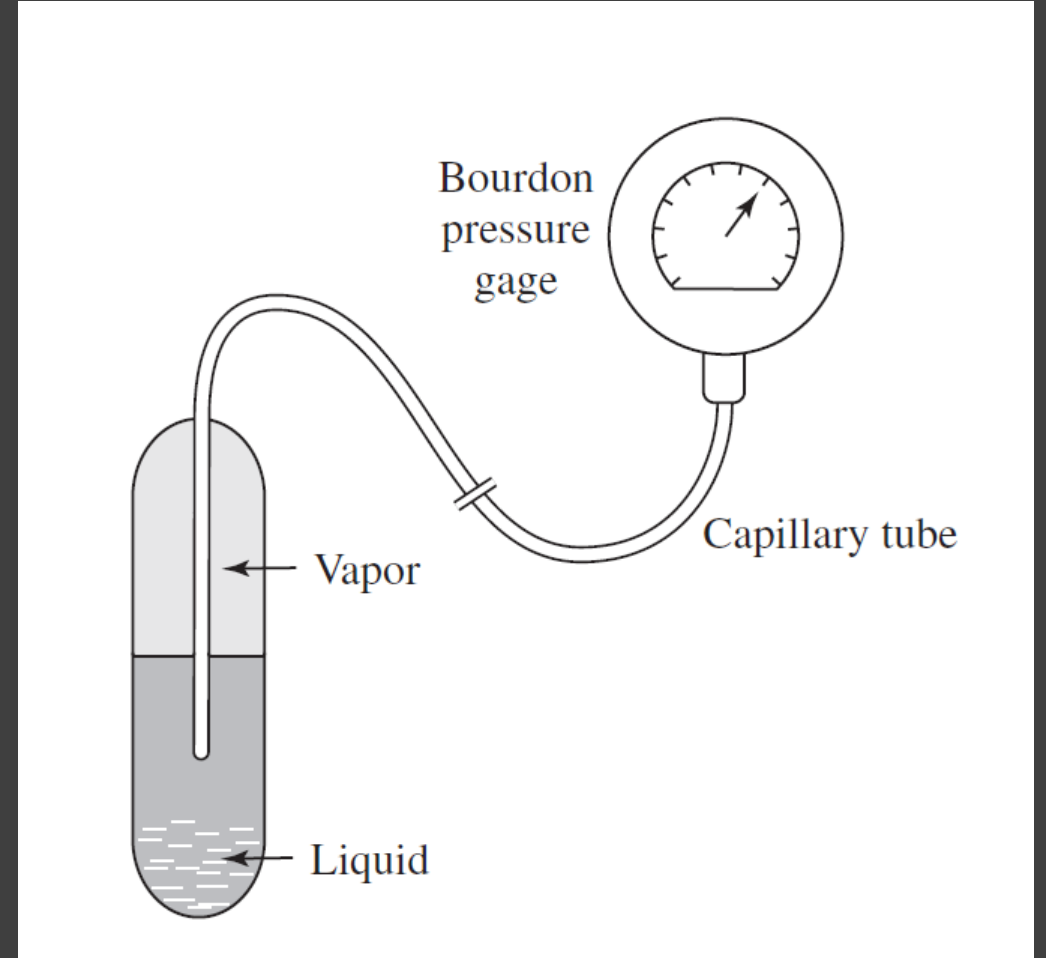
Çözüm: civa için $\beta=0.0016$ 1/K

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

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 ısıl genişlemesinin oluşturduğu basıncın ölçülmesine dayanır. Bu termometrelere akışkan genişlemeli termometreler de denir. Kılcal boruları 20 m olabilir.

BASINÇ TERMOMETRELERİ

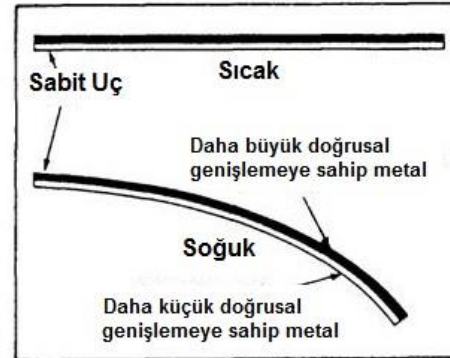
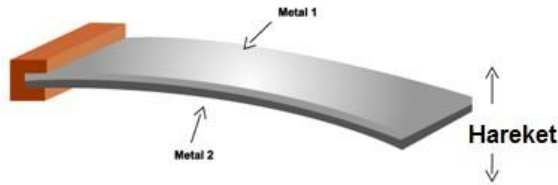
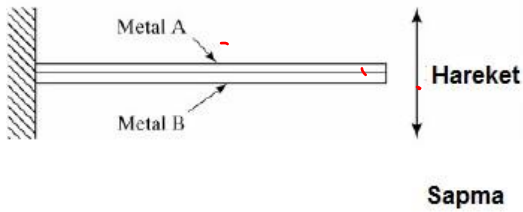


BASINÇ TERMOMETRELERİ



BİMETAL TERMOMETRELER

Katı cisimlerin sıcaklıkla doğrusal uzama prensibine dayanır. $L=L_0(1+\alpha T)$
 α : Çubuğun ısıl uzama katsayısı (1/K)



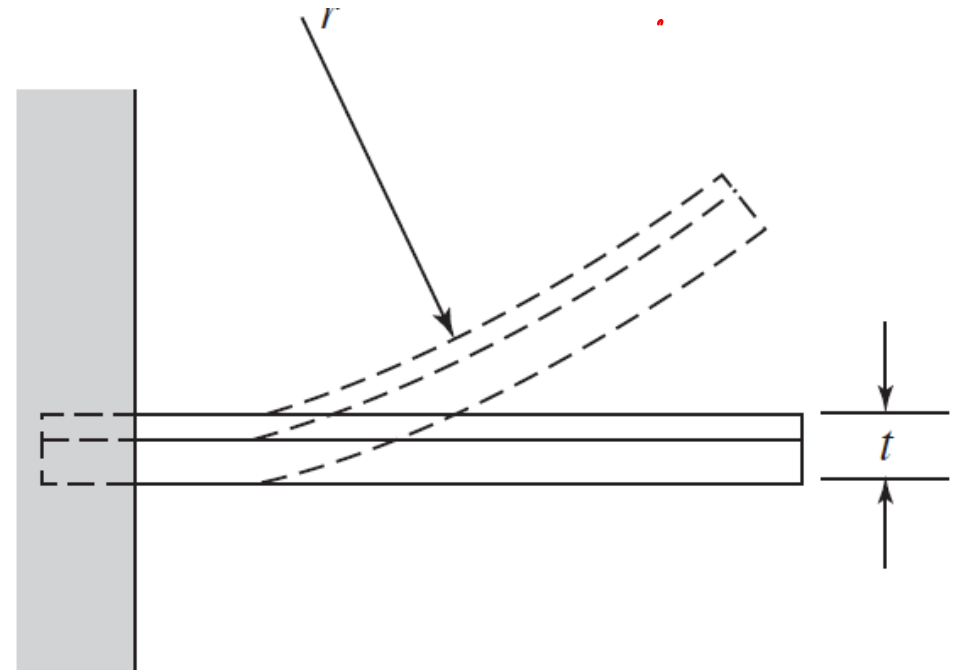
Bimetal malzemeler (Pirinç (bakır,çinko alaşımı), paslanmaz çelik, Monel, invar)

Bimetal teller sıcaklık kontrolü için de kullanılırlar.

$$r = \frac{t\{3(1+m)^2 + (1+mn)[m^2 + (1/mn)]\}}{6(\alpha_2 - \alpha_1)(T - T_0)(1+m)^2}$$

where t = combined thickness of the bonded strip, m or ft
 m = ratio of thicknesses of low- to high-expansion materials
 n = ratio of moduli of elasticity of low- to high-expansion materials
 α_1 = lower coefficient of expansion, per °C
 α_2 = higher coefficient of expansion, per °C
 T = temperature, °C
 T_0 = initial bonding temperature, °C

