T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

KİMYA TEKNOLOJİSİ

PROSESTE BASINÇ VE SICAKLIK

Ankara, 2015

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR iii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1 3
1. BASINÇ KONTROLÜ 3
1.1. Basınç Kavramı 3
1.2. Basınç Birimleri 5
1.2.1. Bar 7
1.2.2. PSI 7
1.3. Basınç Ölçerler 7
1.3.1. U Tüplü Basınç Ölçer 8
1.3.2. Cam Tüplü Basınç Ölçer 10
1.3.3. Buordon Tüplü Basınç Ölçer 11
1.4. Korozyon Yapıcı Akışkanların Basıncının Ölçülmesi 11
UYGULAMA FAALİYETİ 13
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 15
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 17
2. SICAKLIK KONTROLÜ 17
2.1. Tanımı 17
2.2. Birimler 19
2.3. Sıcaklık Ölçerler 20
2.3.1. Kılcal Tüplü Termometreler 20
2.3.2. Esnek Elemanlı Termometreler 22
2.3.3. Elektrikli Termometreler 23
2.3.4. Dolu Sistem Termometreler 34
2.3.5. Bimetal Termometreler (Çift Metalli Sıcaklık Ölçer) 37
2.3.6. Sıcaklık Anahtarları 39
UYGULAMA FAALİYETİ 40
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 42
MODÜL DEĞERLENDİRME 43
CEVAP ANAHTARLARI 45
KAYNAKÇA 46

AÇIKLAMALAR

ALAN	**Kimya Teknolojisi**
DAL	**Proses**
MODÜLÜN ADI	**Proseste Basınç ve Sıcaklık**
MODÜLÜN TANIMI	Proseste basınç ve sıcaklık, basınç ve sıcaklık birimleri, basınç - sıcaklık ölçerler ve çeşitleri ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	**40/32**
ÖN KOŞUL	Vanalar modülünü başarmış olmak
YETERLİK	Proseste basınç ve sıcaklık kontrolünü yapmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç** Gerekli ortam sağlandığında, proses kontrol enstrümanlarının basınç ve sıcaklık kontrolünü yapabileceksiniz. **Amaçlar** **1.** Sistemden akan maddenin basınç kontrolünü yapabileceksiniz. **2.** Sistemde bulunan maddenin sıcaklık kontrolünü yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Ortam:** Sınıf, atölye veya laboratuvar, , kütüphane, ev, bilgi teknolojileri ortamı (internet) vb. kendi kendinize veya grupla çalışabileceğiniz tüm ortamlar **Donanım:** Kontrol elemanları, basınç değerini ölçme elemanları, sıcaklık ölçüm elemanları, sıcaklık değerini ölçme elemanları
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modülün içinde yer alan, her faaliyetten sonra verilen ölçme araçları ile kazandığınız bilgileri ölçerek kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen, modülün sonunda, size ölçme aracı (test, çoktan seçmeli, doğru-yanlış, vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Basınç ve sıcaklık ölçümü, günlük kullanım alanlarında ve proseslerde oldukça sık karşılaşılan uygulamalardır.

Basınç, proses kontrol amacıyla en çok takip edilen değişkenlerden birisidir. Basıncı takip ederek üretimin gidişatı, ürünün ve cihazların durumları hakkında pek çok bilgi edinmek mümkündür. Günümüzde prosesler için basınç ve vakum'un ölçülmesi için çok çeşitli teknikler geliştirilmiştir.

Basınç ölçüm tekniği ile sadece proses veya fark basıncı değil, bunun yanı sıra proses teknolojisinin her alanında seviye, hacim ve kütle ölçümleri de yapılabilmektedir. Proseslerde ölçülebilecek maddeler buhar, gazlar ve sıvılardır.

Sıcaklıkta proseste en yaygın olarak ölçülen fiziksel parametrelerden biridir. Bir reaksiyonun gerçekleşmesindeki en önemli değişkenlerden birisi de sıcaklıktır. Sıcaklıkta meydana gelebilecek değişimler reaksiyonun yavaşlamasına, hızlanmasına veya kontrolden çıkmasına neden olabilir. Bu nedenle reaksiyon tankı içindeki sıcaklık sürekli takip edilmelidir. Günümüzde, sıcaklık ölçümü değişik yollardan yapılabilmektedir. Ölçme için değişik opsiyonların bulunması, doğal olarak bazı soruları beraberinde gündeme getirmektedir.

