

T.C  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



# MEGEP

(MESLEKİ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN  
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

## ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ

### SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

ANKARA 2007

**Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;**

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşılabilir.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

# İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR .....	iii
GİRİŞ .....	1
ÖĞRENME FAALİYETİ- 1.....	3
1. BİMETAL TERMOMETRE KULLANARAK SICAKLIK ÖLÇMEK.....	3
1.1. Sıcaklık.....	3
1.1.1. Sıcaklık ve Isı Nedir? .....	3
1.1.2. Sıcaklık Birimleri .....	4
1.2. Bimetal Termometreler Kullanarak Sıcaklık Ölçmek .....	6
1.2.1. Çift Metalli Termometreler.....	6
1.2.2. Helisel çift metalli termometreler .....	7
1.2.3. Çubuk Termostatlar.....	8
UYGULAMA FAALİYETLERİ.....	9
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	10
ÖĞRENME FAALİYETİ- 2.....	12
2. DİRENÇ TERMOMETRESİ (RTD) İLE SICAKLIK ÖLÇMEK.....	12
2.1. Direnç Termometreleri (RTD).....	12
2.1.1. Platin RTD (PT100) .....	14
2.1.2. Nikel RTD (Ni100) .....	15
2.1.3. Direnç Termometrelerin Bağlantı Yöntemleri.....	15
2.2. Weston Köprüsü.....	16
2.3. Sıcaklık Dengelemesi ve Köprü Dengelemesi.....	17
2.4. Köprü Bağlantıları ve Yükselteçleri.....	18
2.4.1. Direnç Termometresinin Sağlamlık Kontrolü .....	18
UYGULAMA FAALİYETLERİ.....	20
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	20
ÖĞRENME FAALİYETİ- 3.....	24
3. YARI İLETKEN VE ENTEGRE SICAKLIK SENSÖRLERİ.....	24
3.1. Silisyum Diyot .....	24
3.2. Sıcaklık Duyarlı Entegreler .....	25
UYGULAMA FAALİYETLERİ.....	27
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	29
ÖĞRENME FAALİYETİ- 4.....	31
4. TERMOKUPL ELAMANLARLA SICAKLIK ÖLÇMEK .....	31
4.1. Termokupl .....	31
4.1.1. Termoelektrik Etkiler .....	31
4.1.2. Termokupl Çeşitleri .....	37
4.1.3. Termokupl Kabloları .....	39
4.1.4. Termokupl Mekanik Yapıları .....	40
4.1.5. Termokupl Transmitterleri.....	43
4.2. Sıcaklık Algılayıcılarının Yerleştirilmesi.....	43
4.2.1. Daldırılan Sondalar .....	43
4.2.2. Termometre Koruyucu ve Kılıfları .....	45
4.2.3. Hata Kaynakları .....	46
4.2.4. Sıcaklığın Okunması .....	46
UYGULAMA FAALİYETLERİ.....	47
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	49

ÖĞRENME FAALİYETİ- 5.....	51
5. IŞINIM METODU İLE SICAKLIK ÖLÇME.....	51
5.1. Işınım (Radyasyon).....	51
5.2. Siyah Cismin Işınımı.....	52
5.3. Pirometrenin Çalışma Prensipleri.....	53
5.3.1. Toplam Işınım Metodu.....	53
5.3.2. Yüzey Işınım Metodu.....	54
5.3.3. Piroelektrik Teknikler.....	54
5.4. Optik Pirometre.....	55
5.5. Fotoelektrik Termometreler.....	56
5.6. Işınım Hataları.....	57
5.6.1. Işınım Hatalarının Nedenleri.....	57
5.6.2. Işınım Hatalarının Giderilmesi.....	57
UYGULAMA FAALİYETLERİ.....	58
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	59
MODÜL DEĞERLENDİRME.....	61
CEVAP ANAHTARLARI.....	62
KAYNAKÇA.....	64

# AÇIKLAMALAR

<b>KOD</b>	523EO0361
<b>ALAN</b>	Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri
<b>DAL/MESLEK</b>	Endüstriyel Kontrol Teknisyenliği
<b>MODÜLÜN ADI</b>	Sıcaklık Ölçümü
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Çeşitli enstrümanlar kullanarak sıcaklığın her türlü endüstriyel ortamda ölçebilme becerisinin kazanıldığı öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/32
<b>ÖN KOŞUL</b>	İşlemsel Yükselteçler modülünü almış olmak.
<b>YETERLİK</b>	Sıcaklık ölçmek.
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Sıcaklığı doğru olarak ölçebileceksiniz. <b>Amaçlar</b> 1. Bimetal termometre ile sıcaklık ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz. 2. Direnç termometresi ile sıcaklık ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz. 3. Yarı iletken elemanlar ile sıcaklık ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz. 4. Termokupl elemanlar ile sıcaklık ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz. 5. Işınım metodu ile sıcaklık ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Süreç kontrol laboratuvarı <b>Donanım:</b> Bimetal termostat, bimetal termometre, ısı kaynağı, direnç termometresi, sıcaklık transmitteri, yarı iletken sıcaklık sensörü, termokupl, termokupl transmitteri, pirometre, ısı kaynağı, elektronik deney seti.
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Her faaliyetin sonunda ölçme soruları ile öğrenme düzeyinizi ölçeceksiniz. Araştırmalarla, grup çalışmaları ve bireysel çalışmalarla öğretmen rehberliğinde ölçme ve değerlendirmeyi gerçekleştirebileceksiniz.



# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Bu modülün sonunda edineceğiniz bilgi ve beceriler ile otomasyon alanında üretimin vazgeçilmez süreçlerinden birisi olan sıcaklık ölçümünü yapmayı öğreneceksiniz.

Sıcaklık, hayatımızın her alanında karşımıza çıkan bir niceliktir. Hastalanırsınız, ateşimizi ölçer. Su kaynatırsınız, ısıtıcılarda sıcaklık ölçülür. Ütü yaparsınız, ütümüz ısı ayarlıdır. 200<sup>0</sup>C’de pişen keke doyum olmaz. Sanayide araba boyanır, fırın boya yapılır. Demir fırında tavlanır. Cam ocakta şekillenir. Plastik eritilip kalıba dökülür. Daha neler var sayamadığımız kim bilir.

Bu modülde özellikle endüstriyel süreçte sıcaklık ölçme cihaz ve aletlerini tanıyacağız. Onları kullanmayı öğreneceğiz. Arızalandıklarında onları nasıl tespit edeceğimizi öğreneceğiz.

Unutmayalım ki, ölçme üretim sürecinin ilk ögesidir. Buradan başlayan ardışık hatalar sonucunda ürün istenilenin dışında kalır. Biraz abartırsak; araba lastiği üretmek isterken kale direği ortaya çıkabilir. Bu nedenle ölçmede doğru elemanları doğru şekilde kullanmak gerekir. Bunu yapabilmek için doğru öğrenmek gerekir.

Bu modülde bulacağımız bilgiler sürekli yeniliklere açık bilgilerdir. Bu nedenle sizlerin tüm iletişim imkânlarını kullanarak bu bilgileri güncelleniz gerekir. Teknolojiye ulaşmak için hızlı davranmak gerekir.





# ÖĞRENME FAALİYETİ- 1

## AMAÇ

Bimetal termometre ile sıcaklık ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Ø Ev tipi ütülerin ve elektrikli su ısıtıcılarının nasıl çalıştığını araştırınız.
- Ø Laboratuvar ortamında çalışacak bir basit ısıtıcıya termostat bağlantısının nasıl yapıldığını araştırınız.
- Ø Bimetal termometreleri (termostat) satan firmaları araştırınız. Piyasada bulunan tiplerinin varsa kendisini veya resmini sınıfa getiriniz.

## 1. BİMETAL TERMOMETRE KULLANARAK SICAKLIK ÖLÇMEK

### 1.1. Sıcaklık

Endüstriyel otomasyon konuları arasında sıcaklık ölçümü vazgeçilmez süreçlerden biridir. Çünkü ısıl işlem olmadan neredeyse üretim yapılamamaktadır. Sıcaklık ya birinci dereceden ya da etkileyen olarak üretimin her aşamasında yer almaktadır.

Örneğin, metalurji alanında ısıl işlem olmadan hiçbir üretim olamaz. Otomotiv sektöründe sıcaklık hemen her aşamada yer alır. Arabanın boyası atılırken fırınlanır. Plastik sanayinde plastik eritilerek şekillendirilir. Bu aşama için ısı kullanılır. Cam sanayisinde camın şekillendirilmesi için yüksek dereceli fırınlar kullanılır. Kısaca, ısı olmadan üretim olmaz.

Isı kaynağı, sıcaklığı ölçülmeden denetlenemez. Denetlenemeyen ısı kaynağı işe zarar verir. Evinizdeki ütünün ayarlanmadığını düşünün. Sürekli ısınan ütü neye yarar!

#### 1.1.1. Sıcaklık ve Isı Nedir?

Pratikte çok kullanılan bir kavram olmasına rağmen, sıcaklık tanımı oldukça güçtür. Isı ile sıcaklık tanımları karıştırılmaktadır. Termodinamiğin ikinci kanununa göre sıcaklık ısı ile orantılıdır. Diğer etkilerin olmadığı durumda, ısı akışı yüksek sıcaklıktan düşük sıcaklığa doğru olur. Bilindiği gibi ısı bir enerji çeşididir. Birimi kalori veya joule'dür. Sıcaklık ise ısının etkisi ve enerjinin etkileşimi olarak ortaya çıkar. Yani sıcaklık bir sonuçtur. Ölçme işlemi ise etkiden yola çıkılarak yapılır. Isının maddeler üzerinde yaptığı etkilerden faydalanılarak sıcaklık ölçümü gerçekleştirilir.

Uzunluk, basınç, hacim, elektrik, direnç, genişleme kat sayıları, yüzeysel ışıma şiddetleri ve buna benzer özellikler moleküler yapı nedeniyle sıcaklık ile ilişkilidir. Sıcaklık değiştikçe değişir ve bu değişimden faydalanarak sıcaklık ölçümünü yapabiliriz. Kalibrasyon, belirli standartlara göre yapılmalıdır. Bunun için ilk olarak sıcaklık ölçekleri hakkında bilgi verilecektir. Sıcaklık standartları ile ilgili bilinen standart Avrupa için IPTS68'dir.



Şekil 0.1: Metal eritme potası

### 1.1.2. Sıcaklık Birimleri

Sıcaklık bir ısı ölçüsüdür. Tüm ölçüm sistemlerinde bir referans noktası vardır. Sıcaklık ölçümleri içinde referans noktası olarak suyun donma sıcaklığı temel alınmış ve bu sıcaklık "0" santigrat derece ( $^{\circ}\text{C}$ ) olarak kabul edilmiştir. Bilinen en düşük sıcaklık ise bir maddenin moleküler hareketinin durduğu, herhangi bir ısı enerjisinin olmadığı "Mutlak 0" olarak ifade edilen derece Kelvin (0K) kabul edilmiştir.

0 [K] Kelvin,  $-273,15$  (IPTS68) [ $^{\circ}\text{C}$ ] santigrat dereceye karşılık gelmektedir.

Çeşitli ısısal hesaplamalarda karşımıza İngiliz ölçü sistemi olarak sıcaklık birimi Fahrenheit çıkmaktadır. Suyun donma derecesi İngiliz ölçü sistemine göre  $32$  [ $^{\circ}\text{F}$ ] Fahrenheit derecedir. İngiliz ölçü sistemine göre moleküler hareketin durduğu sıcaklık değeri olarak  $-60$  [ $^{\circ}\text{F}$ ] veya  $0$  [ $^{\circ}\text{R}$ ] Rankin kullanılmaktadır.

Su  $100$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] veya İngiliz ölçü sistemine göre  $212$  [ $^{\circ}\text{F}$ ] ta kaynar.

Suyun donma derecesi ile kaynama derecesi arasındaki fark,  
 $100$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] -  $0$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] =  $100$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] dir.

Bu değer İngiliz ölçü sistemine göre;  
 $212$  [ $^{\circ}\text{F}$ ] -  $32$  [ $^{\circ}\text{F}$ ] =  $180$  [ $^{\circ}\text{F}$ ] çıkar.

Her  $1^{\circ}\text{C}$  'lik artış  $\frac{100^{\circ}\text{C}}{100^{\circ}\text{C}} = 1^{\circ}\text{C}$

İngiliz ölçü sistemine göre,

$$\frac{180^{\circ}\text{F}}{100^{\circ}\text{F}} = 1,8^{\circ}\text{F}$$
 'a karşılık gelmektedir.

Buna göre; metrik sistem ile İngiliz ölçü sistemi arasında sıcaklık ilişkisi kurarsak;  
 $1^{\circ}\text{F} = 1,8^{\circ}\text{C} + 32$  gibi bir ifade çıkar.

**Örnek 1.1:**  $20^{\circ}\text{C} = ?^{\circ}\text{F}$

$$X^{\circ}\text{F} = 1,8 \cdot 20 + 32 \quad X^{\circ}\text{F} = 36 + 32 \quad X^{\circ}\text{F} = 68^{\circ}\text{F}$$

**Örnek 1.2:**  $0^{\circ}\text{R} = ?^{\circ}\text{C}$

$$0^{\circ}\text{R} = -460^{\circ}\text{F} \quad -460^{\circ}\text{F} = 1,8 \cdot + 32$$

$$X^{\circ}\text{C} = \frac{-460 - 32}{1,8} =$$

$$X^{\circ}\text{C} = \frac{-492}{1,8} = 273^{\circ}\text{C}$$

**Örnek 3.**  $373,15\text{K} = ?^{\circ}\text{C}$

$$0 = -273,15^{\circ}\text{C} \quad X^{\circ}\text{C} = 373,15 + (-273,15) \quad X^{\circ}\text{C} = 100^{\circ}\text{C}$$

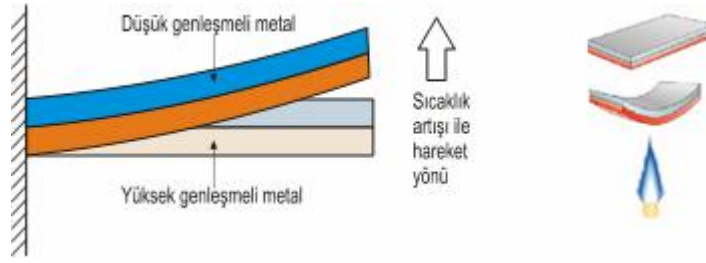
	Fahrenheit	Celsius	Kelvin
$^{\circ}\text{F}$	F	$(^{\circ}\text{F}-32)/1.8$	$(^{\circ}\text{F}-32)*5/9+273,15$
$^{\circ}\text{C}$	$(^{\circ}\text{C}*1.8)+32$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}+273,15$
K	$(^{\circ}\text{K}-273,15)*9/5+32$	$\text{K}-273,15$	K

Şekil 1.1: Sıcaklık birimleri tablosu

## 1.2. Bimetal Termometreler Kullanarak Sıcaklık Ölçmek

İlk çift metalli sıcaktan etkilenmiş olan termostat, 1726'da saatin çeşitli sıcaklık şartlarında çalışması sırasında hassasiyetini korumak için kullanılmıştır. Termostat kelimesiyse 1830'da, bimetal şeridin sıcaklıkta farklı uzamadan dolayı bükülüp ısıtma ve soğutma sistemlerini kontrol etmesinde ortaya atılmıştır. Değişik termostat türleri ortaya çıkmasına rağmen, geliştirilmiş bimetal şeritli termostatlar günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Şekil 1.2'de görüldüğü gibi, iki farklı genişleme kat sayısına sahip bimetal malzeme sıcaklık etkisi altında genişlemek isteyecektir. Bu metal malzemeler birbirleri ile birleştirildiğinden (perçin, kaynak vs.) ve farklı genişleme kat sayılarına sahip olduklarından, yüksek genişleme özelliğine sahip olan diğerinin üzerine doğru eğim yaparak genişleyecektir.