Bimetal termometreler



BİMETAL TERMOMETRELER

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

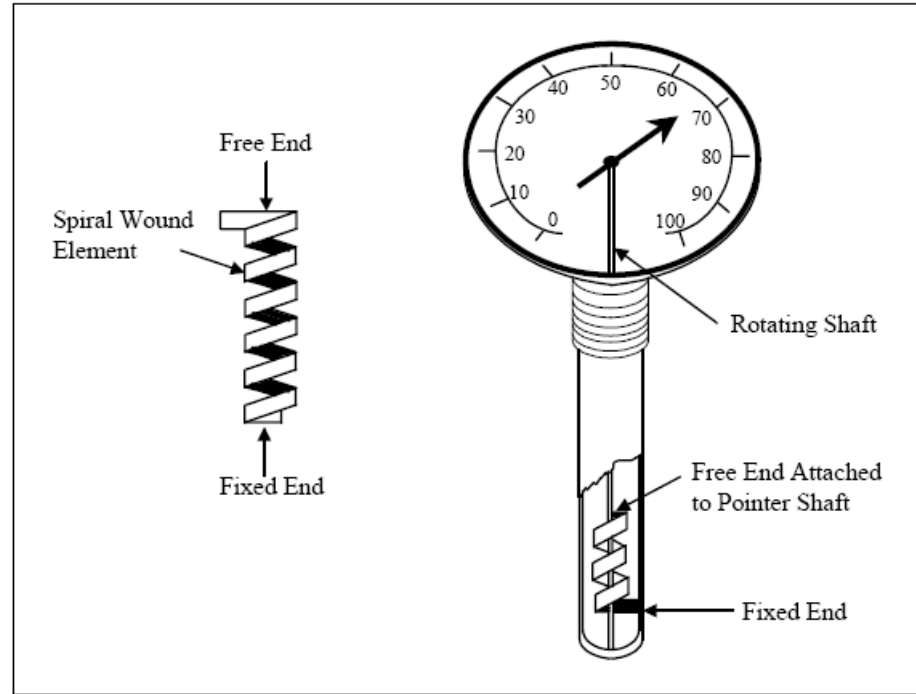
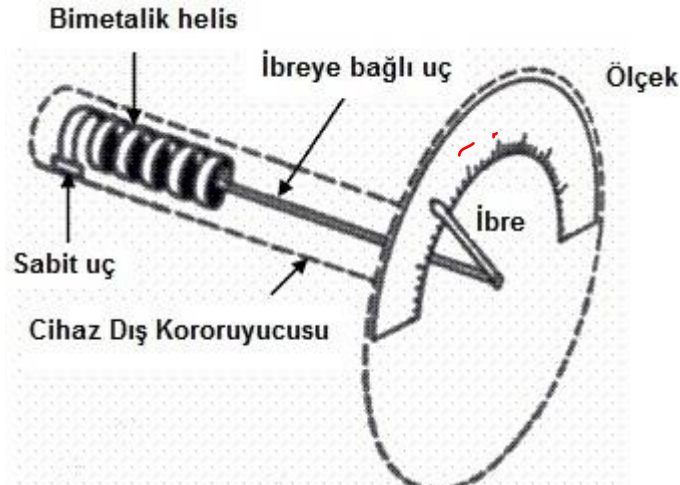


Figure 7-3. Bimetallic dial thermometer

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 arttıkça dirençte artmaktadır.

-260 İLE +750 C arasındaki sıcaklıklar ölçülebilir.

Hassasiyet ± 0.01 oc olabilir.

$$R_T = R_o [1 + \alpha(T - T_o)]$$

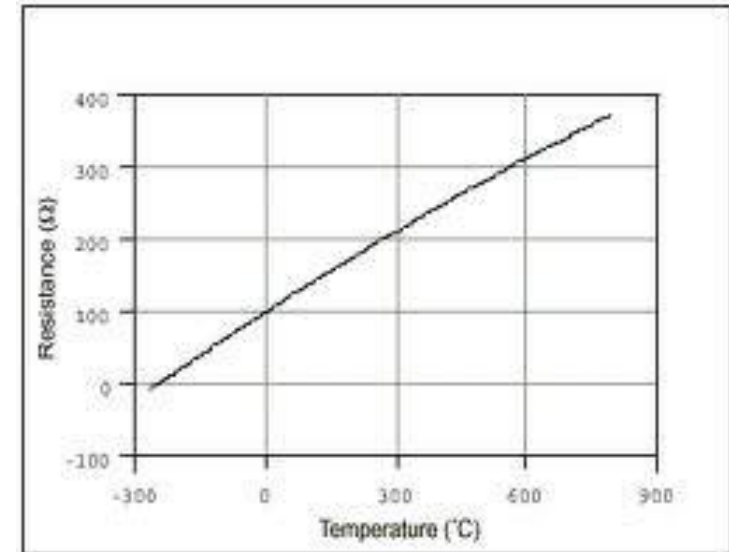
T = ölçüm sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)

T_o = referans sıcaklık (0°C)

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

R_T = herhangi bir T sıcaklığındaki direnç (Ω)

R_o = Referans sıcaklığındaki direnç (0°C deki direnç)



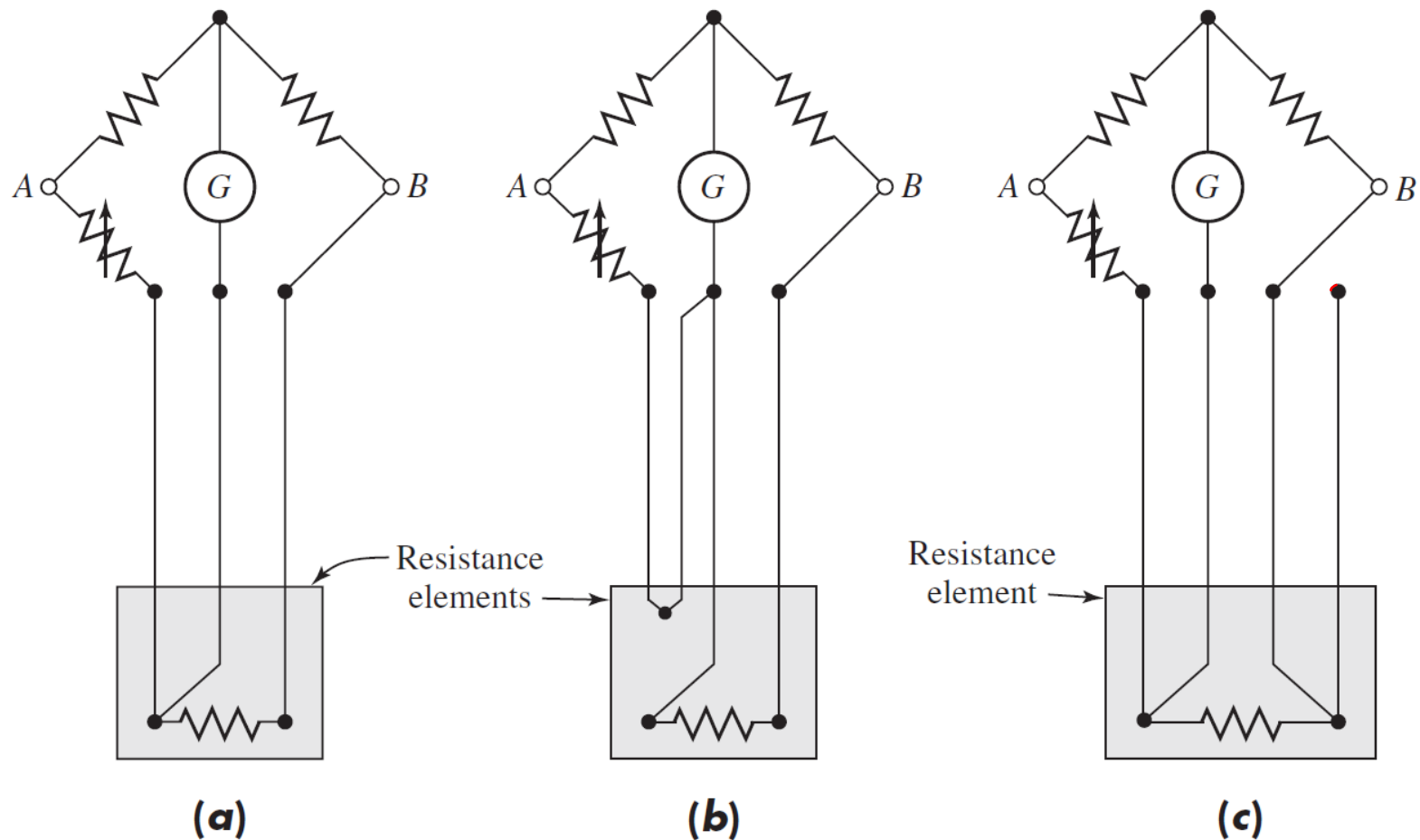


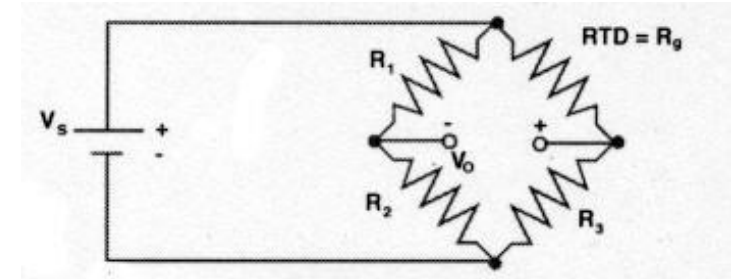
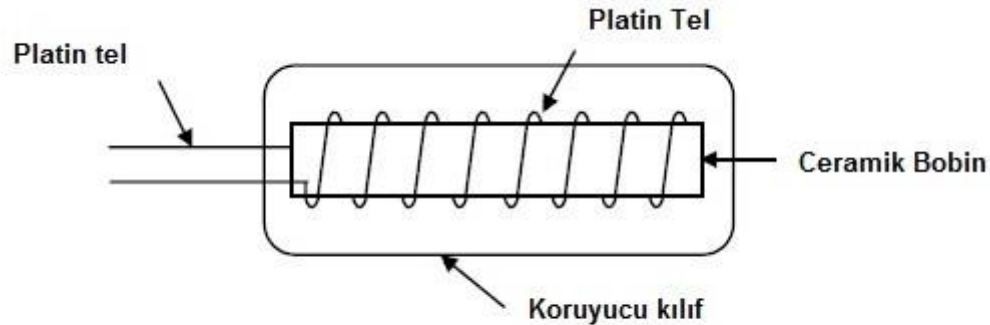
Figure 8.7 Methods of correcting for lead resistance with electrical-resistance thermometer. (a) Siemens three-lead arrangement; (b) Callender four-lead arrangement; (c) floating-potential arrangement. Power connections made at A and B .