Bu modül ile proseste basınç ve sıcaklık ölçümünün önemini, değişkenleri ölçmekte kullanılan araçları, araçların özelliklerini, nerelerde kullanıldığını ve nasıl çalıştıklarını ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırılması amaçlanmaktadır.

Bu modül ile hedeflenen yeterliği edinmeniz durumunda, Kimya Teknolojisi Alanı Proses dalında nitelikli bir Proses teknisyeni olarak yetişecek ve sektörde aranılan bir elaman olarak istihdam edileceksiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında, sistemden akan maddenin basınç kontrolünü yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

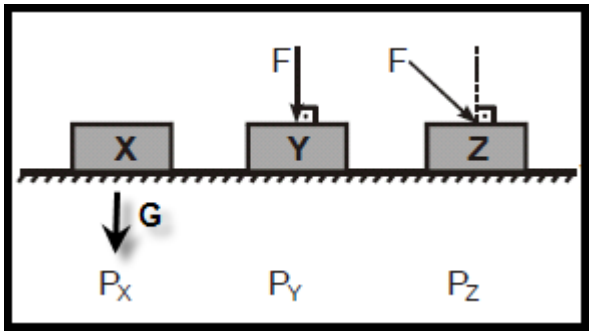
- Proseste basınç ölçümlerinin uygulandığı yerleri araştırınız.
- Çevrenizdeki kimyasal üretim yapan tesislere giderek nasıl basınç ölçümü yapıldığını araştırınız.
- Basınçölçerlerin çeşitlerini ve kullanım alanlarını araştırınız.

1. BASINÇ KONTROLÜ

Basınç, proses kontrol amacıyla en çok takip edilen değişkenlerden birisidir. Basıncı takip ederek üretimin gidişatı, ürünün ve cihazların durumları hakkında pek çok bilgi edinilmektedir. Ayrıca basıncı ölçerek, diğer proses değişkenlerini de (sıcaklık, seviye ve akış vb.) tespit etmek mümkündür.

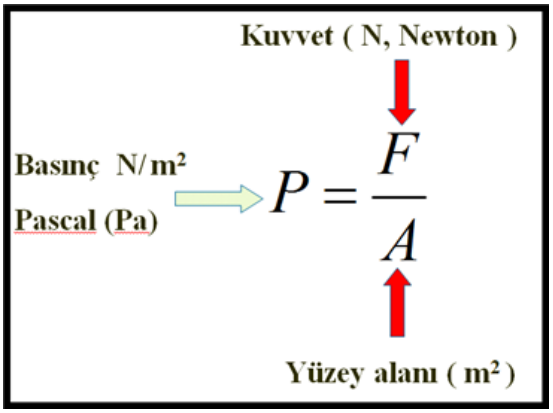
1.1. Basınç Kavramı

Katı, sıvı ve gazlar ağırlıkları nedeniyle bulundukları yüzeye bir kuvvet uygular. Kuvvetin kaynağı ne olursa olsun birim yüzeye dik olarak etki eden kuvvete **Basınç (P),** bütün yüzeye dik olarak etki eden kuvvete de **Basınç Kuvveti (F)** denir.



Şekil 1.1: Basınç ve Basınç Kuvveti

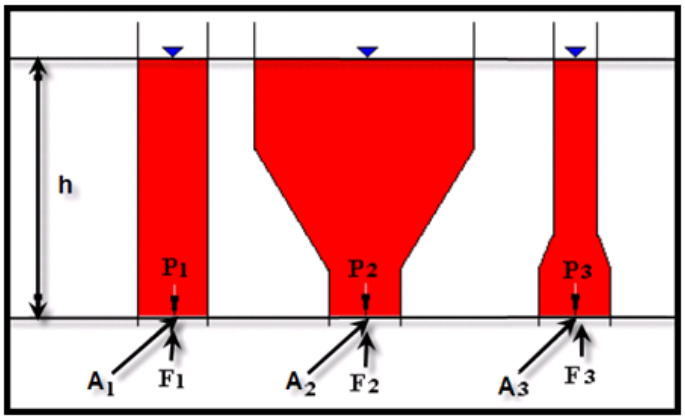
Basınç aşağıdaki bağıntı ile bulunur. **SI** sistemde kuvvetin birimi **Newton (N)** ve alan birimi metrekaredir (m^2). Böylece birim alana uygulanan kuvvet olarak tanımlanan basınç, metrekareye Newton olarak ölçülür. Birimi **Paskal (Pa)** olarak tanımlanır.