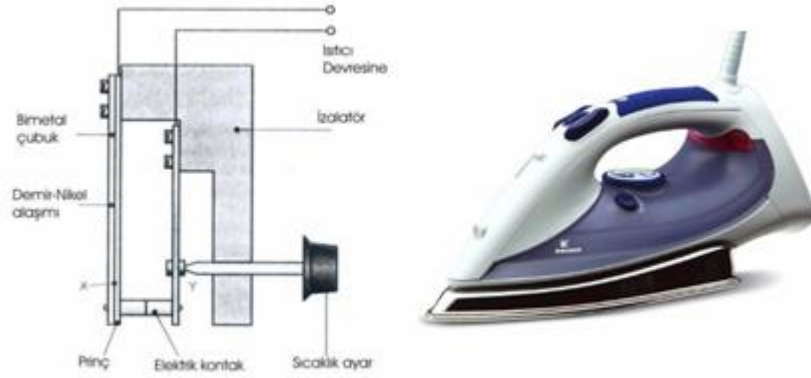


Şekil 0.2: Bimetal malzeme

### 1.2.1. Çift Metalli Termometreler

Genleşmedeki yer değişim, açısal bir yer değişimdir. Bimetal malzemelerin farklı yapılarda tasarlanması ile bu yer değişim doğrusal da olabilir. Bu yer değiştirmeler bir sistem kontrolünü sağlayabileceği gibi ölçüm amaçlı da kullanılabilir. Elektrikli ısıtıcı türlerinin bir çoğunda güvenli bir şekilde kullanılır. Bunlardan bazıları buzdolabı, elektrikli semaver, elektrikli su ısıtıcısı, elektrikli soba, kombi, endüstriyel ortamlarda ise çeşitli fırınların emniyet sistemlerinde boyahanelerinin ısıtma sistemlerinde, kaplama preslerinin ısıtma sistemlerinde, arabaların soğutma suyu sisteminde, klima sistemlerinde, sinyal sisteminde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

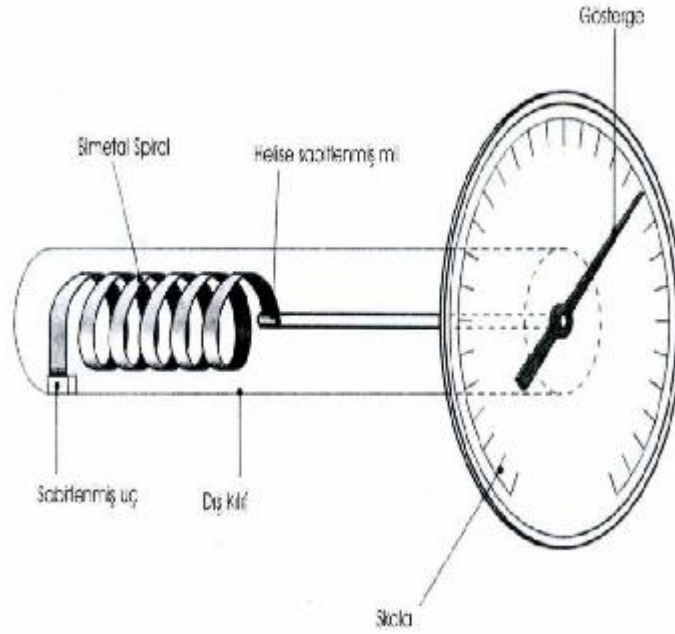
Şekil 1.3'te görüldüğü gibi iki bimetal malzeme, demir-nikel alaşımı ve princi birbirlerine yapıştırılmış ve bir ısıtıcı devresini kontrol etmektedir. Sıcaklık etkisinde princi malzeme daha fazla genişerek demir-nikel alaşımı üzerine doğru açısal bir hareket sağlayacaktır. Bir ucu sabitlendiği için bu sabit uç, açısal hareketin merkezi olacaktır. Bu genişlemenin etkisi ile kontaklar birbirinden ayrılacak ve sistemin elektriği kesilecektir.



Şekil 0.3: Termostat kontrol ve tipik ev ütüsü

### 1.2.2. Helisel çift metalli termometreler

Şekil 1.4'te görüldüğü gibi bimetal malzeme helazon şeklinde hazırlanmış sıcaklığın etkisi ile büzülmede, helazonun uç kısmında bağlı olan bir ibrede bu büzülmenin meydana getirdiği açısal hareketle göstergede bir ölçü değeri okunmaktadır. Göstergedeki bu ibre değişimi ve ibrenin göstermiş olduğu sıcaklık gösterge çizelgesi değeri, bimetal helazonun açısal hareketi ve bu açısal hareketi sağlayan sıcaklık değeri ile doğrudan ilişkilidir. Skala bu sıcaklık değişimine göre kalibre edilmiştir.



Şekil 0.4: Helisel bimetal malzeme ile sıcaklık ölçümü



Şekil 0.5: Helisel termometre örneği

### 1.2.3. Çubuk Termostatlar

Diğer bir tür genleşme kat sayısı, düşük bir çubukla genleşme kat sayısı yüksek bir tüpün birer uçlarının birleştirilmesinden meydana gelir. Tüpteki kısılma çubuğun serbest ucunun hareket edip bir vanayı veya bir elektrik düğmesini kapatmasını sağlar. Değişik bir türse, kolay buharlaşan bir sıvının sıcaklığa bağlı olarak değişik basınç meydana getirmesiyle çalışır. Buzdolaplarındaki termostat bu tiptendir.



Şekil 0.6: Çeşitli çubuk termometre (termostat) resimleri

## UYGULAMA FAALİYETLERİ

Aşağıdaki işlem basamaklarına göre uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>Ø Ayarlı bimetal termometreyi ısı kaynağına monte ediniz.</p> <p>Ø Bimetal termostatı ısı kaynağına seri olarak bağlayınız.</p> <p>Ø Isı kaynağı sıcaklığının artışı izleyiniz.</p> <p>Ø Bimetal termometrenin açma kapama sıcaklıklarını kaydediniz.</p> <p>Ø Sonuç raporu hazırlayınız.</p>	<p>Ø Isı kaynağı olarak ütü ya da su ısıtıcı kullanınız ve gözetim altında açınız.</p> <p>Ø Daha önceden montajlı termostatın benzeri ya da kendisini kullanınız.</p> <p>Ø Daha önceki montaja bakarak yeni termostatı monte ediniz.</p> <p>Ø Montaj sırasında ısı transferinin en yüksek olmasını sağlayan tedbirler alınız.</p> <p>Ø Mekanik montaj bittikten sonra elektrikli montaj için uygun el aletlerini seçiniz.</p> <p>Ø Termostatı devreye seri olarak bağlayınız.</p> <p>Ø Yaptığınız montajda mutlaka yanmaz izoleli kablo kullanınız.</p> <p>Ø Öğretmeninize mutlaka kontrol ettiriniz.</p> <p>Ø Devreye enerji vererek ısıtıcının çalışmasını sağlayınız.</p> <p>Ø Kalibrasyonu uygun bir termometre ediniz.</p> <p>Ø Termometreyi termostatın bağlı olduğu bölgeye temas ettirerek sıcaklık artışı gözlemleyiniz.</p> <p>Ø Bu işlemler sırasında elektrik çarpmasına karşı önlem alınız.</p> <p>Ø Termostatı yaklaşık 1/3 konumuna alınız.</p> <p>Ø Termometrenin gösterdiği değeri her 10 saniyede bir okuyup kaydediniz.</p> <p>Ø Termostatın açma anındaki sıcaklık değerini ve zamanının kaydediniz.</p> <p>Ø Isıtıcıyı soğumaya terk ediniz.</p> <p>Ø Termostatın kapama sıcaklığını kaydediniz.</p> <p>Ø Aradaki farkı histerezis olarak kaydediniz.</p> <p>Ø Bu işlemi termostat 1/2 , 2/3 ve 3/3 konumları için tekrarlayınız.</p> <p>Ø Yaptığınız bu ölçümleri aşağıda verilen çizelge örneğini de kullanarak rapor haline getiriniz.</p>

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları cevaplayarak bu faaliyette kazandığınız bilgileri ölçünüz.

### Ölçme Soruları

1. Isının birimi aşağıdakilerde hangisidir?  
A) Kcal  
B) °C  
C) °F  
D) Lümen
2. Aşağıdakilerden hangisi sıcaklığın birimi değildir?  
A) K  
B) °C  
C) °F  
D) Joule
3. Aşağıdakilerden hangisi mutlak sıcaklık ölçeğidir?  
A) °F  
B) K  
C) Joule  
D) °C
4. Aşağıdakilerden hangisi bimetal termometre çeşidi değildir?  
A) Helisel  
B) Çubuk  
C) Termostat  
D) Cıvalı termometre
5. Termostatın açma sıcaklığı ile kapama sıcaklığı arasındaki farka ne denir?  
A) Histerisiz  
B) Uzama katsayısı  
C) Soğuma zamanı  
D) Doğrusallık
6. 100 °C kaç Kelvin'dir?  
A) 273K  
B) 373K  
C) 373,15K  
D) -373,15K



7.  $100^{\circ}\text{C}$  kaç Rankin'dir?  
A) 672R  
B) 373,15R  
C) -672R  
D) -373,15R
8. 273, 15K kaç  $^{\circ}\text{C}$ 'dir?  
A)  $0^{\circ}\text{C}$   
B)  $120^{\circ}\text{C}$   
C)  $-273,15^{\circ}\text{C}$   
D)  $100^{\circ}\text{C}$
9. 273, 15K kaç  $^{\circ}\text{F}$ 'dir?  
A)  $-32^{\circ}\text{F}$   
B)  $32^{\circ}\text{F}$   
C)  $-373,15^{\circ}\text{F}$   
D)  $505^{\circ}\text{F}$
10.  $68^{\circ}\text{F}$  kaç K'dir?  
A) 0 K  
B) -293 K  
C) 293 K  
D) 20 K

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ- 2

## AMAÇ

Direnç termometresi ile sıcaklık ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Ø Endüstriyel ortamlarda kullanılan sıcaklık sensörlerinin isimlerini bulup sınıfa getiriniz.
- Ø Endüstriyel ortamlarda kullanılan sıcaklık sensörlerinde kullanılan kılıf şekillerini internet ortamında araştırınız.

## 2. DİRENÇ TERMOMETRESİ (RTD) İLE SICAKLIK ÖLÇMEK

Direnç termometreler  $-200^{\circ}\text{C}$ 'den  $+850^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar çok çeşitli süreçlerde yaygın olarak kullanılır. Özellikle düşük sıcaklıklarda termokuplara nazaran çok daha doğru değerler verdikleri için tercih edilir.  $500^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar standart,  $500^{\circ}\text{C}$ - $850^{\circ}\text{C}$  arasında özel tipler kullanılır. Kataloglarda verilen maksimum dayanma sıcaklıkları, zararlı gazların olmadığı hava ortamı içindir. Diğer ortamlarda, ortamın aşındırıcı etkilerine bağlı olarak direnç termometrenin ömrü kısılacaktır. Direnç termometrelerin kullanıldığı yerler; tanklar, borular ve makine gövdeleri, gaz ve sıvı ortamlar (Örneğin hava, buhar, gaz, su, yağ gibi), alçak ve yüksek basınç uygulamaları, yüzey ölçümleridir.

### 2.1. Direnç Termometreleri (RTD)

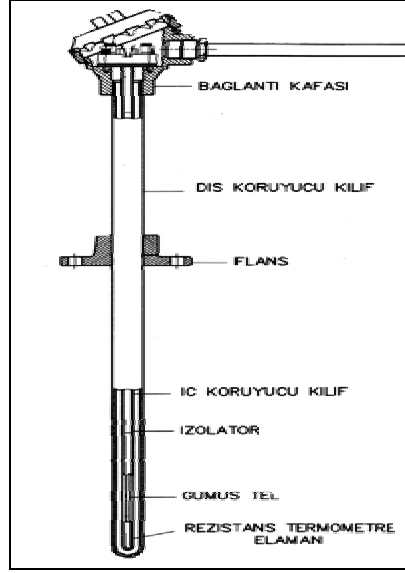
Sıcaklık ölçümlerinde termokupldan sonra bulunmuş ve kullanılmaya başlanmış olan direnç termometreler endüstride, laboratuvarlarda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle hassas ölçüm alınmak istenilen düşük sıcaklıklarda, termokuplar tercih edilir. Direnç termometreleri, iletken bir telin direnç değerinin sıcaklıkla değişmesinden istifade edilerek oluşturulan bir sıcaklık algılayıcısıdır. Sarımlı direnç, sıcaklığı ölçülmek istenilen ortama daldırılır, üzerinden sabit akım geçirilir. Sıcaklığın değişimi ile sarımlı direncin direnç değeri değişir ve üzerinden geçen sabit akımla değişen bir gerilim elde edilir. Direnç termometrelerinde sıcaklık değişim faktörü olarak  $\alpha$  tanımlanır.  $\alpha$  aşağıdaki formülle açıklandığı gibi standart olarak seçilen  $100^{\circ}\text{C}$ 'deki direnç değeri ile  $0^{\circ}\text{C}$ 'deki direnç değeri farkı  $100 R_0$ 'a bölünmesi ile elde edilir.

$$\alpha = \frac{R_{100} - R_0}{100R_0}$$

$R_0 = 0^{\circ}\text{C}$ 'deki direnç değeri       $R_{100} = 100^{\circ}\text{C}$ 'deki direnç değeri

Standartlarda en çok kullanılan Pt-100 ve Ni-100 gibi direnç termometrelerin 0°C'deki direnç değeri standart 100 ohm'dur.

Sıcaklık ile direnç değişimleri incelendiğinde, birçok metal ve alaşım içinde en iyi neticeyi platin ve nikel tel verdiği için bu alanda bu iki telden sarılmış dirençler kullanılır. Özellikle Pt-100 kullanımı çok yaygındır.



Şekil 2.2: Direnç termometresi

0-100°C arasında sıcaklık değişme faktörleri;  
Platin için  $\alpha = 3.85 \cdot 10^{-3} (1/^\circ\text{C})$  Nikel için  $\alpha = 6.17 \cdot 10^{-3} (1/^\circ\text{C})$

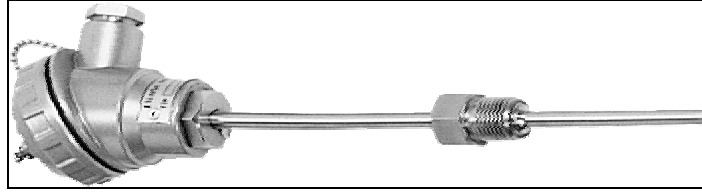
Rezistans termometrelerin sıcaklık-direnç değişim değerleri DIN standardı 43760'a uygundur. Gerek Pt-100, gerekse Ni-100, 0°C'de  $\pm 0.1$  ohm toleransla 100 ohm'luk direnç gösterir. Sıcaklıkla direnç değişimleri arasında aşağıdaki formülle belirtilen ilişki vardır.

$$R_t = R_0 (1 + A t + B t^2)$$

Direnç termometre kabaca iç sarım (inset), dış koruyucu kılıf ve bağlantı parçalarından meydana gelmiştir. Asıl sıcaklığı ölçen direnç termometre elemanı inset içine yerleştirilir. Boru içine metal oksit tozları doldurulur. Eleman ile klemens arasındaki tel, izolator ile yekpare izole edilir. Genel olarak 6 mm veya 8 mm boru içine yerleştirilen RTD elemanı, seramik klemensi ile bir bütün olarak inset diye adlandırılır. Inset ikinci bir koruyucu kılıf içine yerleştirilir. Inset içindeki eleman tek cihaza bağlanacak ise tek elemanlı, çift cihaza bağlanacak ise çift elemanlı kullanılır.

### 2.1.1. Platin RTD (PT100)

Direnç termometre elemanı, platin veya nikel telden sarılan direncin cam, mika veya seramik içine gömülmesi ile oluşur. Ayrıca sert kâğıt üzerine sarılan tipleri de vardır. Platin RTD'ler  $-250^{\circ}\text{C}$ 'den  $850^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar kullanılabilir. Ancak daha sabit sıcaklık verdiği için, değer değişimi doğrusala daha yakın ve kullanımları daha yaygın olduğundan, kolay bulunabildiğinden dolayı, Ni-100 kullanımı uygun olan aralıklarda bile Pt-100'ler seçilir. Çift elemanlı Pt-100'lerde her iki eleman da ayrı toleranslarda ve özelliktedir.



Şekil 2.3: PT100

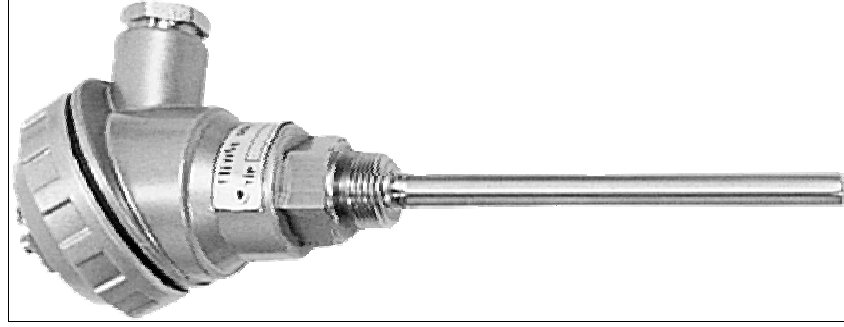
İnset içinde uca yerleştirilen RTD elemanı ile klemensdeki terminaller arasında bakır (Cu), gümüş (Ag) veya nikel krom (NiCr) teller kullanılır. İç bağlantı telleri bakır veya gümüş seçilir ise bu tellerin dirençleri çok düşük olduğundan ihmal edilebilir, yok sayılabilir.  $500^{\circ}\text{C}$ 'nin üzerinde çalışılan uygulamalarda iç bağlantı teli olarak NiCr tel seçilir. Ancak NiCr tel belli bir dirence sahiptir. Bu nedenle bağlantı telinin direnci klemens üzerine ölçülerek yazılır.