ELEKTRİK DİRENÇ TERMOMETRELERİ (RDT)

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

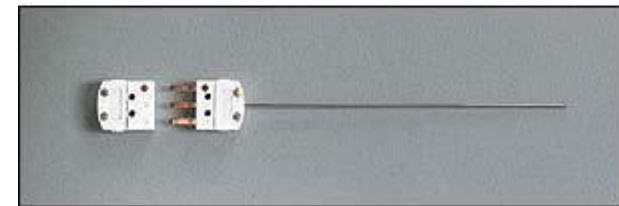
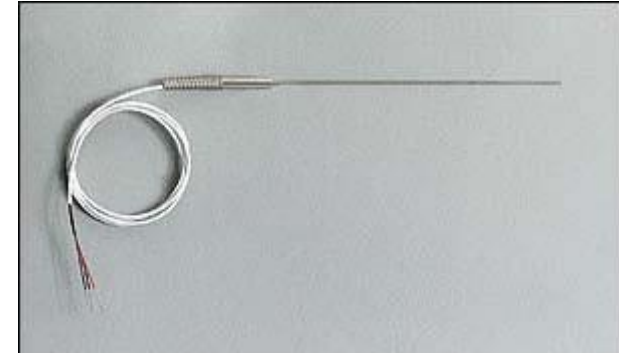
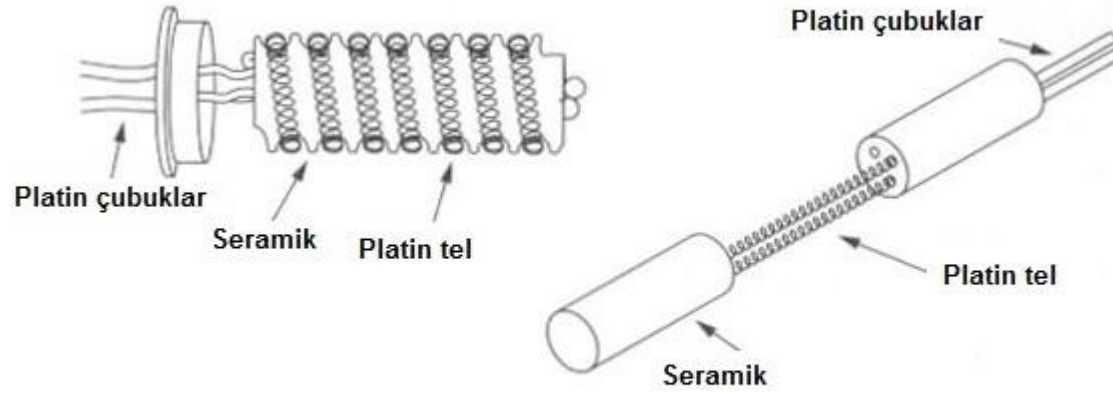
Tellerin mekanik zorlamalardan ve korozyondan korunması gerekir. Bunu sağlamak için sensör kısmı Koruyucu kılıf içine konur.

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



Tipik bir RTD – resistance temperature detectors

ELEKTRİK DİRENC TERMOMETRELERİ (RDT)



Typical RTD Probes

TERMİSTÖRLER

- Termistörlerde sıcaklık ile dirençteki değişmeyi ölçer. Termistörler çok hassastırlar (RTDlerden 100 ve termolelemanlardan 1000 kat daha hassastırlar.)
- Küçük sıcaklık değişimini algılayabilir ve hızlıdır, hassas sıcaklık kontrolü ve birim zamandaki küçük sıcaklık farklarını algılayabilir. Yarı iletken seramiklerden (metal oksitlerden) yapılırlar. Sıcaklıkla direnç değişimi doğrusal değildir.

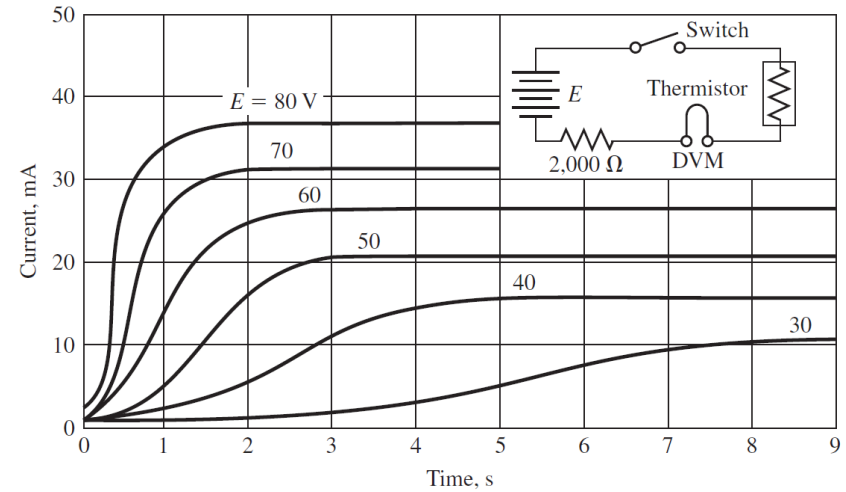


Figure 8.10 Typical set of transient voltage-current curves for a thermistor, according to Ref. [1]. Circuit for measurement is shown in insert.

Termistörlerde Doğrusal olmayan davranış

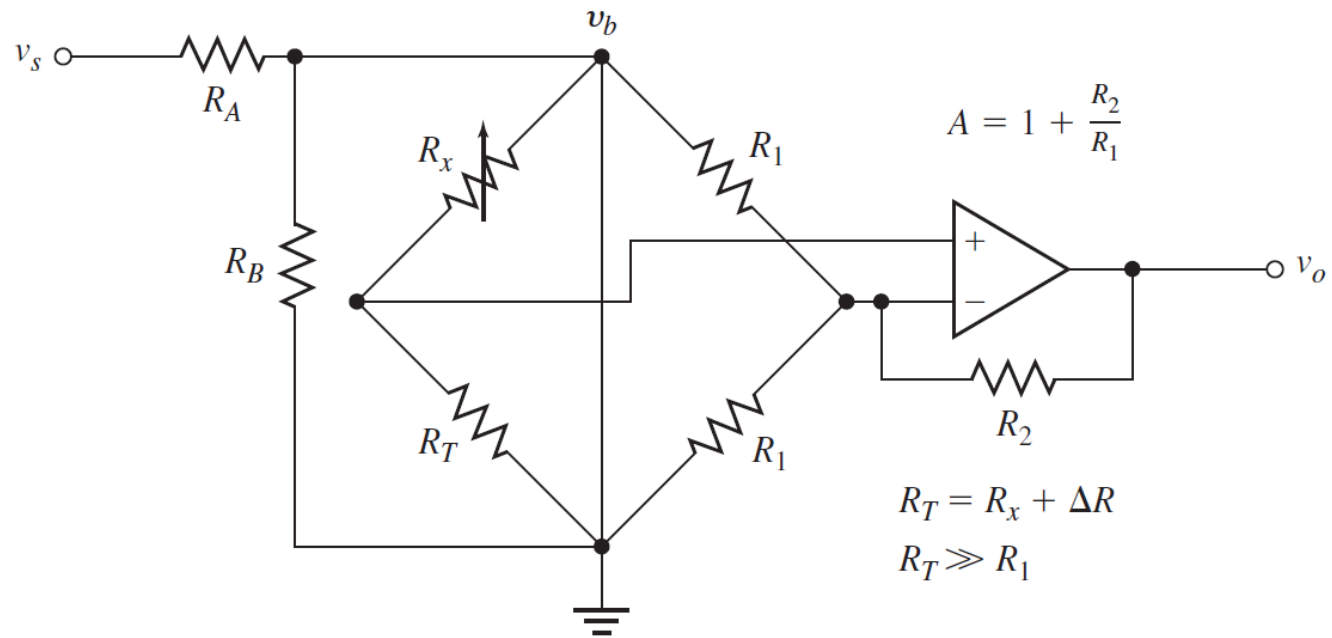


Figure 8.11 Bridge amplifier circuit, according to Ref. [24].

TERMİSTÖRLER

- Yarı iletken malzemedan yapılan termistorlerin elektrik direnci, bir çok metal malzemenin aksine sıcaklıkla azalır. Sıcaklık arttıkça termistörün direnci azalır. Bu değişim aşığıdaki bağıntı ile verilmiştir.