Basınç aynı zamanda herhangi bir sıvı veya gaz akışkanın bulundukları kapların birim alanlarına yaptıkları kuvvet olarak tanımlanabilir. Akışkan basıncı akışkan molekülleri ve içinde bulunduğu kabın çeperleri arasındaki momentum değişiminden ileri gelmektedir. Akışkanlarda basınç iki şekilde uygulanmaktadır.

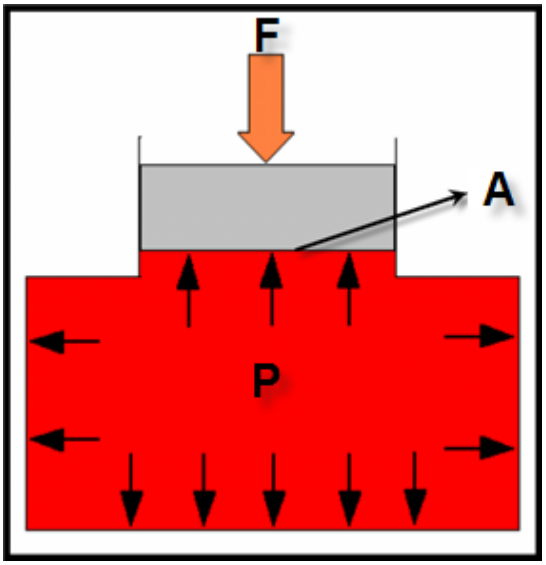
- **Statik basınç:** Durgun bir akışkanın içinde bulunduğu kabın duvarlarına ve kap tabanına yaptığı basınç statik basınç olarak tanımlanır. Statik basınç bütün yönlerde aynıdır.

  Şekil 1.2'de görüldüğü gibi, eşit alanlara **(A_1=A_2=A_3),** statik basınç uygulandığında, oluşan kuvvetler aynı büyüklüktedir **(F_1=F_2=F_3).** Burada kabın şeklinin basınç ve oluşan kuvvete hiçbir etkisi yoktur.



Şekil 1.2: Statik basınç

Dış kuvvetler sonucu meydana gelen basınç oluşumlarında ise temel prensip **Paskal Kanunu**'dur (Şekil 1.3). Kapalı bir kaptaki akışkana kuvvet uygulandığında belirli bir basınç meydana gelir. Bu basınç, yer çekimi ihmal edilmek kaydıyla kabın her noktasında eşit ve yüzeye diktir.



Şekil 1.3: Paskal kanunu

- **Dinamik basınç:** Akışkanın akışı sırasında akış yönüne dik yüzey üzerine akışkan basınç oluşturur. Hareketli akışkanın oluşturduğu bu basınç **"Dinamik Basınç"** olarak tanımlanmaktadır.

Basınç ölçümü, mutlak basınç, cihaz basıncı ve diferansiyel basınç ölçümü olmak üzere üç şekilde yapılmaktadır.

- **Mutlak basınç** bir akışkanın belli bir noktadaki basıncı ile basıncın mutlak sıfırı yani tamamen boş arasındaki farktır. Çünkü cıva sütununun yüksekliği, atmosferik basınç ile cıva sütununu üstündeki **Torriçelli** boşluğunun sıfır basıncı arasındaki farkı ölçer.

- **Cihaz basıncı:** Eğer basınç ölçüm cihazı bilinmeyen bir basınç ile ortam atmosfer basıncı arasındaki farkı ölçüyorsa ölçüm değeri **"Cihaz Basıncı"** olarak tanımlanır.

- **Diferansiyel basınç:** Eğer basınç ölçüm cihazı atmosfer basıncı olmayan iki bilinmeyen basınç arasındaki farkı ölçüyorsa bu durumda da ölçüm değeri **"Diferansiyel basınç"** olarak tanımlanır.

1.2. Basınç Birimleri

Proses alanında basıncı belirtmek için birçok birim kullanılmaktadır.