C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	$\Omega/^{\circ}\text{C}$
-200	18.44	14.26	10.35	7.06	4.49	2.52	-	-	-	-	-	-
-100	60.20	56.13	52.04	47.93	43.80	39.65	35.48	31.28	27.03	22.71	18.44	0.42
0	100.0	96.07	92.13	88.17	84.21	80.25	76.28	72.29	68.28	64.25	60.20	0.40
$^{\circ}\text{C}$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	$\Omega/^{\circ}\text{C}$
0	100.00	103.90	107.79	111.67	115.54	119.39	123.24	127.07	130.89	134.70	138.50	0.385
100	138.50	142.29	146.06	149.82	153.58	157.32	161.04	164.76	168.47	172.16	175.84	0.373
200	175.84	179.51	183.17	186.82	190.46	194.08	197.69	201.30	204.88	208.46	212.03	0.361
300	212.03	215.58	219.13	222.66	226.18	229.69	233.19	236.67	240.15	243.61	247.06	0.350
400	247.06	250.50	253.93	257.34	260.75	264.14	267.52	270.89	274.25	277.60	280.93	0.338
500	280.93	284.26	287.57	290.87	294.16	297.43	300.70	303.95	307.20	310.43	313.65	0.327
600	313.65	316.86	320.05	323.24	326.41	329.57	332.72	335.86	338.99	342.10	345.21	0.315
700	345.21	348.30	351.38	354.45	357.51	360.55	363.59	366.61	369.62	372.62	375.61	0.304
800	375.61	378.59	381.55	384.50	387.45	390.38	-	-	-	-	-	0.295

Şekil 2.3: PT-100 Sıcaklık direnç karakteristiği DIN 43760

### 2.1.2. Nikel RTD (Ni100)

Nikel telden yapılmış olan RTD'ler  $-60^{\circ}\text{C}$  ile  $+150^{\circ}\text{C}$  arasındaki sıcaklıklarda kullanılır. Kullanım alanları genellikle iklimlendirme cihazlarıdır. PT100'lerden farkı direnç değişim değerleri ve çalışma aralıklarıdır. Fiziki yapıları Pt-100'ler ile aynıdır.



Şekil 2.4: Ni-100

$^{\circ}\text{C}$	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	$\Omega/^{\circ}\text{C1}$
0	100.0	94.6	89.3	84.1	79.1	74.2	69.5	-	-	-	-	0.51
$^{\circ}\text{C}$	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	$\Omega/^{\circ}\text{C1}$
0	100.0	105.6	111.3	117.1	123.0	129.1	135.3	141.7	148.2	154.9	161.7	0.62
100	161.7	168.7	175.9	183.3	190.9	198.7	206.7	214.9	223.1	-	-	0.77

Şekil 2.5: NI-100 sıcaklık direnç karakteristiği DIN 43760

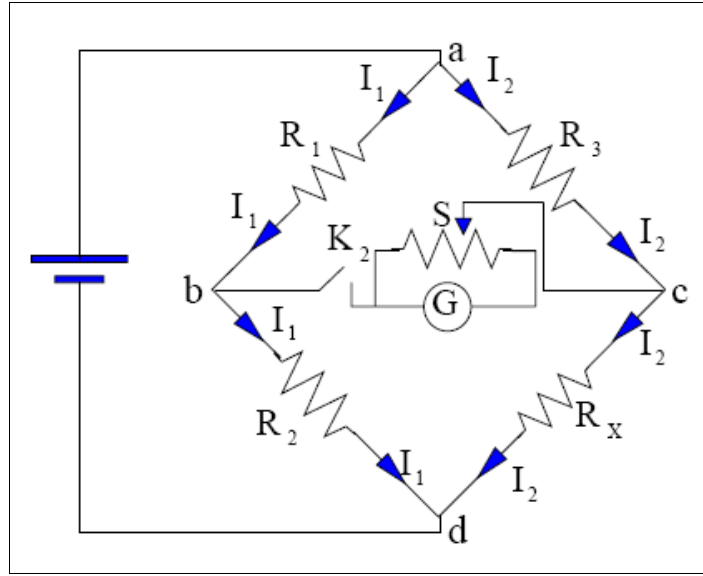
### 2.1.3. Direnç Termometrelerin Bağlantı Yöntemleri

Direnç termometreler rekorla veya flanşla bağlanabilecek şekilde düşünülmüştür. Yüze tipleri kuvvetli bir şekilde yüzeye bastırılır.

Rezistans termometrelerin maksimum daldırılacak boy uzunluğu, kılıf ve RTD elemanı boyunca meydana gelen ısı transferi nedeniyle olabilecek ölçme hataları dikkate alınarak belirlenmelidir. Rezistans termometrenin daldırıldığı ortamdaki akışkanın hızı, ölçme hassasiyetini etkileyen bir faktördür. Genel olarak akış yönüne dik yerleştirilmeye çalışılır. Rezistans termometre kafası ile cihaz arasında bakır iletkenli kablolar kullanılır. 10 mt'ye kadar iki telli, 150 mt'ye kadar üç telli kablo çekimi yapılır. Rezistans termometrenin ortam sıcaklığını doğru algılaması için dış kılıf çapının minimum 6 ila 15 katı ortama daldırılmalıdır.

## 2.2. Weston Köprüsü

Şekil 2.6'da gösterilen Weston köprüsü devresi, bilinmeyen dirençlerin ölçülmesinde kullanılır.  $R_1$ ,  $R_2$  ve  $R_3$  dirençleri daha önceden bilinen ve ayarlanmış olan dirençlerdir.  $R_x$  bilinmeyen dirençtir. Köprü kullanılırken  $K_1$  ve  $K_2$  anahtarları kapatılır ve  $R_3$  direnci, (G) galvanometresi hiç sapma göstermeyinceye kadar ayarlanır. Bu anda  $V_{ab}=V_{ac}$  ve  $V_{bd}=V_{cd}$  olacaktır. Galvanometreden hiç akım geçmediğine göre (geçen akım sıfır),  $R_1$ 'den geçen akım şiddeti,  $R_2$ 'den geçen akım şiddetiyle aynıdır ( $I_1$ ) ve  $R_3$ 'den geçen akım şiddeti de  $R_x$ 'den geçen akım şiddetiyle aynıdır ( $I_2$ ).



Şekil 2.6: Wheatstone köprüsü

$$V_{ab} = V_{ac} \text{ olduğundan} \quad I_1 R_1 = I_2 R_3$$

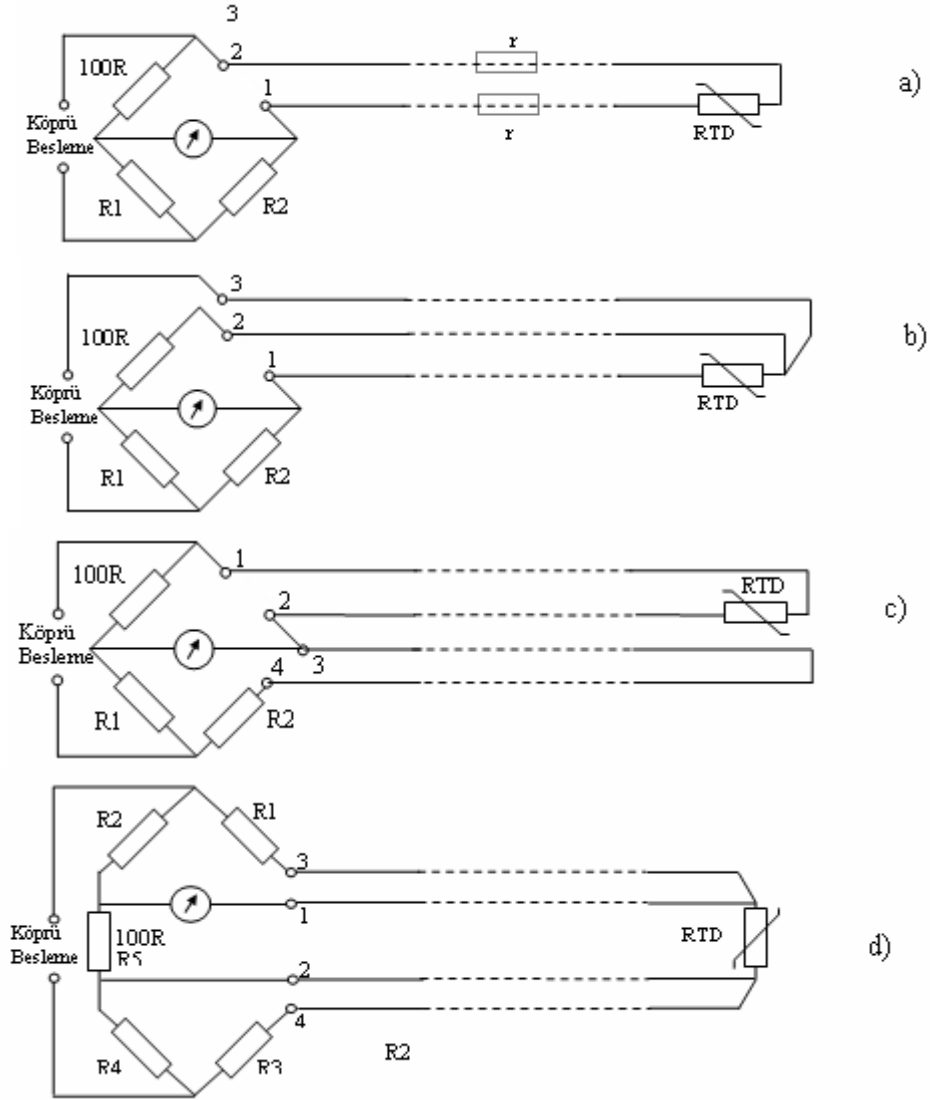
$$V_{bd} = V_{cd} \text{ olduğundan} \quad I_1 R_2 = I_2 R_x \text{ olacaktır. Bu iki bağıntı oranlanırsa}$$

$$R_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot R_3$$

bulunur.

RTD'lerin dirençlerindeki değişim değeri ile sıcaklık tayin edildiği için RTD'ler yukarıda görülen köprü devreleri yardımıyla kullanılır.

## 2.3. Sıcaklık Dengelemesi ve Köprü Dengelemesi



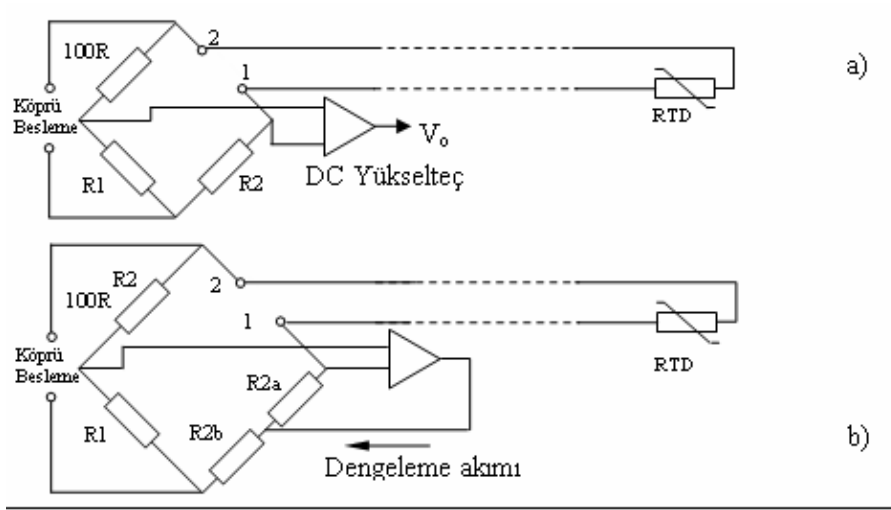
Şekil 2.7: RTD bağlantı yöntemleri

a) 2 uçlu bağlantı ve kablo direnci b) 3 uçlu bağlantı c) 4 uçlu bağlantı d) 4 uçlu bağlantı

RTD'nin üstünden geçen akım nedeniyle  $I^2R$  kadar güç harcanır ve RTD ısınır. Isıtmadan dolayı meydana gelen hataları önlemek için kesinlikle RTD'den geçen akım sınırlı tutulmalıdır. Tipik olarak 10 mW'lık bir güç kaybı 0,3 °C derecelik bir sıcaklık yükselmesine sebep olur.

Endüstriyel uygulamaların birçoğunda, RTD, kendisine ait elektronik ölçme aletlerinden uzakta konumlandırılır. Bağlantı kablo uçlarının uzunluğunun birkaç metreden daha uzun olması halinde, uç kablolarının her birinde şekil 2.7.a'da görüldüğü gibi bilinmeyen bir  $r$  direnci meydana gelir. Bu bilinmeyen direncin bizzat kendisi sıcaklık ve deformasyon etkileri ile değişmeye maruz olup ayrıca muhtemel bir hata kaynağını da oluşturur. Bu durum 2.7.b,c,d'de görüldüğü gibi RTD için üç telli veya dört telli bir bağlantı kullanılması yoluyla düzeltilir. Uç kablolarından her biri aynı şartlara tabi olacağı için, RTD uç kablolarında meydana gelen değişiklikler yalancı uç kablolarında meydana gelecek değişikliklere eşit olacaktır. Köprü çıkışı, uç kablolarına değil, yalnızca RTD sıcaklığındaki değişikliklere bağlıdır. Birçok uygulamada 2.7.b'de görülen üç telli bağlantılar kullanılır. Bu bağlantı şekli az bir maliyet tasarrufu ile yeterli dengelemeyi sağlar.

## 2.4. Köprü Bağlantıları ve Yükselteçleri



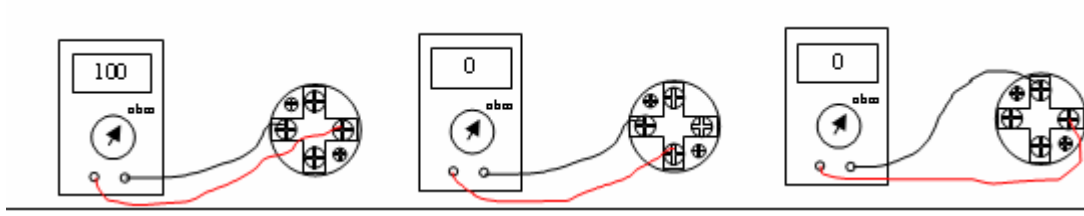
Şekil 2.8: Köprü bağlantıları

Şekil 2.8'de görüldüğü gibi RTD'ler köprü bağlantıları ile direnç değişimleri gerilim değişimlerine dönüştürülerek kullanılır. Bu türden bağlantıdaki temel amaç doğrusallıktan sapmayı düzeltmektir. Günümüzde RTD transmitterleri genellikle mikrodenetleyici ile yapılmaktadır. Köprü devresinden elde edilen gerilim mikrodenetleyici ile işlenir ve standart sinyallere dönüştürülür.

### 2.4.1. Direnç Termometresinin Sağlamlık Kontrolü

Yukarıda anlatılanlar ışığında RTD'nin sağlamlığının kontrolünü yapmak gerekir. AVO metre kullanarak bu işlem gerçekleştirilir. Bunun için AVO metrenin direnç ölçme kısmına alınması gerekir. Unutulmamalıdır ki, en az iki uç arası 100 ohm'luk bir değer okunmalıdır. Bu değer okunmuyorsa veya herhangi iki uç arasında 1000 ohm'dan büyük değer okunuyorsa o RTD bozuktur. Kısa devre gösteren uçlar ortak uçlar kabul edilir. Ölçüm sonucu okunan değer 100 ohm ise PT-100, 50ohm ise PT-50, 500ohm ise PT-500 ve 1000 ohm ise PT 1000 olarak tespit edilir.





Şekil 2.9: RTD'nin sağlamlık kontrolü (4uçlu)

## UYGULAMA FAALİYETLERİ

Aşağıdaki işlem basamaklarına göre uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>Ø Direnç termometresinin (RTD) sağlamlığını kontrol ediniz.</p> <p>Ø Sıcaklık transmitterine bağlayınız.</p> <p>Ø Sıcaklık değişimine göre transmitter çıkış değerini kaydediniz.</p> <p>Ø Sonuç raporu hazırlayınız.</p>	<p>Ø Isı kaynağı olarak su ısıtıcısı kullanınız.</p> <p>Ø Yukarıda anlatılanlara göre AVO metre kullanarak elinizde mevcut olan RTD'nin sağlamlığını kontrol ediniz.</p> <p>Ø RTD'nin kaç uçlu olduğunu tespit ediniz. Bunu yaparken ister AVO metre kullanınız, isterseniz kataloglardan faydalanınız.</p> <p>Ø Elde mevcut RTD transmitterine, doğru şekilde bağlayınız. Bağlantınızı mutlaka öğretmeninize kontrol ettiriniz.</p> <p>Ø Transmittere enerji veriniz.</p> <p>Ø RTD'yi su ısıtıcısının içine sokunuz. Yanma tehlikesini göz önünde bulundurarak önlem alınız.</p> <p>Ø Kalibrasyonu uygun bir termometre ediniz ve suyun içine daldırınız.</p> <p>Ø Devreye enerji vererek ısıtıcının çalışmasını sağlayınız.</p> <p>Ø Sıcaklık artışını gözlemleyiniz.</p> <p>Ø Bu işlemler sırasında elektrik çarpmasına karşın önlem alınız.</p> <p>Ø Termometrenin gösterdiği değere karşılık transmitter çıkışının değerini gözleyip kaydediniz.</p> <p>Ø Sıcaklığın su kaynaya dek olan kısmını her 5 derece için kayıt altına alınız.</p> <p>Ø Isıtıcıyı soğumaya terk ediniz.</p> <p>Ø Yaptığınız bu ölçümleri aşağıda verilen çizelge örneğini de kullanarak rapor haline getiriniz.</p>

Sıcaklık ıkış büyüklüğü lme izelgesi

Sıcaklık	ıkış	Sıcaklık	ıkış	Sıcaklık	ıkış	Sıcaklık	ıkış
5 �C		10 �C		15 �C		20 �C	
25 �C		30 �C		35 �C		40 �C	
45 �C		50 �C		55 �C		60 �C	
65 �C		70 �C		75 �C		80 �C	
85 �C		90 �C		95 �C		100 �C	

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları cevaplayarak bu faaliyette kazandığınız bilgileri ölçünüz.