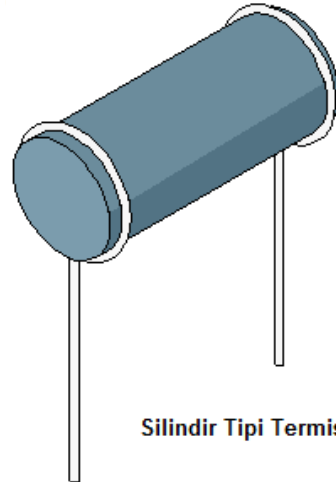
- Sıcaklık artışı \Rightarrow düşük direnç

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

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

β : deneysel sabit

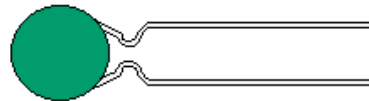
B termistör malzemesinin cinsine göre 3500 K-4600 K arasında değişir.



Silindir Tipi Termistor



Boncuk Tipi Termistor



Disk Tipi Termistor

TERMİSTÖRLER



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

TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL

CETİER.)

Elektriksel sıcaklık ölçme yöntemlerinden en çok kullanılanıdır.

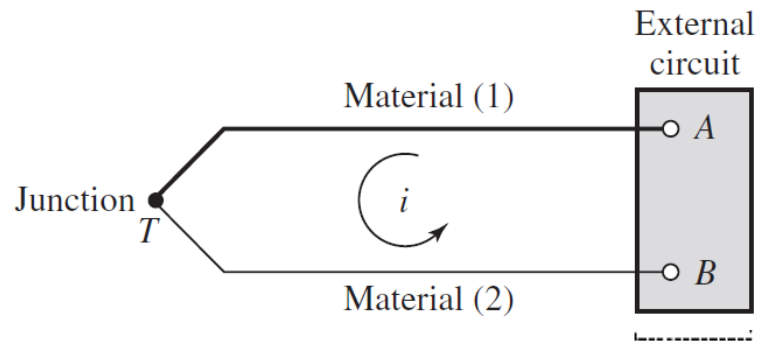
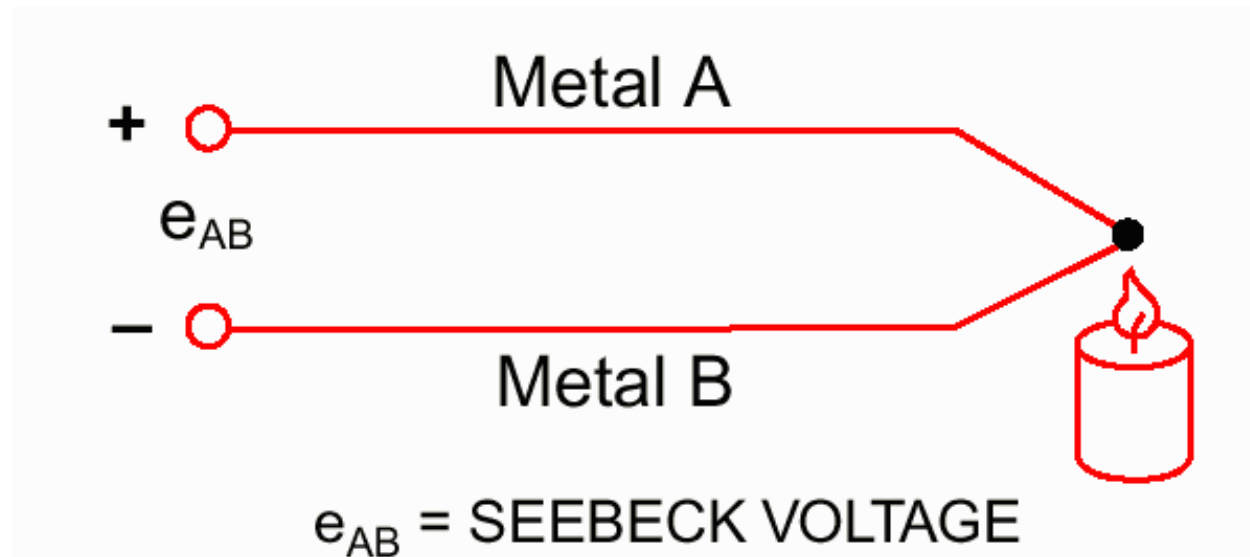
- Isıl çiftin çalışma prensibi SEEBECK etkisi olarak bilinen termoelektriksel olaya dayanır.

(elektromotor kuvvet, emk) meydana gelir. Bunun nedeni sıcak

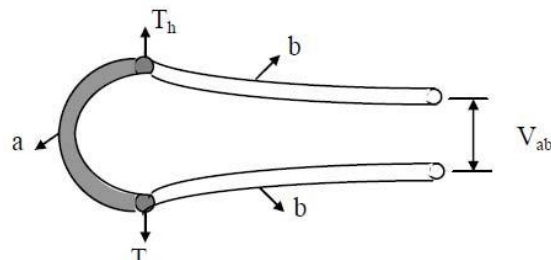
- Seebeck'e göre farklı malzemelerden yapılmış iki iletken veya yarı iletkenin uçları birleştirilir ve elde edilen uçlar farklı sıcaklıklara maruz bırakılırsa uçlar arasında bir termoelektriksel olayı ve bu şekilde oluşturulmuş devreye de "Isıl Çift (Termoleman, Termocouple) Devresi" denir.

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

TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)

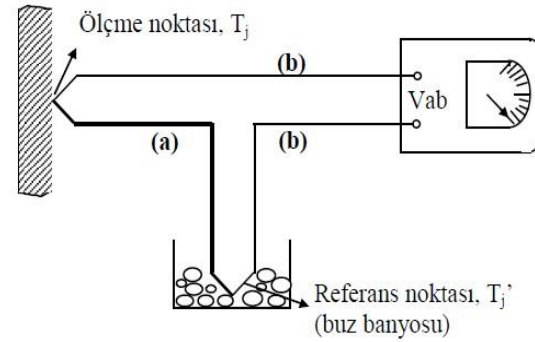


\Rightarrow A ve B arasında zayıf bir gerilim meydana gelir.



$T_h > T_o$
 $V_{ab} = \alpha_{ab} \cdot \Delta T$
 α_{ab} = Seebeck katsayısı (mV/°C)
 ΔT = sıcaklık farkı (°C)

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 çiftleri için aşağıdaki ifade ile verilir:



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

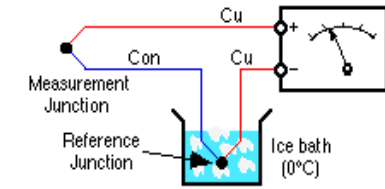
V_{ab} = uçlar arasındaki gerilim farkı, (mV)

α_{ab} = ısı çift malzemelerinin seebeck katsayısı, (mV/K)

T_j = ölçülmek istenen sıcaklık (°C)

T_j' = referans sıcaklığı (°C)

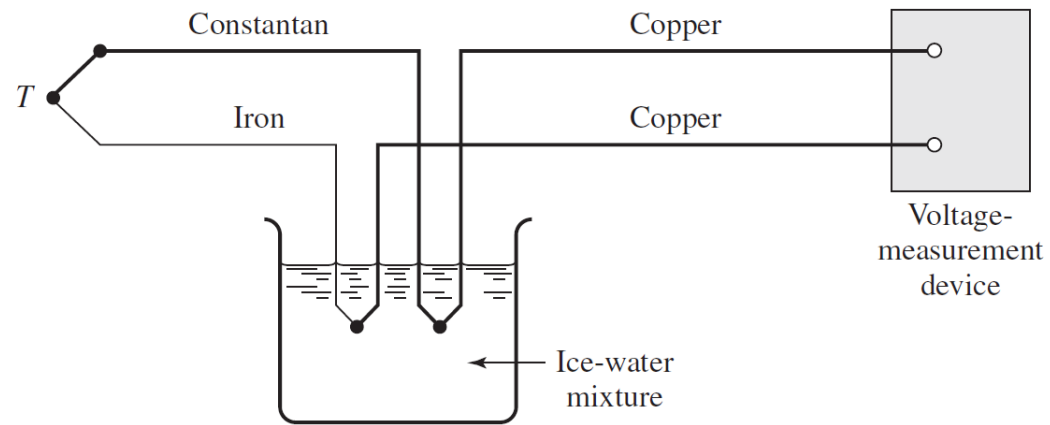
Şekil 5. Sıcaklık ölçümü için basit ısı çift devresi