- **Sıvı sütunu cinsinden tanımlanan birimler:**

  - **Torr:** 0 °C 'de 1 mm yüksekliğindeki cıva sütununun tabanına yapmış olduğu basınç bir torr'dur.

  - **mmSS**: +4 °C 'de 1 mm yüksekliğindeki su sütununun tabanına yapmış olduğu basınç da 1 mmSS olarak tanımlanmıştır.

  - **Atmosfer [Atm]:** Deniz seviyesinde 0 °C sıcaklıktaki atmosferik hava basıncı 760 mmHg olarak ölçülmüş ve bu büyüklüğe bir fiziksel atmosfer denmektedir.

    1 Atm = 760 mmHg = 760 Torr

- **Temel birimlere dayanan basınç birimleri:**

  - **Teknik Atmosfer [At]:** 1 cm^2 'lik alan üzerine dik olarak etki eden ve bileşkesi 1 kp olan yayılı yükün bu alanda oluşturduğu basınç bir teknik atmosfer tanımlanmıştır.

  - **Pascal [Pa]:**1 m^2'lik alan üzerine dik olarak etki eden ve bileşkesi 1 N olan yayılı yükün bu alanda oluşturduğu basınç bir pascaldır.
    1 Pa = 1 N/m^2

Yukarıda belirtilen basınç birimleri eskiden kullanılmış olan, bugün artık tarihi değeri olması gereken birimlerdir. Ancak; topluma mal olmuş eski birimlerden pascal birimine dönüşün sıkıntıları hala sürmektedir. Günlük hayatımızda eski birimleri kullansak bile, teknik veya bilimsel raporlar düzenlenirken pascal birimine dayalı basınç birimlerini kullanmak zorunludur.

Uluslararası standartlarda (SI) basınç birimi Pascal (Pa)'dır. Ancak günümüz endüstrisinde yaygın olarak kullanılan iki basınç birimi vardır. Bunlar **Bar** ve **PSI'** dır. Tablo 1.1. de basınç birimleri ve dönüşümleri verilmektedir.

	Pascal (Pa)	**Bar (bar)**	**Teknik atmosfer (at)**	**Atmosfer (atm)**	**Torr**	**Pound-kuvvet/ inch*inch (PSI)**
1 Pa	**1N/m²**	**10^{-5}**	**$1{,}0197\times10^{-5}$**	**$9{,}8692\times10^{-6}$**	**$7{,}5006\times10^{-3}$**	**$145{,}04\times10^{-6}$**
1 Bar	**100 000**	**10^6 dyn/cm²**	**1,0197**	**0,98692**	**750,06**	**14,504**
1 at	**98 066,5**	**0,980665**	**1 kgf/cm²**	**0,96784**	**735,56**	**14,223**
1 atm	**101 325**	**1,01325**	**1,0332**	**1 atm**	**760**	**14,696**
1 Torr	**133,322**	**$1{,}3332\times10^{-3}$**	**$1{,}3595\times10^{-3}$**	**$1{,}3158\times10^{-3}$**	**1 mmHg**	**$19{,}337\times10^{-3}$**
1 PSI	**6 894,76**	**$68{,}948\times10^{-3}$**	**$70{,}307\times10^{-3}$**	**$68{,}046\times10^{-3}$**	**51,715**	**1 lbf/in²**

Tablo 1.1: Basınç birimleri ve çevrimleri

1.2.1. Bar

Bar genellikle mühendislik uygulamalarında, Pascal'ın çok büyük değerler alması sebebiyle, onun yerine kullanılan basınç birimidir.

1 Bar =14,7 PSI
1 Bar = 1,033 kg/cm^2 (yaklaşık 1 kg/cm^2 alınır.)
1 Bar =100000 Pa = 1 x 10^5 Pa
1 Bar = 0,986855 Atm = 750 mmHg

1.2.2. PSI

PSI ise İngiliz standartlarına bağlı ülkeler tarafından kullanılmaktadır.

1 PSI=1 libre / inch^{2}dir.
1 Bar=14,7 PSI

Örnek1: Basınç göstergesinde okunan değer 147 PSI'dır. Bu basınç değerinin Bar olarak karşılığını bulunuz.

Çözüm: 14,7 PSI 1 Bar
147 PSI x Bar
---
x = 10 Bar

Örnek 2: Basınç göstergesinde okunan değer 12 Bar'dır. Bu basınç değerinin PSI olarak karşılığını bulunuz.