### Ölçme Soruları

1. Isının metaller üzerindeki fiziksel etkisi aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Genleşme  
B) Kırılma  
C) Kesilme  
D) Bozulma
2. Aşağıdakilerden hangisi ısıyı en iyi iletir ?  
A) Tahta  
B) Plastik  
C) Metal  
D) Tuğla
3. Sıcaklık değişimine bağlı direnç değişimi gösteren ve derece başı 0,385 ohm değişen sensör nedir ?  
A) NI-100  
B) PT-100  
C) PT-5000  
D) Termostat
4. Aşağıdakilerden hangisi RTD çeşidi değildir?  
A) PT-100  
B) NI-100  
C) Termostat  
D) PT-1000
5. RTD'lerde 150metre uzaklıktan sonra kaç uçlu bağlantı kullanılır?  
A) 2 uçlu  
B) 3 uçlu  
C) 4 uçlu  
D) 5 uçlu
6. RTD'lerin direnç değişimi ne tür bir devre ile algılanır?  
A) Wheatstone köprüsü  
B) Seri devre  
C) Paralel devre  
D) Yıldız devre

7. RTD'ler ısı kaynağına nasıl bağlanır ?
  - A) Direk
  - B) Kılıflı
  - C) Uzaktan
  - D) flanşlı+kılıflı
8. PT-100 sağlam ise AVO metre hangi değeri göstermez?
  - A) 0 (kısa devre)
  - B) 100 ohm
  - C) 120 ohm
  - D) 2000 ohm
9. Ortam sıcaklığı 22 °C PT-100'ün direnci kaç ohm olur?
  - A) 108,47 ohm
  - B) Sonsuz
  - C) 120 ohm
  - D) 15,5 ohm
10. PT-100 direnci 107,7ohm ise o anki sıcaklık kaç °C'dir?
  - A) 0 °C
  - B) -100 °C
  - C) 20 °C
  - D) -20 °C

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ- 3

## AMAÇ

Yarı iletken elemanlar ile sıcaklık ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

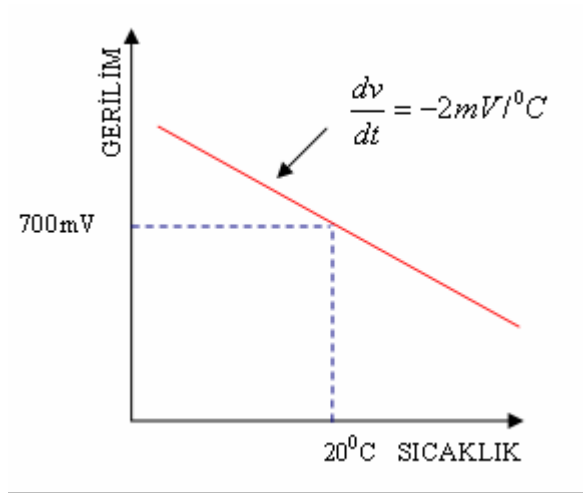
Yarı iletken sıcaklık sensörlerinin kullanım alanlarını araştırınız.

## 3. YARI İLETKEN VE ENTEGRE SICAKLIK SENSÖRLERİ

### 3.1. Silisyum Diyot

Günümüzde yarı iletken sıcaklık sensörlerinin kullanımı oldukça artmıştır. Bu sensörler genellikle entegre yapılar şeklindedir. Bunu anlamak için temel yapı silisyum diyottur.

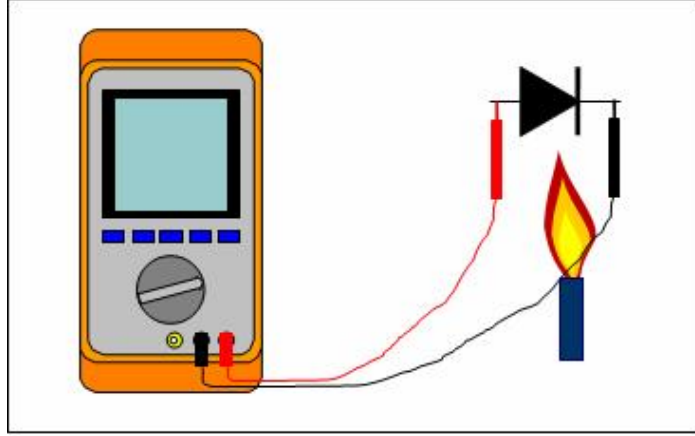
Silisyum diyodu ileri yönde iletme geçirmek için 20°C'de 700mV'luk bir eşik gerilimine ihtiyaç vardır. Bu gerilim valans elektronların iletim bandına geçmesini sağlamaktadır. Isı, enerji olarak valans elektronların iletim bandına geçmesine yardımcı olur. Böylece eşik gerilimi azalır iletim akımı artar. Silisyum diyotlar için genel olarak °C başına -2mV'luk bir değişim söz konusudur. Silisyum diyotlar -50°C ile +150°C arasında sıcaklık ölçümünde kullanılabilir. Endüstriyel amaçlı pek kullanılmaz. Çünkü bozulmaya karşı emniyetli değildir. Belirtilen sıcaklık aralığının dışında sıcaklığa maruz kalırsa bozulur.



Şekil 3.4: Silisyum diyodun ileri yön karakteristik eğrisi

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi sadece avometre kullanarak silisyum diyodun eşik geriliminin sıcaklık ile değiştiği izlenebilir. Ölçü aletinin probaları ileri yönde diyoda tutulur ve diyot ısıtılırsa eşik geriliminin değiştiğini görmek mümkündür.

Siz de bu deneyi yapıp not edebilirsiniz. Hatta en ucuz bir termometre yapabilirsiniz. Bunun için size lazım olan bir adet ICL7107 entegresi ile yapılmış voltmetre ve 1N4001 diyottur. Bu ikiliyi kullanarak güzel bir termometreye sahip olabilirsiniz.

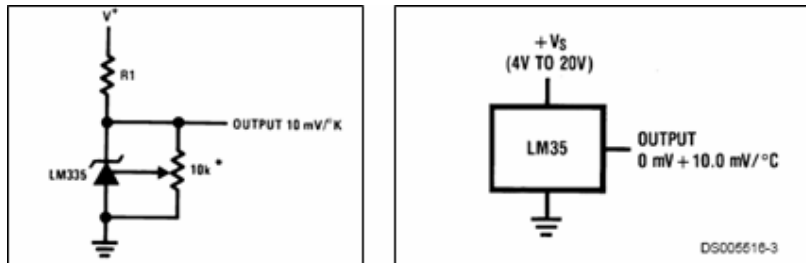


Şekil 3.5: Silisyum diyodun sıcaklık ile eşik geriliminin değişimini izlemek

### 3.2. Sıcaklık Duyarlı Entegreler

Eğer çok geniş bir aralıktaki sıcaklığı ölçmek istiyorsanız ve termometreniz ile geniş ölçekli veya hızlı tepki almanız gerekiyorsa yarı iletken üreticileri imdadınıza yetişir. Basit bir kural olan zener diyodunun kırılma voltajının mutlak sıcaklığa oldukça geniş bir aralıkta orantılı olması gereğine dayanarak pek çok sayıda entegre devre üretilmiştir.

Bu elemanlar 2 veya 3 bacaklıdır. Devrede zener diyot gibi kullanılabilir. Cihaza bir sabit akım verildiğinde voltaj düşümü kelvin başına 10mV civarında olur. LM335 ile hassas bir sıcaklık algılayıcı devresi Şekil 3.3’te gösterilmiştir. Şekil 3,3’te gösterilen kullanım devresi 25<sup>0</sup>C (298 0K)de 2.98V verir. 10K $\Omega$ ’luk potansiyometre bu bağlantı arasındaki farkı dengelemek için kullanılır. Çıkış voltajı göreceli olarak cihazdan geçen akımdan bağımsızdır. Bu akım 0,4 ile 5mA arasındadır. —55 ile +150<sup>0</sup>C’ye kadar tipik hata 1,3<sup>0</sup>C’dir.



Şekil 3.6: LM 35 ve LM335 serisi sıcaklık algılayıcıları





## UYGULAMA FAALİYETLERİ

Aşağıdaki işlem basamaklarına göre uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>Ø LM35 sıcaklık sensörünü şemaya uygun olarak devreye bağlayınız.</p> <p>Ø Sıcaklık kalibrasyonu yapınız.</p> <p>Ø Sıcaklığa bağlı gerilim değerlerini okuyunuz.</p> <p>Ø Sonuç raporu hazırlayınız.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Isı kaynağı olarak havya kullanınız.</li><li>Ø Yukarıda verilen şekil 3.5'teki devreyi uygun ortama kurunuz. Bunu yaparken protobord kullanabilirsiniz.</li><li>Ø Devreye AVO metreyi mV kademesinde bağlayınız.</li><li>Ø Devreyi öğretmeninize kontrol ettiriniz.</li><li>Ø Devreye 12V gerilim uygulayınız.</li><li>Ø Kalibrasyonu uygun bir termometre ediniz. LM35 ile aynı noktalara temas edecek şekilde tespit ediniz.</li><li>Ø Devreye enerji vererek havyanın çalışmasını sağlayınız.</li><li>Ø Sıcaklık artışını gözlemleyiniz.</li><li>Ø Bu işlemler sırasında elektrik çarpmasına karşı önlem alınız.</li><li>Ø Termometrenin gösterdiği değere karşılık LM35 çıkışının değerini gözleyip kaydediniz.</li><li>Ø Sıcaklığın 1000C'ye kadar olan kısmını her 5 derece için kayıt altına alınız.</li><li>Ø Isıtıcıyı soğumaya terk ediniz.</li><li>Ø Yaptığımız bu ölçümleri aşağıda verilen çizelge örneğini de kullanarak rapor haline getiriniz.</li></ul>

Sıcaklık çıkış büyüklüğü ölçme çizelgesi

Sıcaklık	Çıkış	Sıcaklık	Çıkış	Sıcaklık	Çıkış	Sıcaklık	Çıkış
5 °C		10 °C		15 °C		20 °C	
25 °C		30 °C		35 °C		40 °C	
45 °C		50 °C		55 °C		60 °C	
65 °C		70 °C		75 °C		80 °C	
85 °C		90 °C		95 °C		100 °C	

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları cevaplayarak bu faaliyette kazandığınız bilgileri ölçünüz.

### Ölçme Soruları

1. Isının yarı iletkenler üzerindeki etkisi aşağıdakilerde hangisidir?  
A) Genleşme  
B) İletim bandına geçme  
C) Yalıtıma geçirme  
D) Bozulma
2. Silisyum diyotun eşik gerilimi nedir ?  
A) 0,7V  
B) -0,7V  
C) 0,3V  
D) 0V
3. Yarı iletken sıcaklık sensörlerinin çalışma aralığı yaklaşık nedir?  
A) 20<sup>0</sup>C~500<sup>0</sup>C  
B) -20<sup>0</sup>C~500<sup>0</sup>C  
C) -50<sup>0</sup>C~150<sup>0</sup>C  
D) 50<sup>0</sup>C~150<sup>0</sup>C
4. LM35 entegresi aşağıdaki ölçmelerin hangisinde kullanılmaz?  
A) Klima  
B) Ev ısıtma  
C) Demir eritme  
D) Çaydanlık
5. LM35 entegresine uygulanacak maksimum gerilim nedir?  
A) 40V  
B) 50V  
C) 10V  
D) 24V
6. LM35 entegresine uygulanacak en düşük gerilim nedir?  
A) 1V                      B) 2V                      C) 3V                      D) 4V
7. LM35 entegresinin çıkışı <sup>0</sup>C başına kaç mili volt olur?  
A) 5mV  
B) 10mV  
C) 15mV  
D) 20mV

8. Silisyum diyotun  $40^{\circ}\text{C}$ 'deki eşik gerilimi nedir?  
A) 620mV  
B) 680mV  
C) 700mV  
D) 720mV
9. Silisyum diyotun  $0^{\circ}\text{C}$ 'deki eşik gerilimi nedir?  
A) 620mv  
B) 680mv  
C) 700mv  
D) 720mv
10. Silisyum diyodun eşik gerilimi 670mV olarak ölçülüyor ortam sıcaklığı kaç derecedir?  
A)  $0^{\circ}\text{C}$   
B)  $5^{\circ}\text{C}$   
C)  $35^{\circ}\text{C}$   
D)  $-5^{\circ}\text{C}$

### DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ- 4

## AMAÇ

Termokupl elemanlar ile sıcaklık ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

Termokupl malzemenin kullanım alanlarını ve hangi firmalar tarafından satıldığını internet ortamında araştırınız.

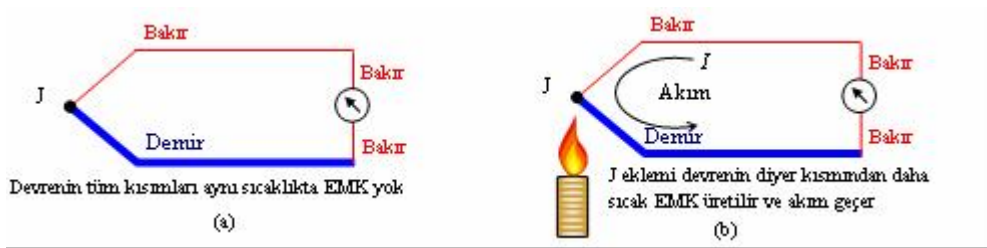
## 4. TERMOKUPL ELAMANLARLA SICAKLIK ÖLÇMEK

Sıcaklık ölçümleri giderek artan oranda önemli bir konu haline gelmiştir. Sıcaklık tamamen fizik ile ilgili temel bir konudur. Çok çeşitli fiziksel özellikleri etkileyen bir parametre olması nedeniyle ölçülmesi gereken önemli bir değişkendir. Sıcaklık ölçümü için çok çeşitli yöntemler vardır. Bunlar içinde elektronik dünyanın en çok kullandığı sensörlerden birisi termokupldur. Termokupller kullanılarak  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den  $2320\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye kadar ölçüm yapılabilir.

### 4.1. Termokupl

#### 4.1.1. Termoelektrik Etkiler

Bir elektrik devresi tamamen metal iletkenlerden meydana gelmişse ve devrenin tüm kısımları aynı sıcaklıkta ve devrede elektromotor kuvvet (gerilim) yoksa bu durumda devreden hiçbir akım akmaz. Bununla beraber devre birden fazla metalden meydana gelmiş ve bu iki telin eklemleri farklı sıcaklıklarda ise devrede gerilim oluşur ve akım akar. Şekil 4.1, bu etkiyi göstermektedir. Üretilen EMK'ye termoelektrik EMK denir ve ısıtılan eklemden bir termokupldur.

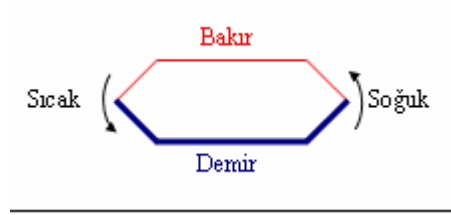


Şekil 4.10: Termokupl prensibi

#### 4.1.1.1. Seebeck Etkisi

1821’de Seebeck, kapalı bir devre iki aynı metalden oluştuğunda ve metallerin farklı sıcaklıklarda iken devreden elektrik akımının aktığını keşfetmiştir.

Tel uçlarının şekil 4.2’deki gibi bükülerek veya lehimlenerek meydana getirildiğini kabul edelim; bu tellerin birisi bakır, diğeri demir olsun. Bir ucu, oda sıcaklığında tutulurken diğeri daha yüksek bir sıcaklıkta ısıtılırsa sıcak uçta bakırdan demire, soğuk uçta ise demirden bakıra bir akım üretilir.

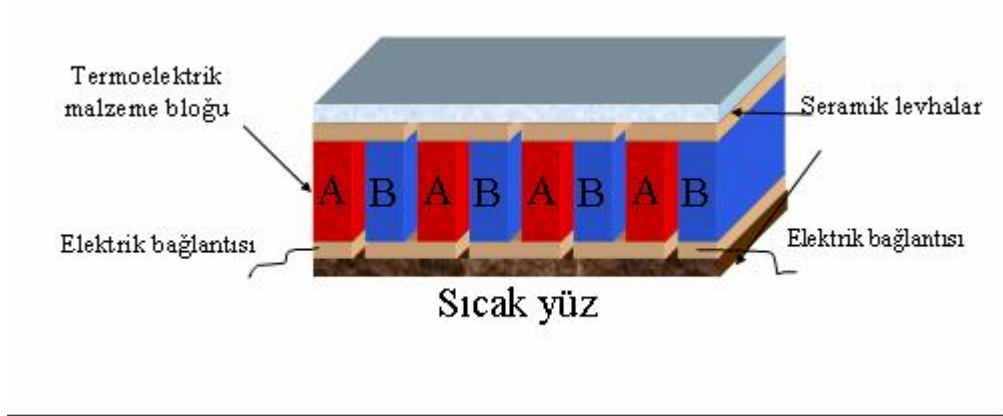


Şekil 4.11: Basit termokupl

Seebeck, termoelektrik özelliklerine göre 35 seri metal düzenledi. İki metali kullanarak bir devre kurulursa akım sıcak uçta serideki önceki telden sonraki tele doğru akar. Serisindeki listenin bir kısmı şu şekildedir: Bi-Ni-Co-Pd-Pt-U-Cu-Mn-Ti-Hg-Pb-Sn-Cr-Mo-Rh-Ir-Au-Zn-W-Cd-Fe-As-Sb-Te.