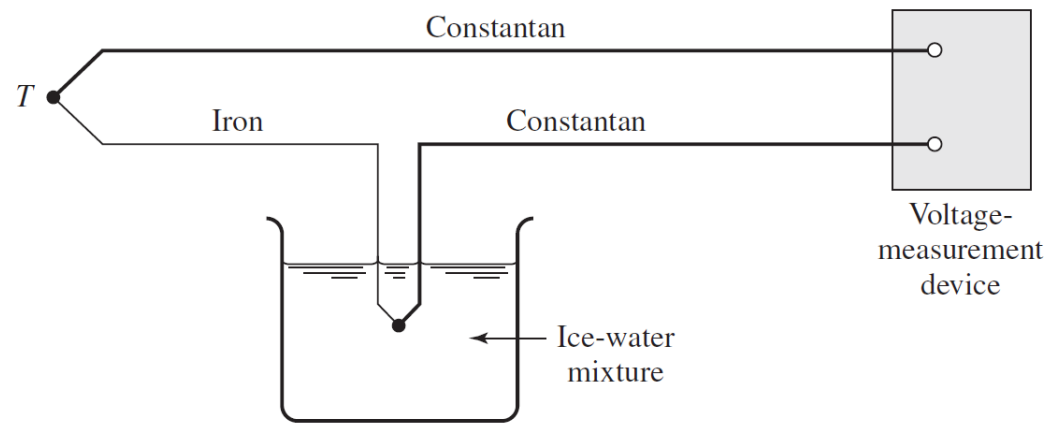
Traditional Thermocouple Measurement

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

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



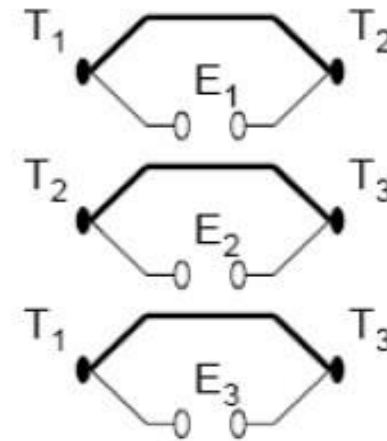
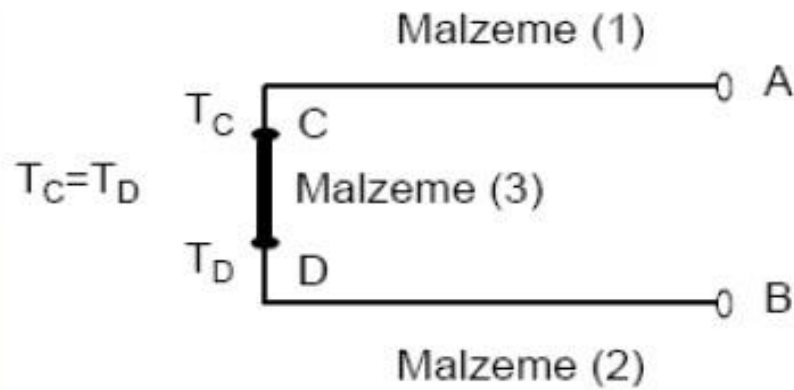
(a)



(b)

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.



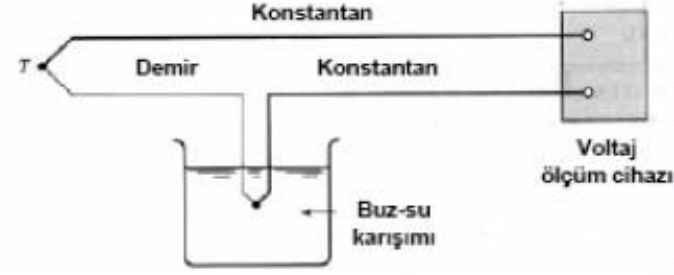
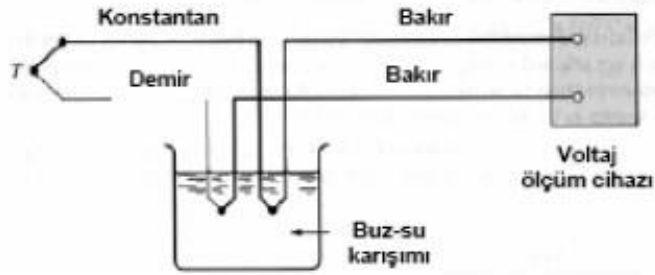
• **Orta sıcaklık kanunu:** Aynı bir termoelektirik devresinin uçlarına farklı sıcaklıklar etki etsin. Bu uçlara T_1 ve T_2 sıcaklıkları etki ettiğinde oluşan emk E_1 ; T_2 ve T_3 sıcaklıkları etki ettiğinde oluşan emk E_2 olsun. T_1 ve T_3 sıcaklıkları etki ettiğinde oluşan emk:

$$E_3 = E_1 + E_2$$

TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)

Özellikle laboratuarlarda termoeleman ile yapılan ölçmelerde referans uç, sıcaklığı 0°C değerindeki atmosferik basınçta erimekte olan saf, demineralize su buzunun içine daldırılır.

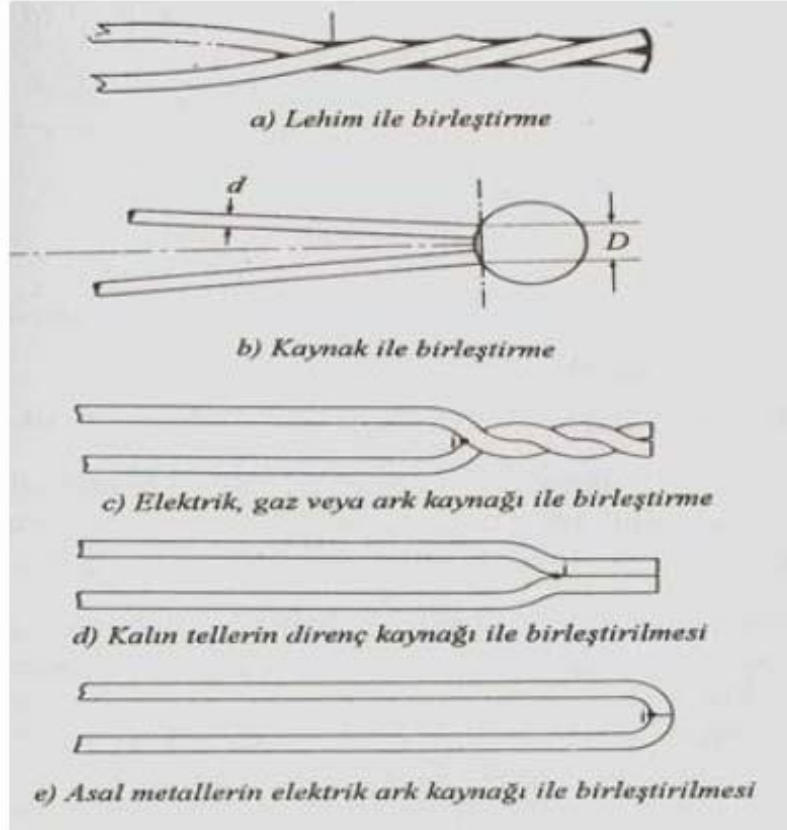
Demir-konstantan (%60 Bakır, %40 Nikel)'dan yapılmış, ölçme ve referans uçlu termoeleman devrelerine ait örnekler:



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)

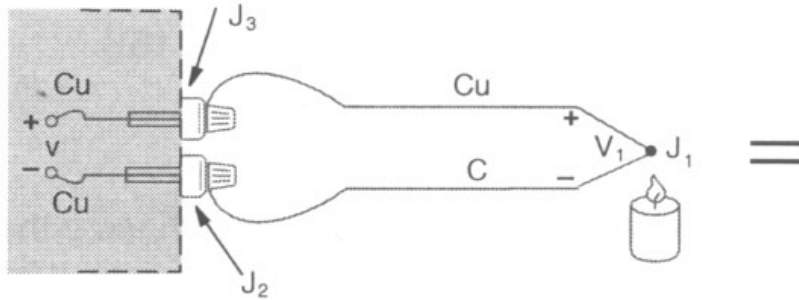


Şekil 1.5: Termokupol uçlarının birleştirilme şekillerine örnekler

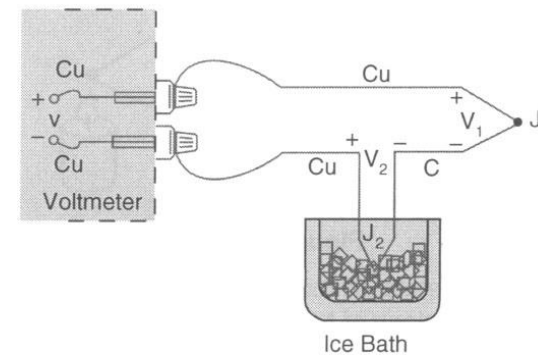
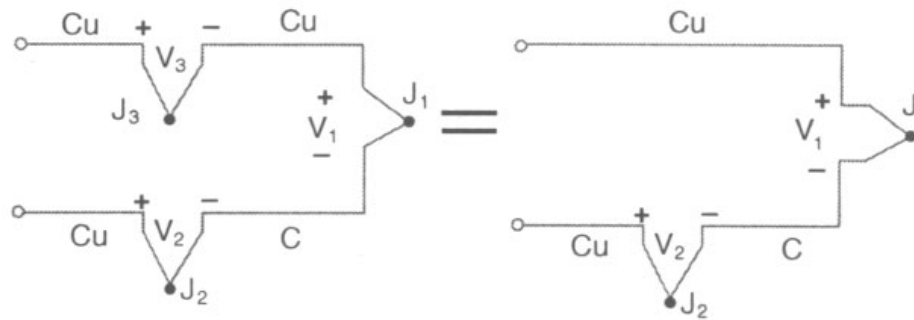
TERMOMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)



TERMOLEMANLAR (THERMOCOUPLE, ISIL ÇİFTLER)