Çözüm: 1 Bar 14,7 PSI
12 Bar x PSI
---
x = 176,4 PSI

1.3. Basınç Ölçerler

Basınç ölçümü amacıyla çok çeşitli cihazlar kullanılmaktadır. Yapıldıkları malzeme, boyut, çalışma ilkesi birbirinden çok farklı olabilir.

Başlıca farklılık sebepleri şunlardır:

- Basınç aralığı
- Hassasiyet
- Ölçülecek basıncın şiddeti
- Taşınan akışkanın debisi
- Taşınan akışkanın korozifliği

-
- Akışkan içindeki tanecik miktarı ve boyutu
- Montaj şartları
- Maliyeti

1.3.1. U Tüplü Basınç Ölçer

Gaz veya sıvı akışkanların basıncını ölçmek için kullanılan bir alettir. U şeklindeki bir borudan meydana gelir. Boru içinde bulunan sıvı, akışkan tarafından uygulanan basınca bağlı olarak seviye değiştirir. İki koldaki seviye farkı önceden hazırlanan ölçekli bir cetvelde ölçülerek basınç bulunur. Cıva düşük buhar basıncı ve yüksek yoğunluğundan dolayı tercih edilmektedir.

U Tüplü Basınç Ölçer (Manometreler) diğer basınç ölçen cihazlar gibi sistemin toplam basıncını (mutlak basınç) ölçmezler. Atmosfer basıncına ilave edilen veya vakum durumunda atmosfer basıncından çıkarılan değerleri gösterir. Açık uçlu ve kapalı uçlu olmak üzere ikiye ayrılır.

Açık uçlu manometreler: Açık uçlu manometrenin bir ucu açıktır. Kapalı kapta bulunan bir gazın basıncını ölçmek için kullanılır. Açık hava basıncından etkilendiği için işlem yapılırken açık hava basıncının değeri dikkate alınarak hesaplama yapılır ve bu nedenle açık uçlu manometre adını alır (Resim 1.1).

Açık uçlu manometrelerde U borusunun bir kolu havaya açıktır, diğer kolu ise içinde bir miktar gaz bulunduran ve basıncı ölçülecek kaba bağlıdır. Bu tür manometreler, gaz basıncı ile cıva sütunu ve cıva sütunun üzerine etki yapan açık hava basıncının dengelenmesi esasına dayanmaktadır. Cıva yerine başka sıvı maddelerde kullanılabilir. Ancak başka sıvı kullanılırsa; hesaplamalar, kullanılan sıvının yoğunluğu dikkate alınarak yapılacaktır. Açık uçlu manometrede üç durum mevcuttur.