#### 4.1.1.2. Peltier Etkisi

1834’de Peltier, iki metalin “i” boyunca bir akım geçirildiğinde eğer akımın yönü değişirse ısının tersindiğini keşfetmiştir. Akım demir-bakır “i” boyunca, bakırdan demire akarken ısı yutulur, demirden bakıra doğru akarken ısı açığa çıkarılır. Bu ısıtma tesiri  $I^2 \cdot R$  ile orantılı olan joule ısıtma etkisi ile karıştırılmamalıdır. Joule ısıtma etkisi akımının boyutuna ve iletkenin direncine bağlıdır ve akımın yönü değiştiğinde soğutma tesiri değişmez. Açığa çıkan veya yutulan ısının miktarı geçen elektrik miktarı ile orantılıdır ve birim zamanda birim akım geçerken yutulan veya açığa çıkan miktara Peltier kat sayısı denir.



**Şekil 4.12: Peltier soğutucusu**

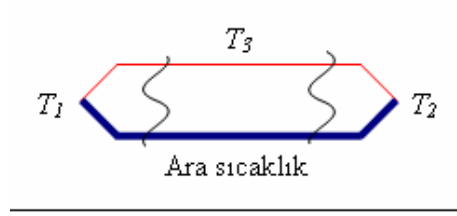
Hassas kontrol altında soğutulan küçük bir bileşen istendiğinde, ölçümde Peltier soğuması kullanılır. Şekil 4.3'te böyle bir soğutucunun yapısı şematik olarak gösterilmektedir. Peltier soğutucularındaki iletkenler, metal veya yarı iletken olabilir; yarı iletken olanlara frigistorler denir. Günümüzde birçok uygulamada sıkça kullanılırlar. Bunların başında buzdolapları ve soğutuculardır.

#### 4.1.1.3. Thomson etkisi

Tersinir ısı makinesi esasları üzerindeki muhakemesi üzerine Profesör William Thomson (sonraları Lord Kelvin) tersinir Peltier tesir kaynağının yalnızca EMK'nin olduğunu bulmuştur. Daha ayrıntılı açıklamak için: eğer bir  $T_1$  sıcaklığında tutulur ve diğerinin sıcaklığı  $T_2$  değerine yükseltirse meydana gelen EMK'nin  $T_2-T_1$  ile orantılı olması gerekir. Bunun doğru olmadığı kolaylıkla gösterilebilir. Eğer biraz önce açıklanan termokuplda bakır-demir kullanılır ve bu termoeleman çiftin biri (ucu) ısıtılırken diğer ucu oda sıcaklığında tutulursa, devredeki EMK ilk başta artacak, sonra yok olacak ve sıfırdan geçerek gerçekten tersinir hale gelecektir. Thomson bu sebeple Peltier etkilerine ilave olarak, eşit olmaksızın ısıtılan iletken boyunca bir akım aktığında birleşimlerde tersinir termal etkilerin üretildiği sonucuna varmıştır. 1856'da laboratuvarında yapılan bir seri deneyle, sıcaklığı noktadan noktaya değişen bakır bir tel boyunca elektrik akımı aktığında, ısı akım yönünde ise, P noktasında ısı açığa çıktığı bulunmuştur. Bu olay, akım sıcak yerden soğuk yere aktığında meydana gelir. Akım ters yönde ise ısı yutulur. Diğer taraftan demirde P noktasında elektrik akımı ısı akışı yönünde aktığında ısı yutulur, aksine elektrik akımı ısı akışının ters yönünde aktığında ısı açığa çıkar.

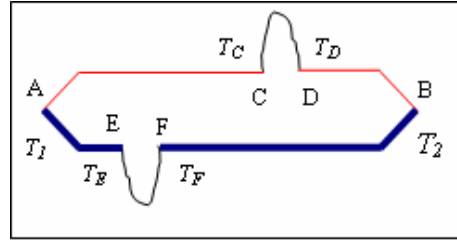
#### 4.1.1.4. Termokupl Kanunları

Eklemlerde bulunan gerilim, telin kalınlık ve uzunluğundan bağımsız olup yalnızca metallere ve sıcaklık tarafından belirlenir. Bu sebeple devreye bir voltmetre ilave edilmesi hatalara sebep olur, zira bu şekilde yeni farklı metal eklemleri meydana gelecektir. Devreye ölçü aletlerinin sokulmasının etkileri, anlatılan beş termokupl kanunu ile açıklanır.



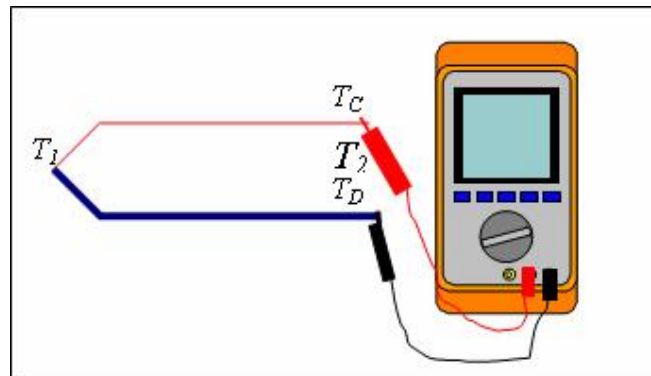
Şekil 4.13: 1. Termokupl kanunu

1. Kanun, termoelektrik etkinin yalnızca eklemlerin sıcaklığına bağlı olduğunu ve tel boyunca mevcut olan ara sıcaklıklar tarafından etkilenmediğini belirtir. Şekil 4.4'te görüldüğü üzere, termokupl telleri sıcaklığı  $T_3$  olan bir alandan geçmektedir. Ancak böyle bir devredeki termokupl etkisi hala yine  $T_1$  ve  $T_2$ 'ye bağlı bulunmaktadır. Bu durum, bağlantı kablosu uçlarının sıcaklığının bilinmediği pratik durumlar için son derece önemlidir.



Şekil 4.14: 2. Termokupl kanunu

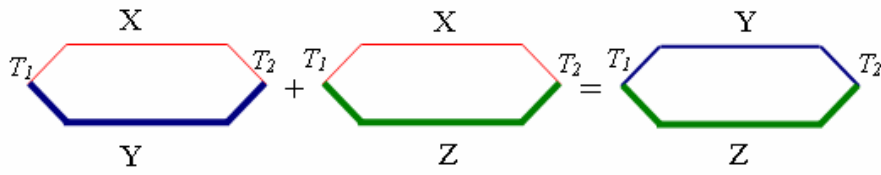
2. Kanun, metallere her birisinin eklemlerinin aynı sıcaklıkta olmaları kaydıyla, gerilimi etkilemeksizin devreye ilave metaller sokulmasına imkân verir. Şekil 4.5'te eklemleri CD ve EF olarak gösterilen yeni metaller devreye ilave edilmiştir.  $T_c=T_d$  ve  $T_e=T_f$  olması kaydıyla, bunlar devreyi etkilemez. Her eklemden bir temas gerilimi mevcut olmakla birlikte, bunlar şayet eklemlerdeki sıcaklıklar eşitse, birbirlerine eşit ve zıt olacak ve böylece birbirlerini iptal edecektir. Termokupl kabloları konnektörler, terminal şeritleri ve diğer benzeri tertibatlardan hatasız olarak geçirilebilir, ancak bunun için tertibat boyunca sıcaklık farklılıkları bulunmamalıdır.



Şekil 4.15: 3. Termokupl kanunu

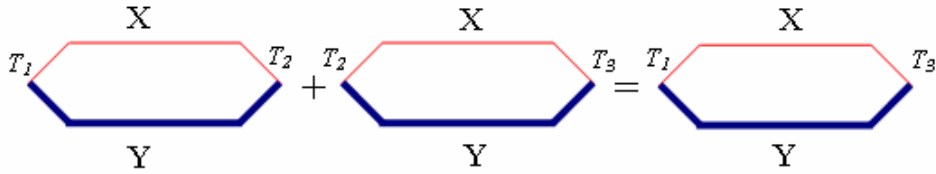


3. kanun 2. kanunun bir uzantısı olup Şekil 4.6'da görüldüğü gibi, üçüncü metalin her iki kavşağının ( $T_c$  ve  $T_d$ ) aynı sıcaklık derecesine sahip olması kaydıyla, eklemlerin herhangi birine bir etki yapmaksızın üçüncü bir metalin ilave edilebileceğini belirtir. Pirinç kaynaklı, kaynaklı veya lehimli olarak kullanılması suretiyle, mekanik olarak sağlam eklemlerin yapılmasına imkân verdiğiinden, üçüncü telin mili voltmetre görevini gördüğü en yaygın ölçme tekniğini de göstermektedir.



Şekil 4.16: 4. Termokupl kanunu (ara metaller kanunu)

Şekil 4.7'de de görüldüğü üzere, 4. kanun ara metaller kanunu olarak adlandırılır ve örneğin konstantan/bakır ve demir/konstantan için verilen çizelgelere göre demirli/bakırlı termokupl geriliminin saptanmasında kullanılabilir.

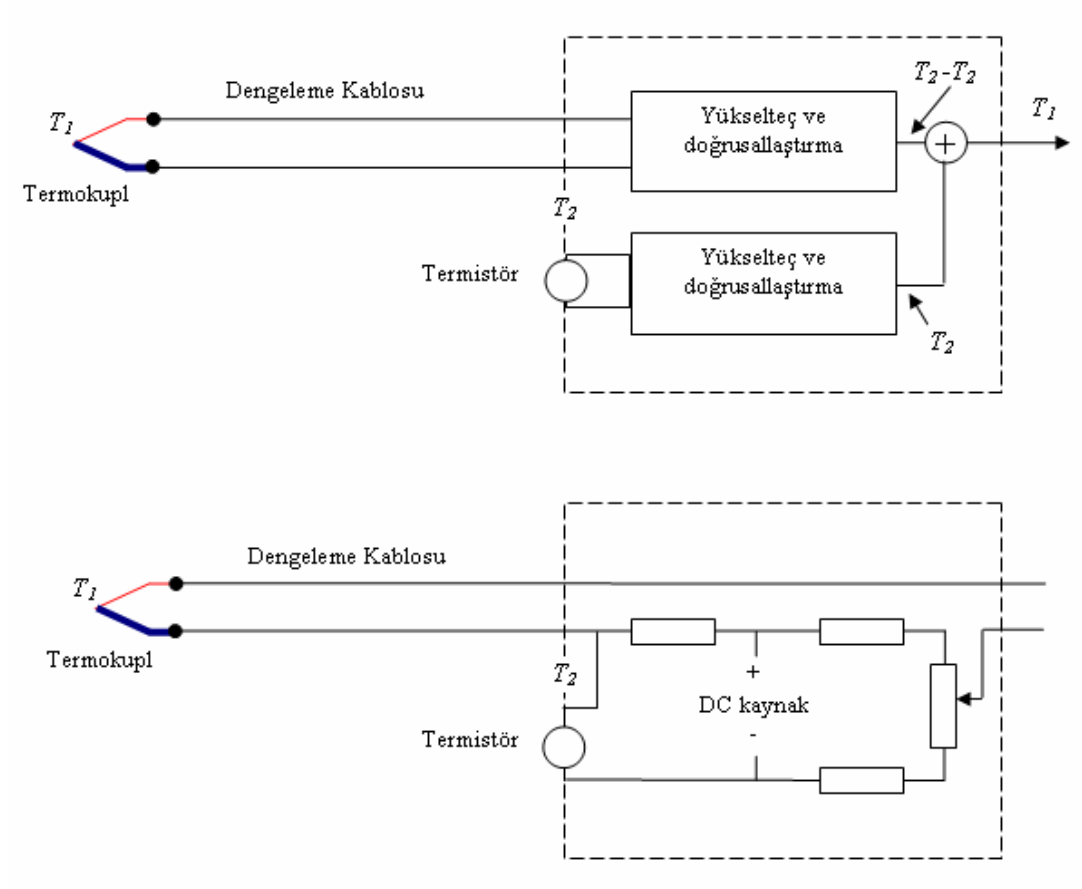


Şekil 4.17: 5. Termokupl kanunu (ara sıcaklık kanunu)

5. kanun ise, ara sıcaklık kanunu adı ile anılmaktadır. Biri  $T_1$  ve  $T_2$  sıcaklıklarında eklemleri olan ve diğeri  $T_2$  ve  $T_3$  sıcaklıklarında eklemleri olan iki termokuplun gerilimlerinin toplamı eklem sıcaklıkları  $T_1$  ve  $T_3$  termokupla eşittir.

#### 4.1.1.5. Soğuk Eklem Denkleştirme

Uzatma kablosu/ölçü aleti (Soğuk eklem olarak adlandırılır.) eklemine sabit bir sıcaklıkta tutulmasına ihtiyaç vardır. Bunun için kullanılacak muhtemel bir yaklaşım yolu (Buz hücresi olarak adlandırılır) kavşağı  $0^{\circ}\text{C}$  derecede tutmak için buz/su karışımını kullanır. Bu işlem  $0^{\circ}\text{C}$  referanslı çizelgelerin direkt olarak kullanılmasını sağlar. Ancak, buz hücresinin endüstride kullanılması uygun değildir.



Şekil 4.18: Soğuk eklem denkleştirme

Şekil 4.9'da gösterilen ve soğuk eklem denkleştirme adı verilen daha uygun bir çözüm şekli ise, sensörü soğuk kavşağın sıcaklığının ölçülerek termokuplun işaretli (görülen) sıcaklığını düzeltmektir. Bu işlem, ölçü aletine bir düzeltme sıcaklığı ilavesi ile veya termokupl sinyalini direkt olarak değiştirmek suretiyle gerçekleştirilebilir. Termokupl sinyallerinin uzun mesafelere taşınmasının söz konusu olduğu durumlarda kombine bir soğuk eklem dengeleyici/yükseltici kullanılabilir.

#### 4.1.2. Termokupl Çeşitleri

-200°C'den 2320°C'ye kadar çeşitli sıcaklık aralıklarında en çok kullanılan DIN 43710 ve IEC 584 standart termokupl eleman teli çeşitleri şöyledir:

1) Cu-Const (CuNi)	Bakır-Konstantan
2) Fe-Const (CuNi)	Demir-Konstantan
3) Cr-Al	Kromel-Alümel
4) NiCr-Ni	Nikelkrom-Nikel
5) Nikrosil-Nisil	Nikelkrom Silikon-Nikelsilikon magnezyum
6) Pt% 10Rh-Pt	Platin Rodyum-Platin (%10)
7) Pt% 13Rh-Pt	Platin Rodyum-Platin (%13)
8) Pt% 18Rh-Pt	Platin Rodyum-Platin (%18)
9) Tn-Tn%26Re	Tungsten-Tungsten %26 Renyum

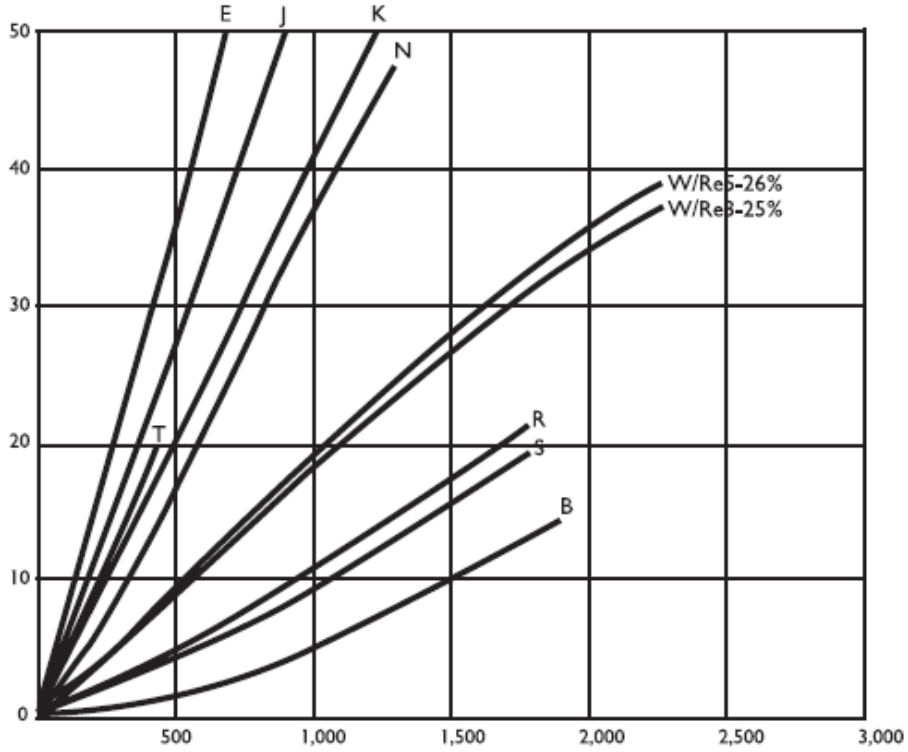
Şekil 4.10: Termokupl yapımında kullanılan metaller

Bu termokupların sıcaklık limitlerini ve standart kodlarını sıralayacak olursak,

	DIN 43710	DIN 43710 IEC 584	
1) Cu-Const	U	T	-200 ~ 300 °C
2) Fe-Const	L	J	-200 ~ 800 °C
3) Cr-Al		K	-200 ~ 1200 °C
4) NiCr-Ni		K	-200 ~ 1200 °C
5) Cr-Const		E	-200 ~ 1200 °C
6) Nikrosil-Nisil		N	0 ~ 1200 °C
7) Pt% 10Rh-Pt		S	0 ~ 1500 °C
8) Pt% 13Rh-Pt		R	0 ~ 1600 °C
9) Pt% 18Rh-Pt		B	0 ~ 1800 °C
10) Tn-Tn%26Re		W	0 ~ 2000 °C

Şekil 4.11: Termokupl çeşitleri standart isimleri

Bu eleman tellerinin sıcaklık-mV eğrilerini inceleyecek olursak doğrusal olmadıklarını görürüz. Termokupl sıcaklık-mV eğrileri incelendiğinde her birinin sıcaklık ölçümü açısından diğerine nazaran daha uygun olduğu bölgeler vardır. Örneğin 0-800°C sıcaklık ölçümü yapabilen Fe-Const ile 0-1200°C'ye kadar ölçüm yapabilen NiCr-Ni eleman tellerinin mV eğrisi karşılaştırıldığında 300-600°C arasında Fe-Const, NiCr-Ni'e nazaran daha doğrusaldır. Bu nedenle bu aralıkta Fe-Const ile çalışma tercih edilir. Yine aynı yaklaşımla PtRh-Pt termokuplar için 800-1600°C arası uygun bir çalışma bölgesidir. 800°C'nin altında doğrusallık çok bozuktur.