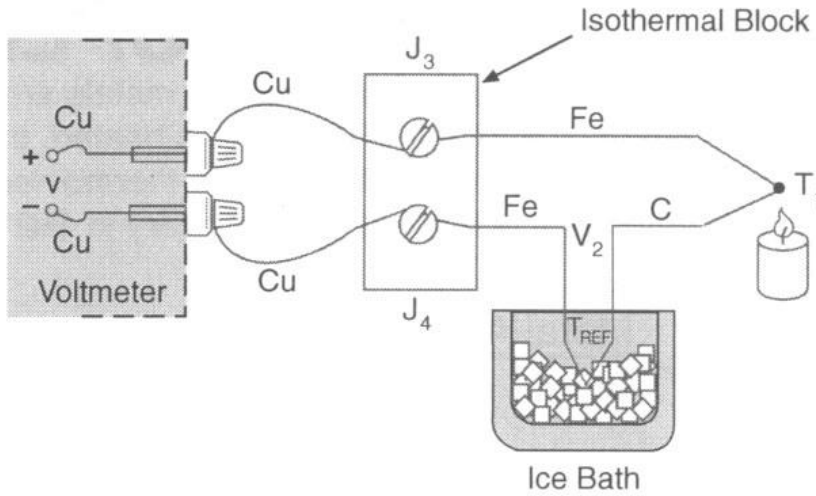


EQUIVALENT CIRCUITS



TERMOLEMANLAR

(THI



L

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

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.

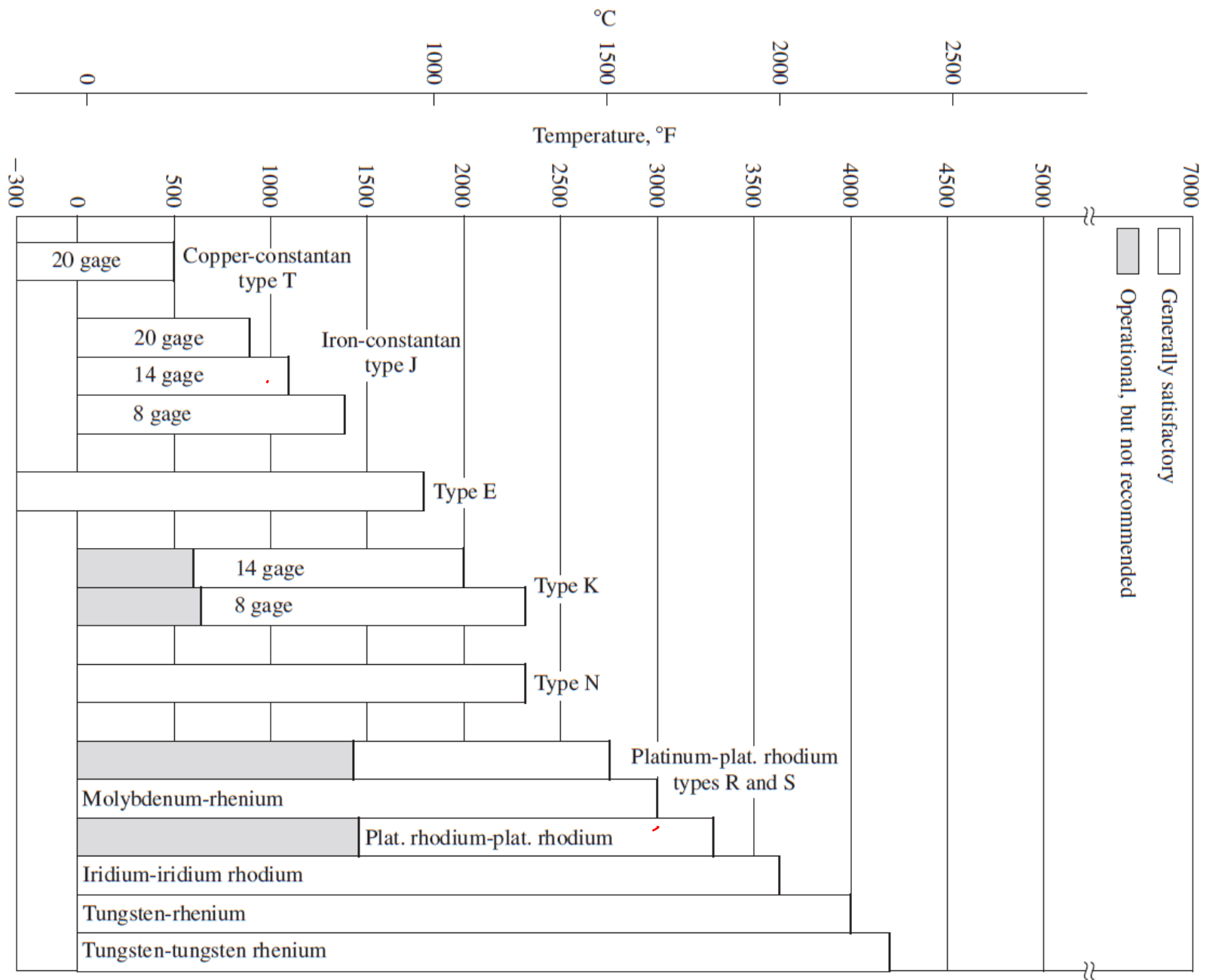
Table 8.3a Thermal emf in absolute millivolts for commonly used thermocouple combinations, according to ITS(90)
(Reference junction of 0°C)¹

Temperature, °C	Copper vs. Constantan (<i>T</i>)	Chromel vs. Constantan (<i>E</i>)	Iron vs. Constantan (<i>J</i>)	Chromel vs. Alumel (<i>K</i>)	Platinum vs. Platinum–10% Rhodium (<i>S</i>)	Nicosil vs. Nisil (<i>N</i>)
–150	–4.648	–7.279	–6.500	–4.913		–1.530
–100	–3.379	–5.237	–4.633	–3.554		–1.222
–50	–1.819	–2.787	–2.431	–1.889	–0.236	–0.698
–25	–0.940	–1.432	–1.239	–0.968	–0.127	–0.368
0	0	0	0	0	0	0
25	0.992	1.495	1.277	1.000	0.143	0.402
50	2.036	3.048	2.585	2.023	0.299	0.836
75	3.132	4.657	3.918	3.059	0.467	1.297
100	4.279	6.319	5.269	4.096	0.646	1.785
150	6.704	9.789	8.010	6.138	1.029	2.826
200	9.288	13.421	10.779	8.139	1.441	3.943
300	14.862	21.036	16.327	12.209	2.323	6.348
400	20.872	28.946	21.848	16.397	3.259	8.919
500		37.005	27.393	20.644	4.233	11.603
600		45.093	33.102	24.906	5.239	14.370
800		61.017	45.494	33.275	7.345	20.094
1000		76.373	57.953	41.276	9.587	26.046
1200			69.553	48.838	11.951	32.144
1500					15.582	
1750					18.503	

Table 8.3b Error limits for commercial thermocouples

Type Thermocouple	Error, Standard Grade*	Error, Special Grade*
<i>E</i>	1.7°C or 0.5% above 0°C	1.0°C or 0.4%
<i>J</i>	2.2°C or 0.75% above 0°C	1.1°C or 0.4%
<i>K</i>	2.2°C or 0.75% above 0°C	1.1°C or 0.4%
<i>N</i>	2.2°C or 0.75% above 0°C	1.1°C or 0.4%
<i>R</i>	1.5°C or 0.25%	0.6°C or 0.1%
<i>S</i>	1.5°C or 0.25%	0.6°C or 0.1%
<i>T</i>	1.0°C or 0.75% above 0°C	0.5°C or 0.4%

| *Whichever is greater.



Type E	Type J	Type K	Type R	Type S	Type T
Chromel(+) vs. Constantan(−)	Iron(+) vs. Constantan(−)	Chromel(+) vs. Nickel-5% (−) (Aluminum Silicon)	Platinum-13% Rhodium(+) vs. Platinum(−)	Platinum-10% Rhodium(+) vs. Platinum(−)	Copper(+) vs. Constantan(−)
−100°C to 1000°C* ±0.5°C 9th Order	0°C to 760°C* ±0.1°C 5th Order	0°C to 1370°C* ±0.7°C 8th Order	0°C to 1000°C* ±0.5°C 8th Order	0°C to 1750°C* ±1°C 9th Order	−160°C to 400°C* ±0.5°C 7th Order
a_0	0.104967248	−0.048868252	0.226584602	0.263632917	0.100860910
a_1	17189.45282	19873.14503	24152.10900	179075.491	169526.5150
a_2	−282639.0850	−218614.5353	67233.4248	−48840341.37	−31568363.94
a_3	12695339.5	11569199.78	2210340.682	1.90002E + 10	8990730663
a_4	−448703084.6	−264917531.4	−860963914.9	−4.82704E + 12	−1.63565E + 12
a_5	1.10866E + 10	2018441314	4.83506E + 10	7.62091E + 14	1.88027E + 14
a_6	−1.76807E + 11		−1.18452E + 12	−7.20026E + 16	−1.37241E + 1
a_7	1.71842E + 12		1.38690E + 13	3.71496E + 18	6.17501E + 17
a_8	−9.19278E + 12		−6.33708E + 13	−8.03104E + 19	−1.56105E + 19
a_9	2.06132E + 13			1.69535E + 20	