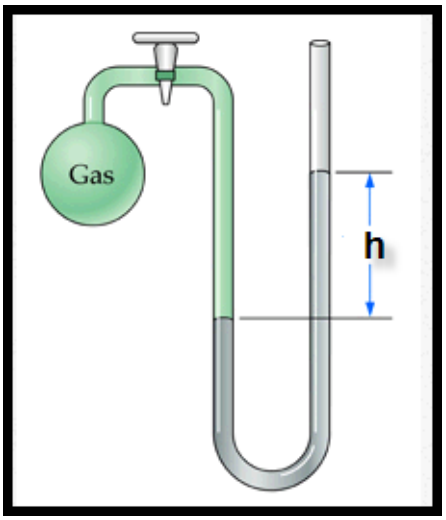
$$P_{gaz} < P_{hava(dış)}$$

$$P_{gaz} = P_{hava(dış)} - P_{fark\ (h)}$$

$$P_{gaz} > P_{hava(dış)}$$

$$P_{gaz} = P_{hava(dış)} + P_{fark\ (h)}$$

$$P_{gaz} = P_{hava(dış)}$$

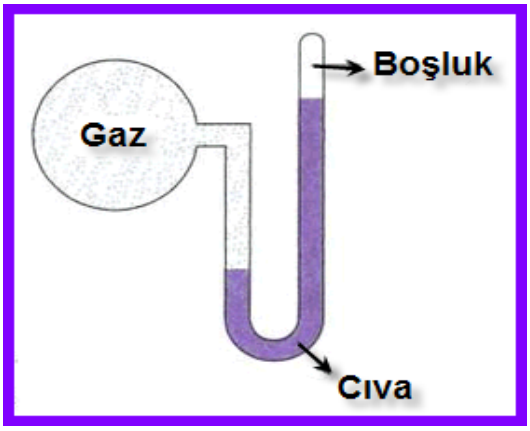


Resim 1.1: Açık uçlu manometre

Kapalı uçlu manometreler (Resim 1.2): Kapalı kapta bulunan bir gazın basıncını ölçmek için kullanılır. Kapalı uçlu manometrelerde, bir ucu kapalı U borusu diğer ucu içinde bir miktar gaz bulunduran ve basıncı ölçülmek istenen kap bağlıdır. Kapalı uçlu kolun üstünde boşluk vardır. Cıva yerine başka sıvı maddeler de kullanılabilir. Ancak başka sıvı kullanılırsa; hesaplamalar kullanılan sıvının yoğunluğu dikkate alınarak yapılacaktır.

Kapalı uçlu bir manometrede kullanılan U borusunun kolları arasındaki sıvının yükseklik farkı kapta bulunan gazın basıncını verir. Kapalı uçlu manometreler açık hava basıncından etkilenmez. Bu nedenle, işlem yapılırken açık hava basıncının değerini dikkate almadan hesaplama yapılır.

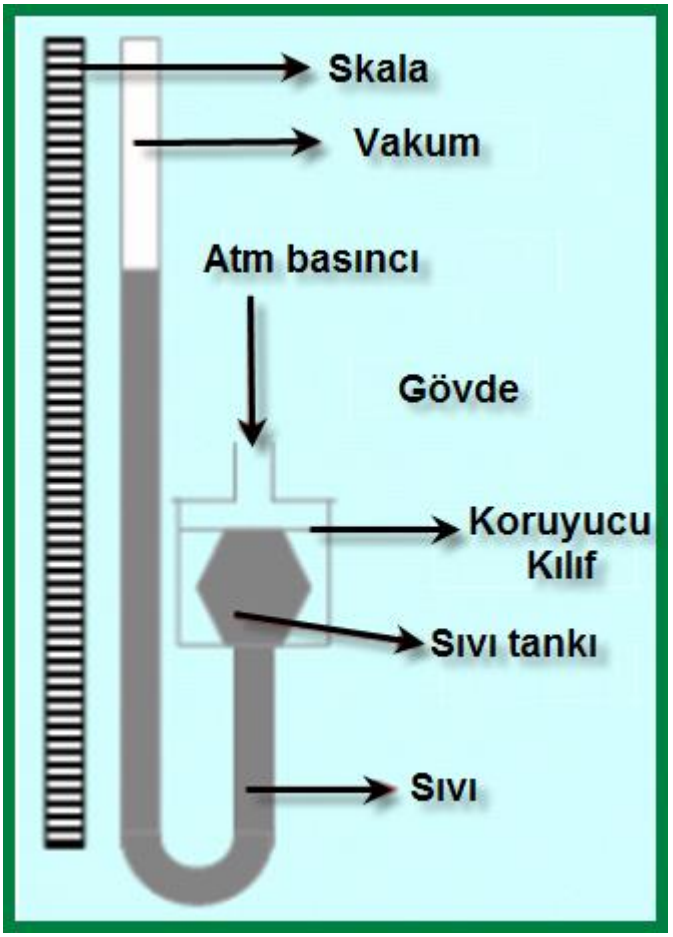
$$P_{gaz} = P_{fark}\,(h)$$



Resim 1.2: Kapalı uçlu manometre

1.3.2. Cam Tüplü Basınç Ölçer

Şekil 1.4'te görüldüğü gibi bir ucu kapalı diğer ucu sıvı tankına bağlanmış, sıvı tankından atmosfere açık olduğu bir ince cam boru düzeneğidir.



Şekil 1.4: Cam tüplü basınç ölçer

Sıvı olarak genellikle cıva kullanılır. Sıvı yükseltisinin cam tüpte görebilmek için borunun yanına bir skala yerleştirilmiştir. Bu skaladan mm veya cm olarak sıvının yüksekliği okunur. Cam boru içerisinde bulunan vakum kısmı ve atmosferin etkisi ile cam boru içinde bulunan sıvıdaki yükselmenin göstermiş olduğu skala değeri bize atmosfer basıncının değerini verecektir.