Şekil 4.19: Soğuk denklem denkleştirme

Termokupl eleman tellerinde ilk yazılan bacak (+) referanslıdır. Yani diğer bacağa nazaran (+) yüküdür. Diğer bacak (-) değerdedir. Bu yüzden termokupl cihaza (+) ve (-) uçları dikkate alınarak bağlanmalıdır. Dünya standartlarında termokupl uçları belli renk kodları ile kodlanmıştır. DIN standartlarında (+) bacaklar kırmızı, negatif bacaklar termokupulların cinsine göre değişmektedir. IEC standartlarında (-) bacaklar beyaz, pozitif bacaklar termokupulların cinsine göre değişmektedir.

+	RENK		-	RENK	
	DIN43710	IEC584		DIN43710	IEC584
Cu	Kırmızı	Kahve	Const	Kahve	Beyaz
Fe	Kırmızı	Siyah	Const	Mavi	Beyaz
NiCr	Kırmızı	Yeşil	Ni	Yeşil	Beyaz
PtRh	Kırmızı	Portakal	Pt	Beyaz	Beyaz

Şekil 4.13: Termokupl metallerinin renk kodları

### 4.1.3. Termokupl Kabloları

Termokupl Sembolü	KOMPANZASYON		RENK KODU					
	Misal +	Misal -	IEC 584-1	GB BS 1843	D DIN 4371-4	USA ANSI/INC 96-1	F NCF 42324	JAPON JISC 1510
<b>T</b>	Bakır	Constantan veya Bakır-Nikel T						
<b>J</b>	Demir	Constantan veya Bakır-Nikel J						
<b>E</b>	Nikel Krom veya Kromel	Constantan veya Bakır-Nikel E						
	Nikel Krom veya Kromel	Nikel Aşğımlı veya Kromel						
<b>K</b>	Demir	Constantan veya Bakır-Nikel W						
	Bakır	Constantan veya Bakır-Nikel V						
<b>N</b>	Nikel Krom Silisyum veya Nikromel	Nikel Silisyum veya Nilil						
<b>R</b>	Bakır	Constantan veya Bakır-Nikel R						
<b>S</b>	Bakır	Constantan veya Bakır-Nikel S						
<b>B</b>	Bakır	Nikel Aşğımlı						

Şekil 4.14: Termokupl dengeleme kabloları renk kodları

Termokupllar ile cihazlar arasındaki bağlantılar özel kablolar ile yapılır. Bu kablolar termokupl dengeleme kabloları olarak anılır. Dengeleme kablolarının iletkenleri yine termokupl eleman telinin özelliklerine yakın özel alaşımlardır. Dolayısı ile Cu-Const termokupl için Cu-Const özel kablo, Fe-Const termokupl için Fe-Const özel kablo gerekmektedir. Sıcaklık bilgisi termokupldan cihaza dengeleme kabloları sayesinde daha ekonomik olarak taşınmış olur. Dengeleme kabloları aynı cins termokupların mV-sıcaklık özelliklerini 200°C'ye kadar aynen sağlar. Termokupl dengeleme kablosunun bir ucu kaynaklandığında diğer uçtan 200°C'ye kadar o cins termokuplun mV değeri standartlardaki değerine uygun elde edilir. Ancak üreteceği mV değeri 200°C sınırlı kalır. Dengeleme kablolarının dolaşacağı ortam sıcaklığı bu nedenle 200°C'nin üzerine çıkmamalıdır. Dengeleme kablosu ile termokupl eleman telinin bağlandığı klemens kutusu veya termokupl kafası 200°C'nin üzerine çıkamaz. Çıktığı takdirde çıkan miktar kadar hatalı ölçüm yapacaktır.

Dengeleme kabloları termokupl eleman telinin elektriksel özelliklerini belli bir sıcaklığa kadar sağladığı için artık soğuk nokta, termokupl eleman telinin klemens kutusundaki uçları değil, klemense bağlanan dengeleme kablosunun diğer uçlarıdır. Bu şekilde termokupl uç noktası sıcak nokta, dengeleme kablolarının son uçları soğuk nokta tanımına uyar. Soğuk nokta, yani uzatma kablosunun uç noktasının sıcaklığı termokupl olayı açısından önem kazanır. Dengeleme kablosu uçları direkt cihaza bağlanıyor ise bu noktadaki sıcaklığın dengelenmesi gerekir. İşlem, elektronik cihazlarda “soğuk eklem sıcaklık dengeleyiciler” ile yapılır. Cihaz girişinde cihazın bulunduğu ortam sıcaklığına oranlı mV değeri termokupl bacağına ilave edilerek soğuk nokta sıcaklığı dengelenmiş olur. Termokuplar için bakır kablo ile uzatma yapıldığı takdirde, termokupl kafasına bağlantı yapılan bakır kablonun eleman teline bağlandığı klemens noktası soğuk noktadır. Bu noktadaki mV değeri aynen bakır kablo ile cihaza taşınır. Cihaza bağlantı yapıldığı noktadaki sıcaklık, termokupl kafa sıcaklığından farklı olduğu takdirde bu sıcaklık farkı kadar hataya sebebiyet verir. Hatasız bir ölçüm yapılmak istenildiği takdirde termokupl dengeleme kabloları kullanılmalıdır. Dengeleme kabloları çeşitli yalıtkanlarda üretilir ve yine eleman tellerinde olduğu gibi (+) (-) polariteleri vardır. Bağlantı bu polariteye uygun yapılmalıdır.

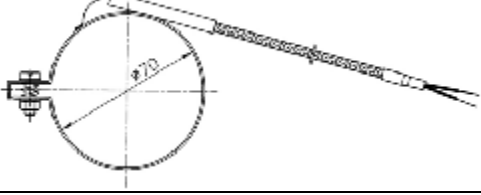
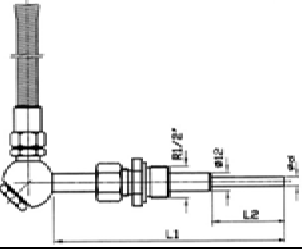
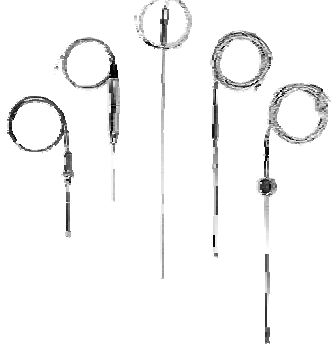
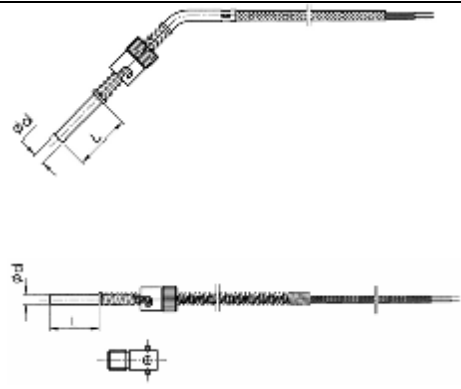
#### 4.1.4. Termokupl Mekanik Yapıları



Şekil 4.15: Çeşitli mekanik kılıflı termokupllar



## Özel tip termokuplar

	<p>Kullanım kolaylığı olan bir tiptir. Boru çapına uygun çaplarda imal edilir ve kelepçe yardımıyla sıkıştırılır, sabitlenir. Kelepçe üzerine yerleştirilen termokupl kaynak noktası sıcaklığı algılar.</p>
	<p>Çeşitli egzoz ölçüm uygulamalarında montaj yerinin durumu nedeniyle kablo çıkışında resimde görüldüğü gibi 90°'lik bir açı ve yön tespit edilebilir. Ayarlı rekorla boy saptanabilir. Kablo, klemens kafasına montajdan sonra bağlanabilir. Hassas sıcaklık ölçümü algılamak için uçta kademeli olarak çap düşürülmüştür.</p>
	<p>Mineral izoleli termokupllar, çok çeşitli şartlarda ve ortamlarda, değişik sıcaklıklarda kullanılabilir.</p> <p>Kullanıldığı yerler;</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Tanklar, boru hatları, çeşitli makineler ve aparatları, laboratuvar ve test merkezleri,</li><li>• Hava, gazlar, su, yağ gibi sıvı ve gaz ortamlar,</li><li>• Nükleer enerji santralleri, reaktörler, basınçlı kaplar, kimya endüstrileridir.</li></ul>
	<p>Bayonet tip termokupllar, genel olarak çalışma şartları açısından daha kolay ortamlarda kullanılır. Sabit kablolu monte edilen bu termokuplar yerleştirildikleri noktalara yay sıkıştırılmalı sabitlendirilir. Kablo ile metal ucun birleştiği yer metal borunun sıkıştırılması şeklinde olduğu için herhangi bir sızdırmazlık özelliği yoktur. Bu nedenle bayonet tip termokuplar, sıvılar için veya rutubetli ortamlarda kullanılamaz. Metal blokların yüzeyden temas suretiyle veya metal içine açılan deliğe monte edilerek ısıtıcı bloklara belli yuvalara yerleştirilerek kullanılır.</p>

Şekil 4.18: Çeşitli termokupl tipleri



#### 4.1.5. Termokupl Transmitterleri



Şekil 4.19: Termokupl transmitteri

Termokupl transmitteri, termokuplun bağlandığı ve çıkışında 4-20mA ve diğer elektriksel sinyaller üreten cihazlardır.

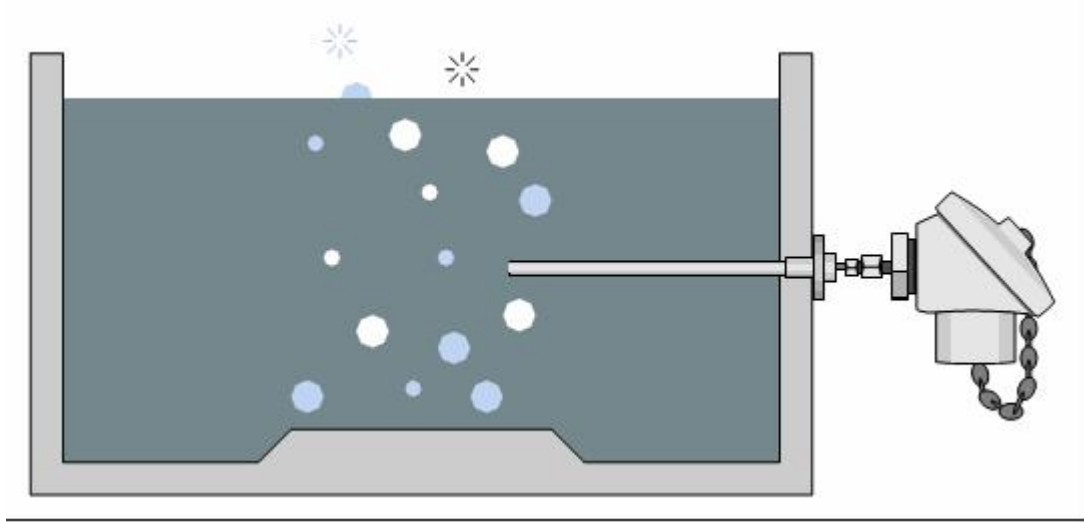
Günümüzde yapılan transmitteri çok yönlü olmaktadır. Birden çok çeşit termokupl bağlanabilmekte içerisinde soğuk kavşak dengeleme elamanı bulunmaktadır. Ayrıca çıkışında hem analog dönüşümlere yer vermekte (4-20mA ve 1-5V gibi) hem de standart haberleşme protokollerini içeren sayısal işaretler üretmektedir.

## 4.2. Sıcaklık Algılayıcılarının Yerleştirilmesi

### 4.2.1. Daldırılan Sondalar

#### 4.2.1.1. Kap İçinde Sıvı Sıcaklığının Ölçülmesi

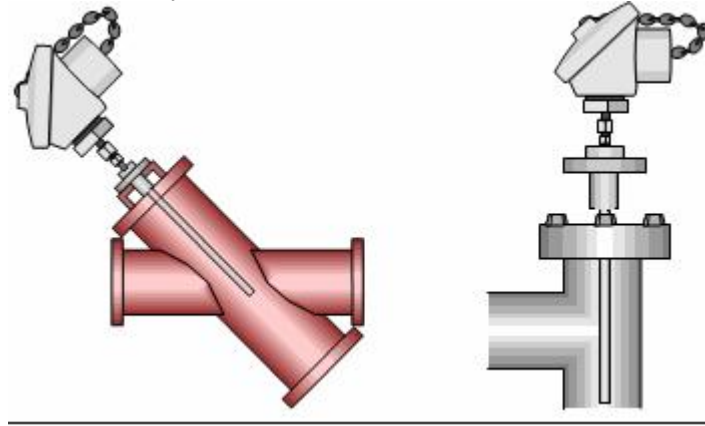
Kap içindeki sıvının sıcaklığının ölçülmesinde algılayıcı mümkün olduğunca merkeze yakın yerleştirilmelidir.



Şekil 4.20: Kap içine algılayıcının yerleştirilmesi

#### 4.2.1.2. Kanal Sondaları

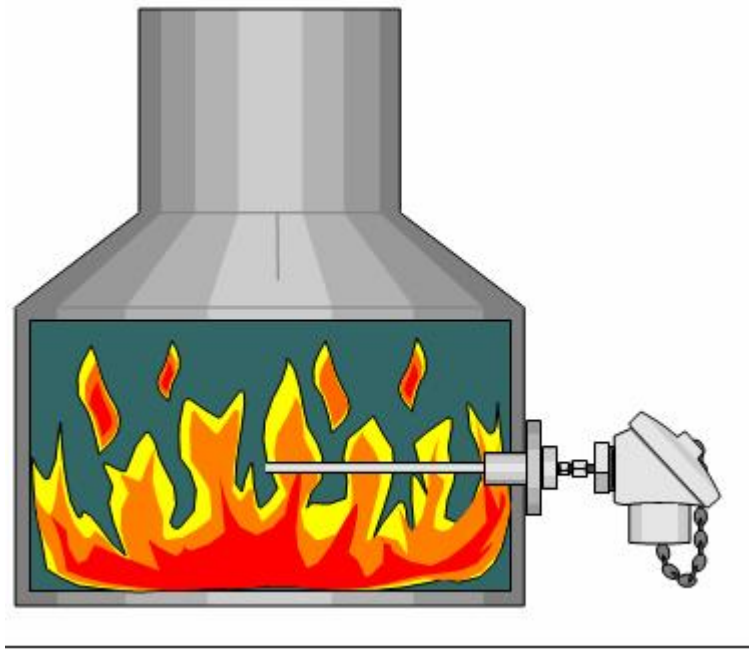
Kanal sondaları genellikle boru içi sıcaklık ölçümünde gereklidir. Bu durumlarda algılayıcı aşağıdaki şekillerde yerleştirilebilir.



Şekil 4.21: Boru içi kanal sondaları

#### 4.2.1.3. Yüzey Sıcaklık Sondaları

Yüzey sıcaklık ölçümü fırın içi cehennemliklerin sıcaklığının ölçümünde kullanılır. Boru yüzeyinden ölçülen sıcaklık içinde aynı yöntem kullanılır.



Şekil 4.22: Cehennemliçe termokupl yerleştirme

#### 4.2.2. Termometre Koruyucu ve Kılıfları

Termokupl uygulamalarında dış koruyucu kılıfların önemi büyüktür. Eleman tellerinin süreç içinde mekanik darbeler, kimyasal veya fiziksel aşınmalara karşı belli bir ömre sahip ve dayanıklı olmaları için ortam şartlarına göre çeşitli kılıflar kullanılır. Termokupl eleman telleri, uçları kaynaklı ve yalıtımlı bu kılıflar içine monte edilir.