$$T = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \cdots + a_9x^9$$

where T = temperature, °C

x = thermocouple voltage, volts, reference junction at 0°C

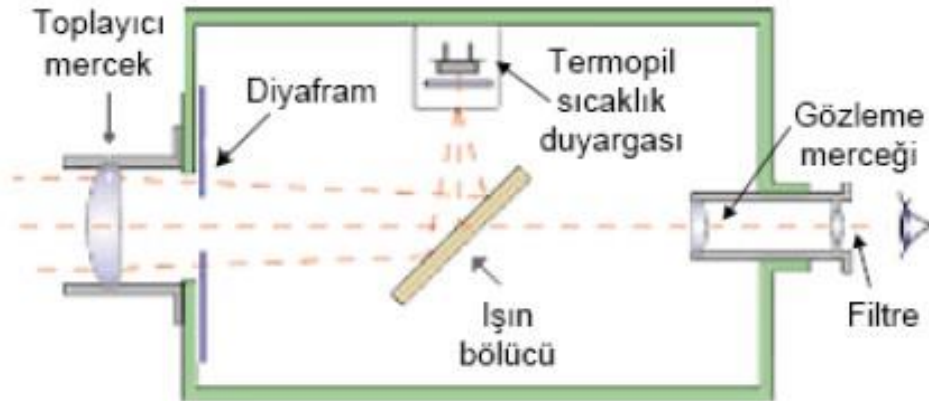
a = polynomial coefficients given in Table 8.5 for various thermocouple combinations

ISIL IŞINIM İLE SICAKLIK ÖLÇÜMÜ (PIROMETRE)

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

Toplam Işıma 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.



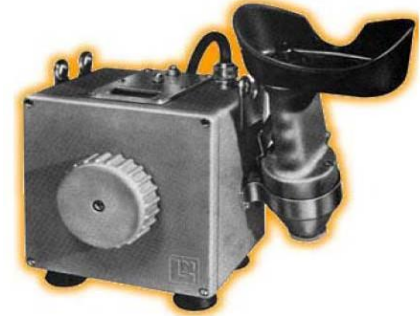
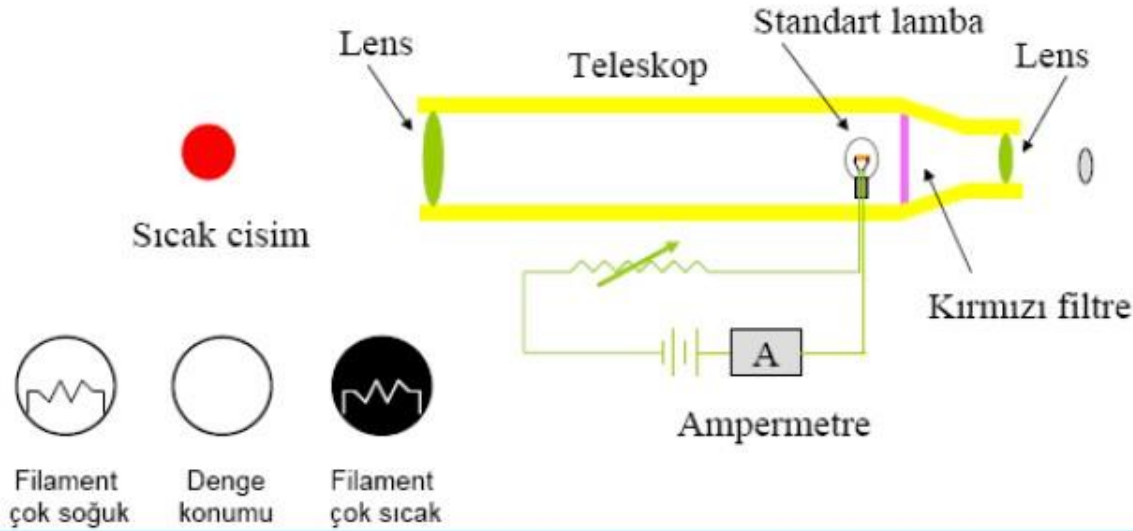
ISIL IŞINIM İLE SICAKLIK ÖLÇÜMÜ (PIROMETRE)



ISIL IŞINIM İLE SICAKLIK ÖLÇÜMÜ (PIROMETRE)

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 ölçtüğü 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 ısı 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.

KIZIL ÖTESİ IŞIN KAMERALARI (Infrared Termografi)

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.

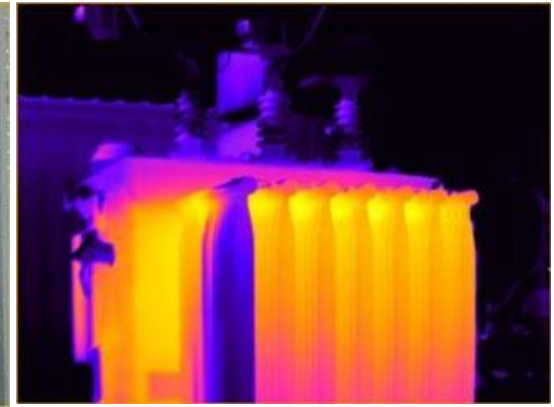
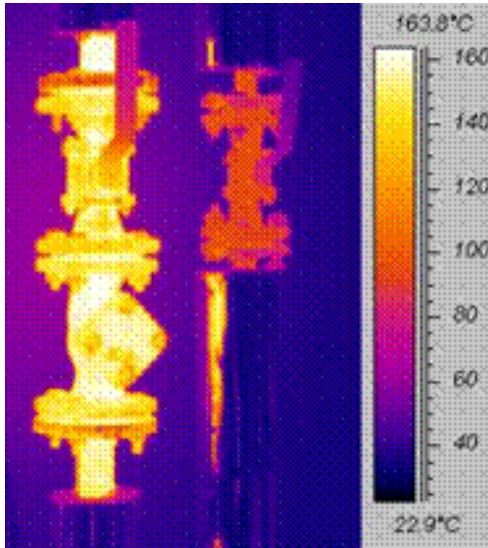
IR(kızıl ötesi) algılayıcılarıyla cisimlerin ısılarını algırlarlar. Siyah beyaz veya renkli (kırmızı sıcak, siyah soğuk) gibi renklerden siyah - kırmızı arasında oluşan bir görüntü verir.

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

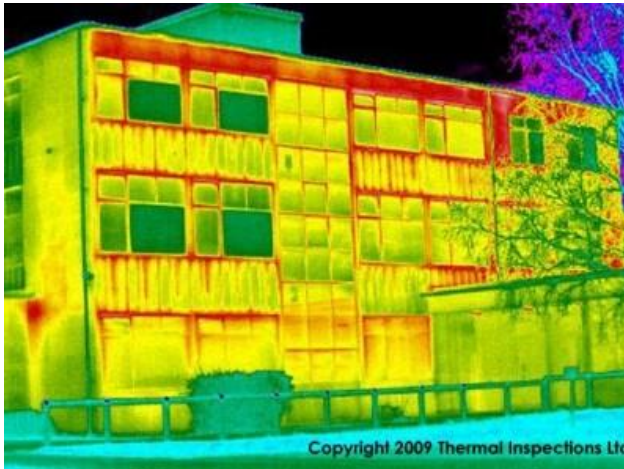
KIZIL ÖTESİ IŞIN KAMERALARI (Infrared Termografi)



KIZIL ÖTESİ IŞIN KAMERALARI (Infrared Termografi)

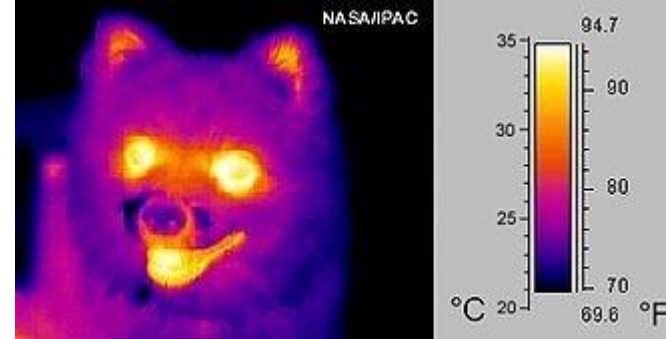
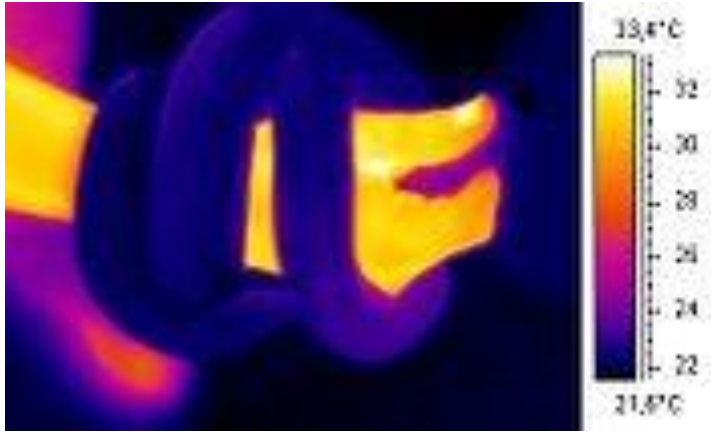


KIZIL ÖTESİ IŞIN KAMERALARI (Infrared Termografi)



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

KIZIL ÖTESİ IŞIN KAMERALARI (Infrared Termografi)



- Bir insan tarafından tutulan yılanın termografik resmi



SIVI KRİSTAL SICAKLIK ÖLÇERLER

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.