Genel olarak 1200°C'ye kadar metal, 1200°C'nin üzerinde seramik koruyucu kılıflar kullanılır. Bazı özel uygulamalarda 1200°C'nin altında seramik kılıflar kullanıldığı gibi 1200°C'nin biraz üstüne kadar olan uygulamalarda da özel alaşımlı metal kılıflar kullanılabilir.

#### Metal kılıflar

Metal koruyucular, kullanılacağı ortamın kimyasal aşınmalarına, mekanik darbelerine ve korozif gazlarına karşı çok çeşitli alaşımlarda üretilmektedir. Koruyucu kılıf seçiminde yukarıda sayılan özelliklerin yanı sıra sıcaklık limitleri çok önemli bir faktördür. Bu faktörler göz önüne alınarak çalışacağı ortama en uygun koruyucu kılıf seçilir.

#### Seramik tüpler

Termokupl uygulamalarında genellikle 1200°C'nin üzerine çıktığı uygulamalarda seramik tüpler kullanılır.

### 4.2.3. Hata Kaynakları

Sıcaklık ölçümü çoğu süreçte yavaşlatılmış işlemlerdir. Bunun nedeni ise ısı artışının hiçbir zaman çok ani olamayışından ve birçok süreçte koruma önlemlerinden kaynaklanmaktadır. Bir tavlama fırınının içine yerleştirilen termokupl eğer koruyucu kılıf olmaz ise hemen mekanik dayanımdan dolayı kopacaktır. Termokuplu koruyucu kılıfa soktuğunuzda ise koruyucu sıcaklığı iletene dek gecikme olacaktır. Çoğu zaman bu gecikmeler kabul edilebilir hatalar olarak göze çarpar.

Diğer hata kaynakları ise sistemden kaynaklanan hatalar olarak bilinir. Bunlar; algılayıcının karakteristik hataları, kablolama hataları, montaj hataları ve çeşitli ortam gürültü kaynakları olarak sıralanır.

### 4.2.4. Sıcaklığın Okunması

#### 4.2.4.1. Yerel Okuma

Bir kimyasal tesiste özel noktadan sıcaklık ölçmek istenirse, ilk akla gelen cam termometre ile ölçme yapmak olacaktır. Bununla beraber bu ölçme işlemi, ölçenin doğru bir okuma yapması için sıcaklığı okuyabilecek kadar cihazın yanına yaklaşmasını gerektirir. Daha iyi bir çözüm, kadranlı termometredir. Seçilen cihazın tipi tabiatıyla istenen doğruluğa ve ölçümün tekrarlanabilir olmasına bağlıdır. Genel ve özellikle daha büyük tesislerde yerel sıcaklık ölçümleri yalnız genel gözetleme maksatları içindir. İşletimcinin güvenli olması için kontrol cihazındaki okuma ile uyuşup uyuşmadığını anlamada kullanılır. Ucuz bir çift metal termometresi belki uygun olur. Eğer daha büyük doğruluk istenirse, kısa kılcal borulu tip termometre kullanılabilir.

#### 4.2.4.2. Uzaktan Okunma

Kontrol odası ile ölçme noktası arasındaki mesafenin uzun olduğu tesislerde elektriksel ölçme teknikleri kaçınılmazdır. Uzun müddet çalıştırmada direnç termometrelerinin termokuplara tercihinde iki ana sebep vardır. Birincisi, RTD'yi okuma cihazına bağlayan bakır tellerdir, bu da termokupl telleri veya denkleştirme kablolarından çok daha ucuzdur. İkincisi, direnç termometresi sinyali birçok termokupl sinyalinden daha yüksek seviyede ve daha alçak empedanstadır, bu sebeple elektrik parazitlerine karşı daha az güvenilirdir.

Günümüzde uzaktan okuma gelişen teknolojiye bağlı olarak SCADA programları yardımıyla gerekirse internet üzerinden veya telsiz cihazları sayesinde çok uzak mesafelerden yapılabilir. Bunun en büyük örneği meteorolojide insansız ölçüm istasyonları olarak göze çarpacaktır.

## UYGULAMA FAALİYETLERİ

Aşağıdaki işlem basamaklarına göre uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>Ø En az iki çeşit termokupl seçiniz.</p> <p>Ø Multimetre ile sağlamlık kontrolü yapınız.</p> <p>Ø Multimetre ile buzda ve kaynar suda ölçüm yapınız.</p> <p>Ø Cinsine göre kablo seçiniz.</p> <p>Ø Kablo montajını transmittere yapınız.</p> <p>Ø Transmitter ayarlarını yapınız.</p> <p>Ø Ayarlı ısı kaynağında değişen sıcaklıklara göre transmitter çıkışını ölçünüz.</p> <p>Ø Sonuç raporu hazırlayınız.</p>	<p>Ø Isı kaynağı olarak ayarlı havya kullanınız.</p> <p>Ø İki çeşit termokupl ediniz. Eğer termokupl edinemezseniz bakır tel ile krom telin uçlarını sıkıca bağlayarak termokupl haline getiriniz. Krom tel yerine inşaat teli kullanabilirsiniz.</p> <p>Ø AVO metreyi kısa devre testi kademesine alınız.</p> <p>Ø Multimetrenin uçlarını termokupl klemensine değiştirerek kısa devreyi görünüz.</p> <p>Ø Multimetreyi DC mV ölçme kademesine alınız.</p> <p>Ø Termokupl uçlarına dokununuz, bir gerilim okumalısınız. Bunları okuyamıyorsanız termokupl bozuktur.</p> <p>Ø Termokupl ucunu buza batırarak ölçünüz.</p> <p>Ø Termokupl ucunu kaynar suya batırarak ölçünüz.</p> <p>Ø Kablo uçlarını termokuplla ve transmittere renklerine göre doğru olarak bağlayınız.</p> <p>Ø Transmitter çıkışını termokupl ucunu buza batırarak ölçünüz. Bu ölçümü termokupl uçlarından da yapınız.</p> <p>Ø Transmitter çıkışını termokupl ucunu kaynar suya batırarak ölçünüz. Bu ölçümü termokupl uçlarından da yapınız.</p> <p>Ø Kalibrasyonu uygun bir termometre ediniz. Termometreyi termokupl ucuna tespit ederek ayarlı havyanın ucuna değiştiriniz.</p> <p>Ø Sıcaklık değişimine göre çıkış değerlerini ölçerek örnek çizelgeye kaydediniz.</p> <p>Ø Sonucu yorumlayınız.</p> <p>Ø Tüm işlemleri ikinci termokupl için de tekrarlayınız.</p>

### Sıcaklık Çıkış Büyüklüğü Ölçme Çizelgesi

Sıcaklık	Çıkış		Sıcaklık	Çıkış		Sıcaklık	Çıkış		Sıcaklık	Çıkış	
	TC	Tr		TC	Tr		TC	Tr		TC	Tr
5 °C			10 °C			15 °C			20 °C		
25 °C			30 °C			35 °C			40 °C		
45 °C			50 °C			55 °C			60 °C		
65 °C			70 °C			75 °C			80 °C		
85 °C			90 °C			95 °C			100 °C		

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları cevaplayarak bu faaliyette kazandığınız bilgileri ölçünüz.

### Ölçme Soruları

1. Farklı metaller ile oluşturulan eklemlerde meydana gelen sıcaklık farkı ne türden bir etki doğurur?
  - A) Genleşme
  - B) İletim bandına geçme
  - C) EMK (gerilim)
  - D) Bozulma
2. Termokupl kullanılarak yapılacak soğutucuda hangi etkiden faydalanılır?
  - A) Thomson
  - B) Seebeck
  - C) Peltier
  - D) Termoelektrik
3. Aşağıdakilerden hangisi termokupl çeşidi değildir?
  - A) K
  - B) L
  - C) M
  - D) N
4. J tipi termokuplun kullanım yerleri nerelerdir?
  - A) Cam Eritmede
  - B) Laboratuvar
  - C) Demir eritme
  - D) İnsanın ateşi
5. Demir çelik sanayinde tavlama fırınlarında hangi tür termokupl kullanılır?
  - A) T
  - B) U
  - C) R
  - D) J
6. Neden dengeleme kablosu kullanılır?
  - A) Akım düşmemesi için
  - B) Gerilim düşmemesi için
  - C) Empedans uygunluğu için
  - D) Yeni termokupl oluşmadan iletim sağlamak.

7. Boru yüzeyinde hangi tip termokupl ile sıcaklık ölçülür?
  - A) Egzoz
  - B) Düz tip
  - C) Bayonet
  - D) L tipi
8. Termokupl koruyucu kılıfı ne tür hataya sebep olur?
  - A) Gecikme
  - B) Erken okuma
  - C) Mekanik dayanıklılık
  - D) Hataya sebep olmaz.
9. Termokupl kullanılarak mutlak sıcaklık ölçümü yapmak için transmitterde hangi düzeneğin olması gerekir?
  - A) Soğuk eklem denkleştirme
  - B) Ayar mekanizması
  - C) Işık algılayıcısı
  - D) 4-20mA dönüştürücü
10. Uzaktan okuma sistemlerinde ne tür algılayıcı kullanılır?
  - A) Cam termometre
  - B) Bimetal
  - C) Kadranlı
  - D) Elektriksel

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz.



# ÖĞRENME FAALİYETİ- 5

## AMAÇ

Işınım metodu ile sıcaklık ölçümünü doğru olarak yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Ø Isının yayılma yollarını araştırınız.
- Ø Pirometre üreten veya satan firmalardan veri sayfaları araştırıp sınıfa getiriniz.

## 5. IŞINIM METODU İLE SICAKLIK ÖLÇME

### 5.1. Işınım (Radyasyon)

Bir cisim ısıtıldığında elektromanyetik enerji yayar. Düşük sıcaklıklarda bu enerji yayımı (radyasyonu) hissedilebilir. Sıcaklık yükseldikçe cisim gözle görülebilir (ışık şeklinde), kızıl ısıdan sarıya ve ondan da beyaz ısıya geçen bir ışınım yayar. Bu ışınım sezgi yoluyla sıcaklığın ölçümünde kullanılabilir. Kalitatif olarak sarı renkte ışıldayan bir cismin mat kırmızı renkte ışıldayan cisimden daha sıcak olduğu söylenebilir. İşte pirometre, sıcaklığı ölçmek için bu ışınımın yararlanır.

Pirometre, hareket halinde bulunan bir cismin sıcaklığının ölçülmesi veya klasik bir sensörü tahrip edebilecek bir ortamın mevcudiyeti halinde, gerekli bir yöntem olan sıcaklığın temas etmeksizin ölçülmesine olanak vermektedir.

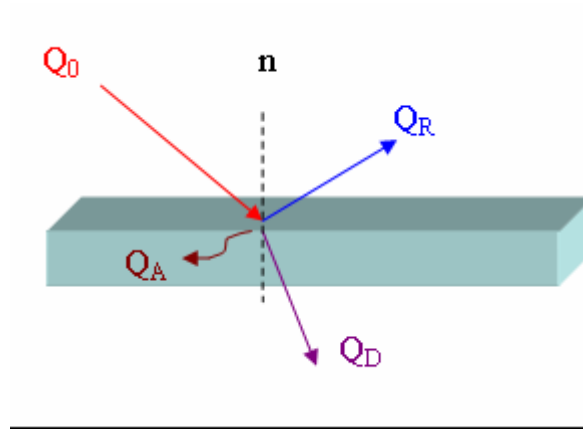


Şekil 5.1: Ayarlı akkor flamanlı ampulün flaman renk değişimi

Mutlak sıfırdan, 0K'den farklı bütün sıcaklıklarda bütün cisimler sürekli olarak elektromanyetik dalgalar yayar. Bir cismin üzerine düşen enerji kısmen soğurulur (absorbe edilir), kısmen yansıtılır ve kısmen geçirilir. Cisim tarafından soğurulan elektromanyetik enerji, ısı şeklinde depolanır. Yansıyan enerji etraftaki diğer cisimlerin üzerine düşer. Böylece bütün cisimler kendi öz ışınlarını yayarken üzerlerine düşen enerjinin bir kısmını da yansıtarak yayar ve bir kısmını ısı olarak soğurur. Böylece oluşan ısıl denge dinamik bir denge olarak tanımlanabilir. Bir cismin ışınım gücü, bu cismin birim yüzeyinden birim zamanda ışınım yayılan enerjidir.

## 5.2. Siyah Cismin Işınımı

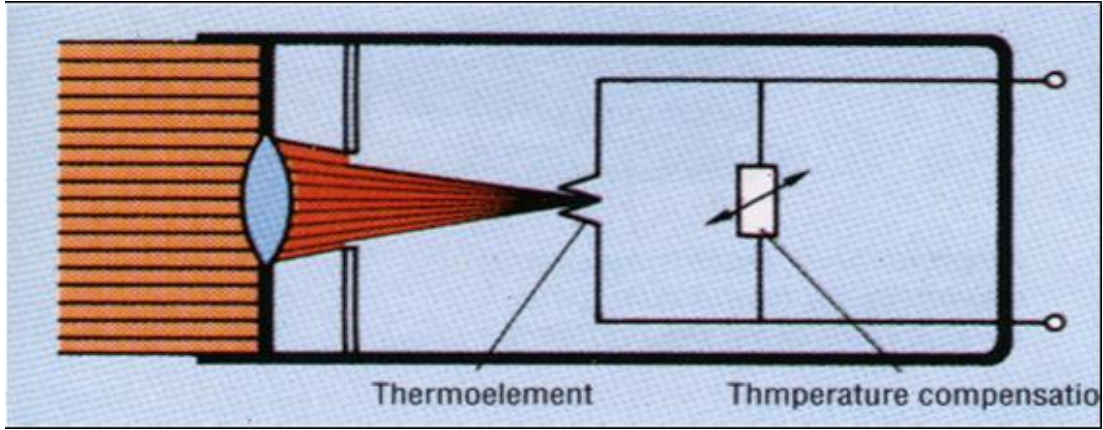
Bir cisim devamlı olarak çevresinden enerji alır. Bir cismin üzerine düşen ışınım enerjisi  $Q_0$  olsun; bunun  $Q_R$  kadar yansıtılarak,  $Q_D$  kadar cismin içinden geçerek uzaklaşırken  $Q_A$  kadar da cisim tarafından soğurulur. Bu durum şematik olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir.



Bir cisim gelen enerjinin tamamını soğuracak olursa, bu cisme “siyah cisim” adı verilir. Eğer bir cisim üzerine gelen tüm ışınımı soğuruyorsa yani  $A = 1$  ise bu cisim mükemmel siyah cisimdir. Eğer üzerine gelen tüm ışınımı yansıtıyorsa yani  $R = 1$  ise bu cisim mükemmel bir yansıtıcıdır. Eğer tüm ışınım cismin içinden geçebiliyorsa yani  $D = 1$  ise mükemmel geçirgendir.

Bu adlandırma gerçekte cismin renginin siyah olduğu anlamına geldiği için yanıltıcıdır. Siyah bir cisim tüm diğer cisimler gibi bir ışın yayıcısı olup sıcaklığı yeterli derecede arttırıldığında, gözle görülür ışık yayar. Örneğin, güneş 6000 Kelvin sıcaklığı ile mükemmel bir siyah cisim oluşturur.

### 5.3. Pirometrenin Çalışma Prensipleri



Şekil 5.1: Genel pirometre yapısı

Pirometre şekil 5.2’de görüldüğü gibi çok basit bir alet olup burada sıcaklığı ölçülmek istenen cismin yaydığı ışınım (radyasyon) mercekler tarafından termoelemanın üzerine düşürülür. Odaklanan sıcaklık yükselmiş olur. Cismin sıcaklığı algılayıcıdan elde edilerek klasik yöntemlerle elektriksel sinyallere dönüştürülür. Bu aletlerde kullanılan termoelemanlar seri bağlanmış onlarca termokupl ve RTD olabilir.

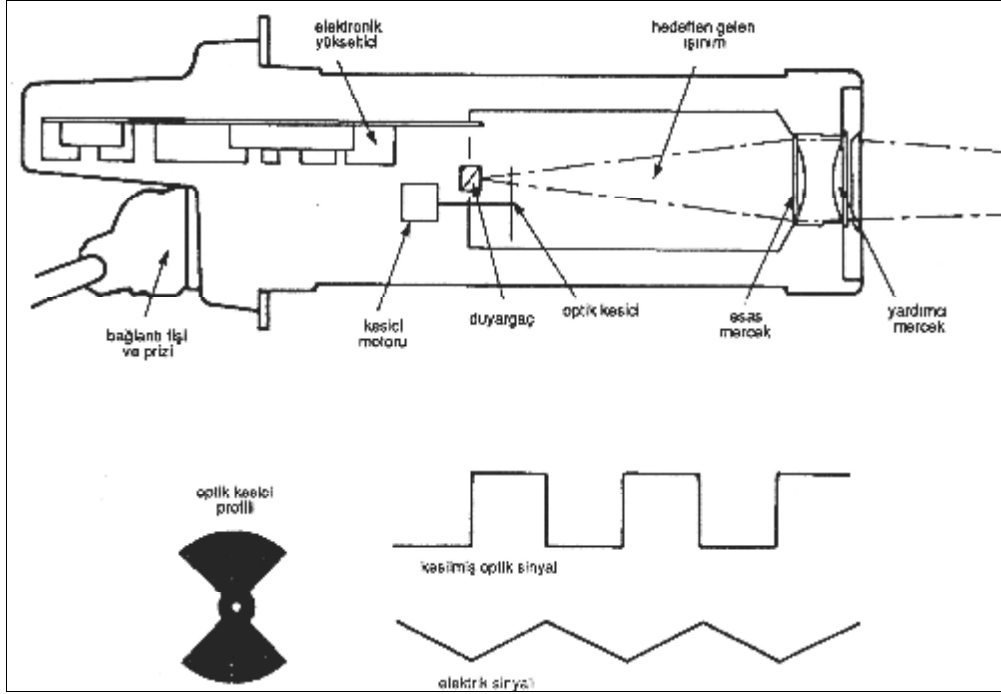
#### 5.3.1. Toplam Işınım Metodu



Şekil 5.2: Pirometre genel görünüşü



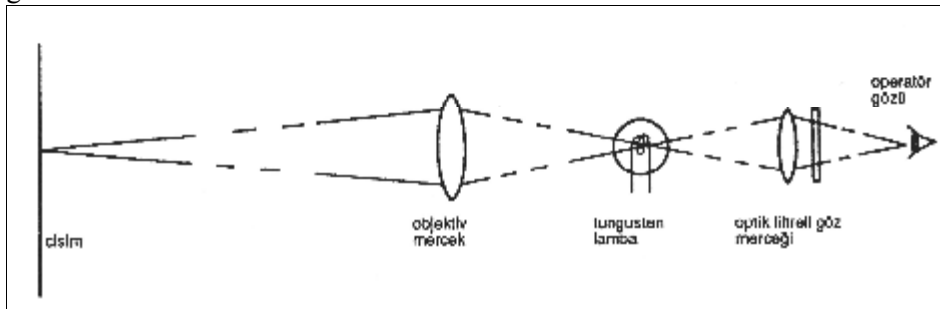
Termopillerin kullanıldığı pirometreler de oldukça yaygındır. Bu cihazlarda termopilin doğrusallığını sağlayamadıklarından merceğe önüne konan optik kesiciler anlık görüntüler alır ve doğrusallık problemini çözer. Şekil 5.5 böyle bir düzeneği göstermektedir.



Şekil 5.4: Piroelektrik ışınım termometresinin şematik gösterimi

## 5.4. Optik Pirometre

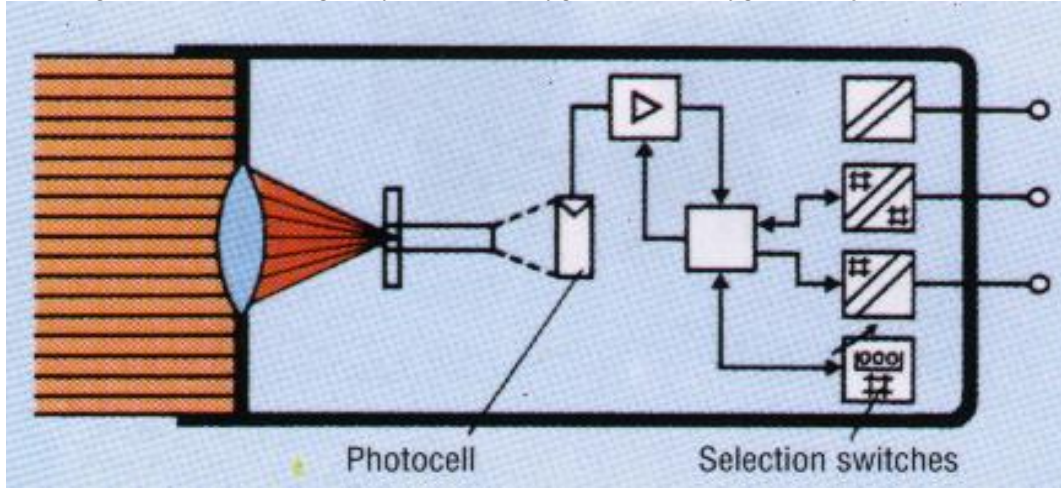
Bu tip pirometrelerde termoeleman algılayıcı kullanılmaz. Kullanıcının göz kararı ile  $600^{\circ}\text{C}$ 'den  $3000^{\circ}\text{C}$ 'ye sıcaklık aralığında basitçe kullanılır. Şekilden de anlaşılacağı gibi kullanıcı gözü ile dürbünden bakar ve flaman akımını ayarlar. Flaman rengi, sıcaklığı ölçülecek cisimle aynı olduğunda görünmez olur, bu anda da ölçekten okunan değer, cismin sıcaklığını verir.



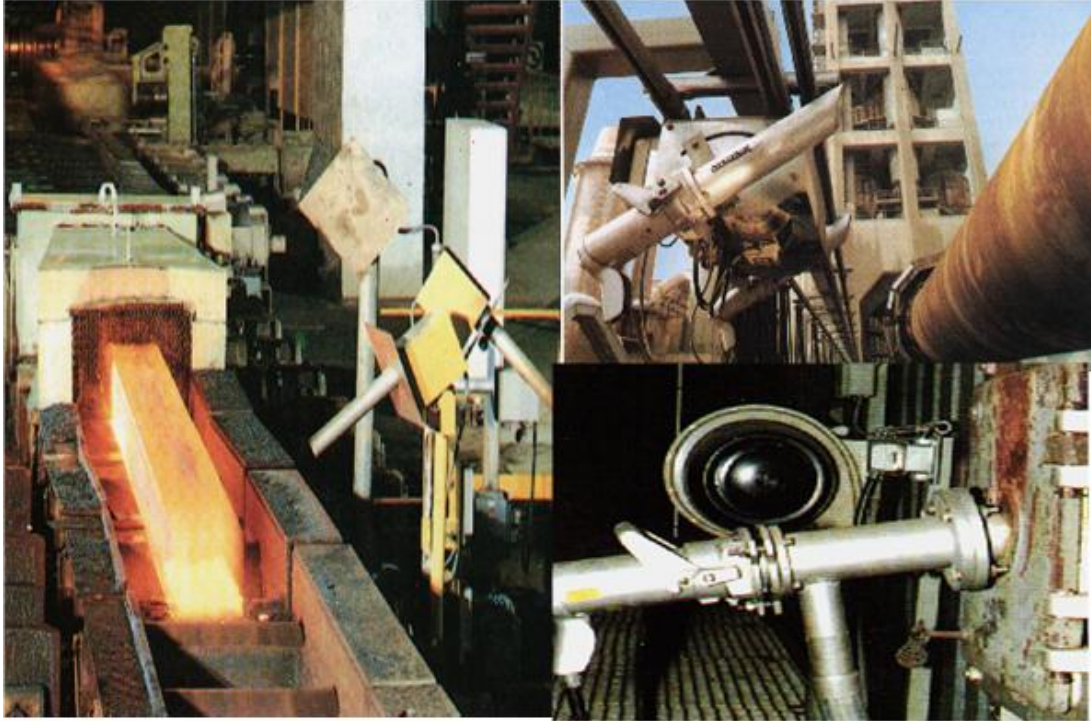
Şekil 5.5: Optik pirometrenin şematik gösterimi

## 5.5. Fotoelektrik Termometreler

Bu tip pirometrelerde optik pirometrelerden farklı olarak sıcak cismin yaydığı ışınımı algılamak için fotodiyot veya fototransistör gibi elemanlar kullanılır. Şekil 5.7’de bu düzenek görülmektedir. Dalga boyu kısa olan uygulamalarda uygun sonuçlar alınır.



Şekil 5.6: Fotoelektrik ışınım termometresinin gösterimi



Şekil 5.7: Çeşitli pirometre uygulamalarının resimleri

## 5.6. Işınım Hataları

### 5.6.1. Işınım Hatalarının Nedenleri

Pirometri alanındaki hatanın kaynağı ışınım yayma konusundaki bilgi noksanlığıdır. Ortamda bulunan gazlar da bu ölçme işini hataya sürükleyecektir. Bunların başında karbondioksit gelir ki, karbondioksit gazı ışınımı soğurur. Diğer hata kaynakları olarak lens kirliliği ve mekanik deformasyon sayılabilir. Ayrıca boru içinde sıcaklık ölçümü oldukça zor olmaktadır.

### 5.6.2. Işınım Hatalarının Giderilmesi

Hatanın nedenleri bilinirse giderilmesi de kolaylaşır. Eyer ışınımın dalga boyu hakkında bilgi sahibi değilseniz, ölçmede hata yapmanız muhtemeldir. Bu hatayı gidermek için iki renk (two colour) denilen sistem uygulanırsa hata giderilmiş olur. İki farklı renk için (dalga boyu) ölçme yapılarak kıyaslanır. Hata minimize edilir.

Ortam gazlarının etkisi ise oldukça zor bir kavramdır. Yine bu olay için kullanılacak yöntem ise ışıkla değil, ısıyla sıcaklık ölçme olacaktır. Yani toplam enerji esasına dayalı ölçme yapan pirometreler kullanılarak bu sorun giderilebilir.

Günümüzde birçok pirometrede lens kirliliği alarmı mevcuttur. Bu tip hatalar düzenli bakımla giderilir. Ölçme işlemi sürekli bakım isteyen ve düzenli kalibrasyona muhtaç sistemlerdir. Bakımları ihmal edilmemeli düzenli kalibrasyonları yapılmalıdır. Unutulmamalıdır ki, burada başlayacak hata üründe geri dönülmeyecek sonuçlar doğurabilir.

Ortamdaki ışınım sıcaklığı ölçülecek cisimden yansıyor algılayıcıya ulaşabilir. Bu durumda ölçüm hatalı olacaktır. Bu hatayı düzeltmek için pirometrelerde bulunan dengeleme sistemlerinden faydalanılır. Öncelikle ortam sıcaklığı ölçülürse sistem sıfırlanır. Böylece ortam sıcaklığının etkisi azaltılmış olur.

## UYGULAMA FAALİYETLERİ

Aşağıdaki işlem basamaklarına göre uygulama faaliyetini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Pirometreyi temin ediniz.</li><li>Ø Ayarlı ısı kaynağına enerji verip yüzey ısıması sağlayınız.</li><li>Ø Pirometreyi ısınan yüzeye hedefleyerek sıcaklık değerlerini ölçünüz.</li><li>Ø Sonuç raporu hazırlayınız.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ø Isı kaynağı olarak ayarlı elektrik ocağı kullanınız.</li><li>Ø Atölye şartlarına uygun pirometreyi temin ediniz.</li><li>Ø Isı kaynağına enerji veriniz.</li><li>Ø Pirometreyi ısı kaynağına hedefleyerek sıcaklık değerini ölçünüz. Ölçüm sırasında doğruluğundan emin olduğunuz uygun termometreyi ısı kaynağına değiştirerek sıcaklığını ölçünüz.</li><li>Ø Ölçüm sonuçlarını kıyaslayınız.</li><li>Ø Sıcaklık değişimine göre çıkış değerlerini ölçerek örnek çizelgeye kaydediniz.</li><li>Ø Sonucu yorumlayınız.</li></ul>

### Sıcaklık Çıkış Büyüklüğü Ölçme Çizelgesi

Sıcaklık	Çıkış		Sıcaklık k	Çıkış		Sıcaklık	Çıkış		Sıcaklık	Çıkış	
	Pri	Fark		Pri	Fark		Pri	Fark		Pri	Fark
5 °C			10 °C			15 °C			20 °C		
25 °C			30 °C			35 °C			40 °C		
45 °C			50 °C			55 °C			60 °C		
65 °C			70 °C			75 °C			80 °C		
85 °C			90 °C			95 °C			100 °C		



## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları cevaplayarak bu faaliyette kazandığınız bilgileri ölçünüz.

### Ölçme Soruları

- Aşağıdakilerin hangisi ısının yayılım yoludur?
  - Genleşme
  - İletim
  - Işınım
  - Bozulma
- Bilinen en iyi siyah cisim nedir?
  - Tahta
  - Araba lastiği
  - Ayna
  - Güneş
- Aşağıdakilerden hangisi pirometrenin çalışma esası değildir?
  - Işınımı algılamak
  - Işımanın mesafesini ölçmek
  - Işımanın rengini ölçmek
  - Işımanın dalga boyunu ölçmek
- Aşağıdakilerden hangisi pirometrelerde algılayıcı olarak kullanılmaz?
  - Termokupl
  - RTD
  - Foto diyot
  - Bimetal
- Optik pirometreler hangi çalışma sıcaklığında çalışır?
  - 600°C- 3000°C
  - 50°C- 300°C
  - 600°C- 3000°C
  - 0°C- 100°C
- Neden pirometre kullanılır?
  - Güvenli olduğundan
  - Temassız ölçme yapılabildiğinden
  - Doğru ölçme yaptığından
  - Ucuz olduğundan

7. Algılayıcı olarak foto diyot kullanılan pirometre hangisidir?  
A) Toplam enerji  
B) Düz tip  
C) Fotoelektrik  
D) Optik
8. İçerisinde algılayıcı kullanılmayan pirometre aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Optik  
B) Yüzey ışımalı  
C) Fotoelektrik  
D) Düz tip
9. İçerisinde optik kesicilerin kullanıldığı pirometreler aşağıdakilerden hangisidir?  
A) Optik  
B) Fotovoltaik  
C) Fotoelektrik  
D) Piroelektrik
10. Dalga boyu bilinmeyen ışıma hatasını gidermenin yolu nedir?  
A) İki renk algılayıcı kullanmak  
B) Ortam sıcaklığını ölçmek  
C) Soğuk dengeleme yapmak  
D) Elektriksel düzeltme yapmak

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız. Doğru cevap sayınızı belirleyerek kendinizi değerlendiriniz. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt yaşadığınız sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrar inceleyiniz.

# MODÜL DEĞERLENDİRME

## Performans Testi (Yeterlik Ölçme)

Uygulama faaliyetinde yaptığımız işlemlere göre aşağıdaki tabloyu doldurarak kendinizi değerlendiriniz.

<b>Açıklama:</b> Aşağıda listelenen kriterleri uyguladıysanız “Evet” sütununa, uygulamadıysanız “Hayır” sütununa X işareti yazınız.		
<b>Değerlendirme Ölçütleri</b>	<b>Evet</b>	<b>Hayır</b>
1. Tüm sıcaklık ölçeklerini birbirine çevirebiliyor musunuz?		
2. Termostatı doğru monte edebildiniz mi?		
3. Termostat kullanarak ayarlı ısı kaynağını istediğiniz sıcaklıkta tutabiliyor musunuz?		
4. Silisyum diyodu sıcaklık ölçümünde kullandınız mı?		
5. LM35 kullanarak termometre yaptınız mı?		
6. PT 100’ün sağlamlık kontrolünü yaptınız mı?		
7. PT 100 kullanarak sıcaklık ölçümü yaptınız mı?		
8. NI 100’ün sağlamlık kontrolünü yaptınız mı?		
9. NI 100 kullanarak sıcaklık ölçümü yaptınız mı?		
10. Sıcaklığa göre termokupl seçmeyi öğrendiniz mi?		
11. Termokupl dengeleme kablosunu bağladınız mı?		
12. Termokupl kullanarak sıcaklık ölçtünüz mü?		
13. Termokuplun sağlamlığını kontrol ettiniz mi?		
14. Pirometre kullanarak sıcaklık ölçümü yaptınız mı?		

## DEĞERLENDİRME

Hayır, cevaplarınız var ise ilgili uygulama faaliyetini tekrar ediniz. Cevaplarınızın tümü evet ise bir sonraki modüle geçebilirsiniz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ - 1 CEVAP ANAHTARI

1	A
2	D
3	B
4	D
5	A
6	C
7	A
8	A
9	B
10	C

## ÖĞRENME FAALİYETİ - 2 CEVAP ANAHTARI

1	A
2	C
3	B
4	C
5	C
6	A
7	D
8	D
9	A
10	C

## ÖĞRENME FAALİYETİ - 3 CEVAP ANAHTARI

1	B
2	A
3	C
4	C
5	D
6	D
7	B
8	A
9	D
10	B

### ÖĞRENME FAALİYETİ - 4 CEVAP ANAHTARI

1	C
2	C
3	C
4	B
5	C
6	D
7	A
8	A
9	A
10	D

### ÖĞRENME FAALİYETİ - 5 CEVAP ANAHTARI

1	C
2	D
3	B
4	D
5	A
6	B
7	C
8	A
9	D
10	A

## KAYNAKÇA

- Ø B.E.NOLTINGK, **Sıcaklık ve Kimyasal Bileşenlerin Ölçümü**, MEB, Eskişehir 1994.
- Ø E.A.PAR, **Endüstriyel Kontrol El Kitabı Cilt 1 Transdüserler**, MEB, İstanbul 2002.
- Ø UYTUN Erhan, **Balgat Anadolu Teknik Lisesi, Ders Notları**
- Ø [www.elimko.com.tr](http://www.elimko.com.tr)
- Ø [www.meter.com.tr](http://www.meter.com.tr)
- Ø [www.keller-msr.de/englisch/applikation\\_bt.htm](http://www.keller-msr.de/englisch/applikation_bt.htm)
- Ø [www.raytek-europe.com/](http://www.raytek-europe.com/)