SIVI KRİSTAL SICAKLIK ÖLÇERLER

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.

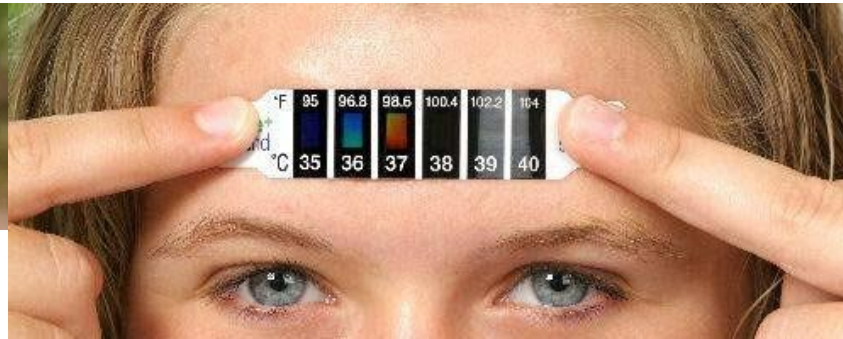
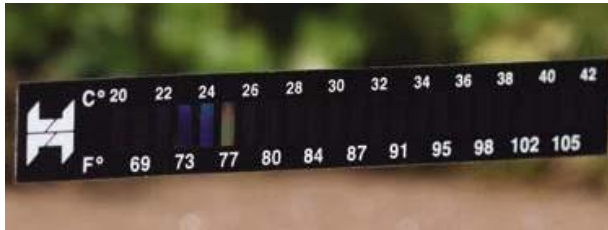
Sıvı kristaller kullanılarak, sıcaklık ölçülmesi ve görüntü elde edilmesinde kullanılmaktadır.

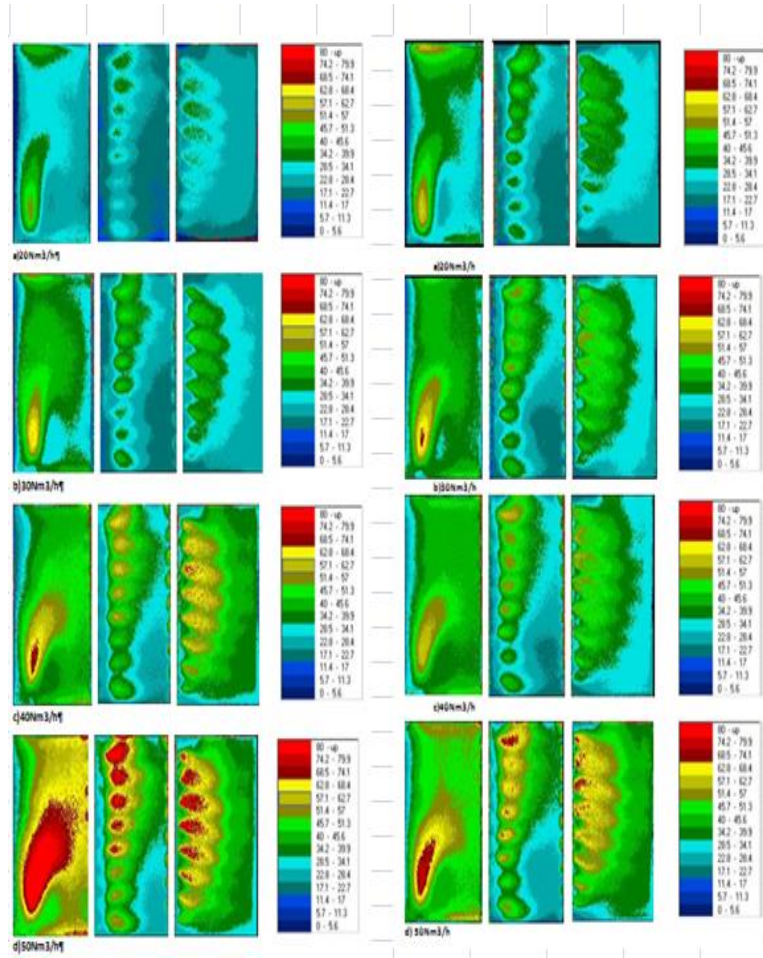
Sıvı kristal sıcaklığı ölçülecek cisim üzerine sürülerek gözlenmesi ve fotoğrafı alınabilir.

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.

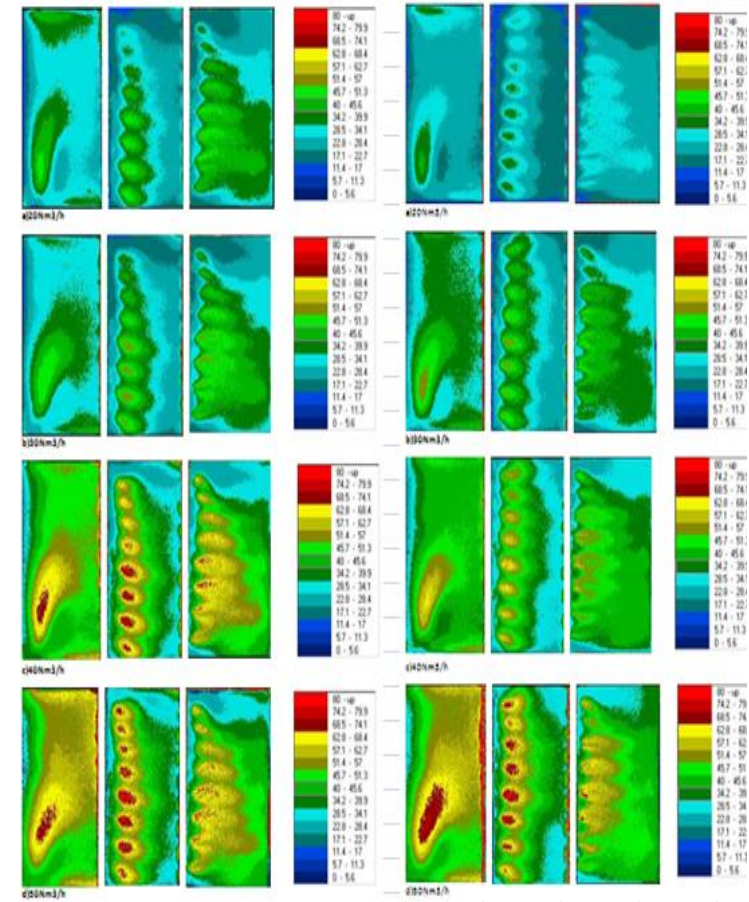
SIVI KRİSTAL SICAKLIK ÖLÇERLER





İkili daire (debi: 20m³/h -30 m³/h -40 m³/h -50 m³/h)

İkili kare (debi: 20 m³/h -30 m³/h -40 m³/h -50 m³/h)



İkili daralan daire (debi: 20 m³/h -30 m³/h -40 m³/h -50 m³/h)

İkili daralan kare (debi:20 m³/h -30 m³/h -40 m³/h -50 m³/h)

ŞEKİL DEĞİŞİMİ İLE SICAKLIK DEĞİŞİMİ

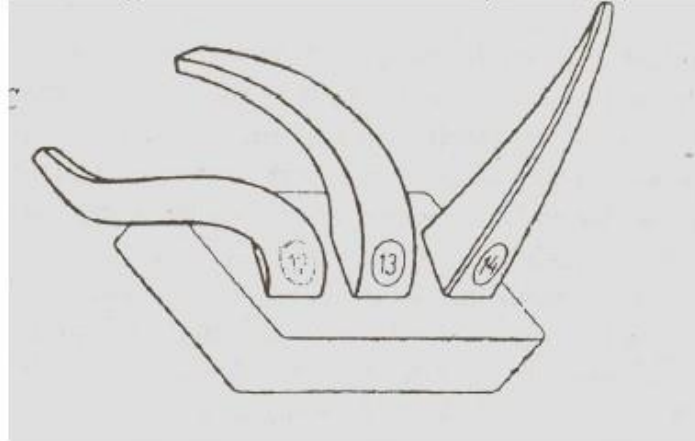
Seğer sıcaklık ölçerleri olarak da adlandırılır. Çeşitli malzeme karışımlarından hazırlanmış bazı geometrik şekillerin belirli sıcaklıklarda şekillerinin bozulmasına dayanır.

Özellikle toprak (seramik) sanayisindeki, pişirme fırınları içindeki sıcaklıkların ölçülmesinde, termoeleman, pirometre yerine seger 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

Seğer 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.