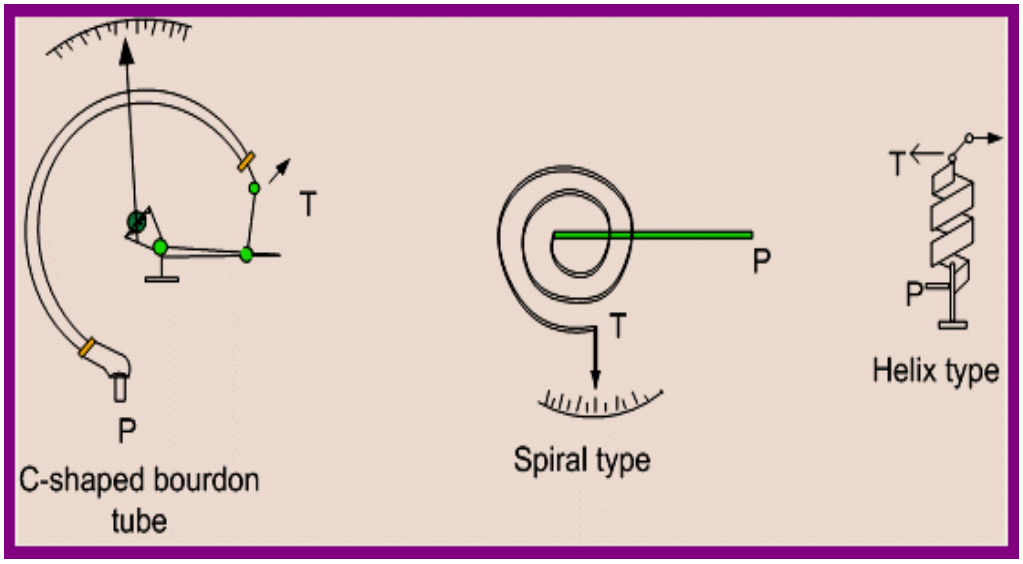
Bazı düzeneklerde hava şartları ve bozucu etkenlerden dolayı skala kısmının veya sıvı tankının yüksekliğinin ayarlanabilir olması sistemin kalibrasyonu için bir avantaj sağlamaktadır.

1.3.3. Buordon Tüplü Basınç Ölçer

Bourdon tüpü basınç göstergeleri proseslerde statik basınç ölçümünde en yaygın kullanılan basınçölçerdir. Bir Fransız saatçisi olan Bourdon tarafından 1850 yılında bulunmuş ve 19. yüzyılda sıvı akışkan ve gaz akışkan ortamlarında basınç ölçümü için kullanılmaya başlanmıştır. Çok düşük ve çok yüksek basınçların ölçülmesinde sıklıkla kullanılır.

Bourdon tüpleri, metal alaşımları olan paslanmaz çelik veya pirinç gibi malzemeden yapılır. Ancak özellikle pas yapıcı akışkanlar söz konusu ise K–Monel gibi alaşımlar kullanılır. Ancak bu alaşımlar yüksek viskoziteli ortamlarda, kristalize olan ortamlarda veya bakır alaşımlar ile reaksiyona giren akışkan ortamlarında kullanılmaz.

Basınç ölçümü üç değişik Bourdon tüpü ile ölçülmektedir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: Bourdon tüplü basınç ölçerler

1.4. Korozyon Yapıcı Akışkanların Basıncının Ölçülmesi

Birçok kimyasal proseste sıvı ve gazların taşınmasında özellikle petrokimya ve rafineri proseslerinde donanımların hemen hemen tümü, maruz kaldıkları şartların sonucu olarak yıpranmaya uğrar. Normal işletme koşullarında yıpranma, her zaman olmasa da, genelde yavaş bir gelişme gösterir. Yıpranma genelde metal kaybı şeklinde, bazen de metalin yapısal ve kimyasal değişimi şeklinde olur.

Bu değişim yüzeysel görünür ve bir kayıp olmadan da metali zayıflatır. Yüksek sıcaklık ve erozyon korozyonu da yıpranmanın önemli nedenlerindendir. Atmosfer sıcaklığının korozyon etkisi çok az olsa da, yüksek sıcaklık kimyasalların etkisi ile demir ve alaşımları üzerinde aşırı korozif etki yaratır. Korozyona neden olan erozyona ise özellikle

boru donanımları, dram, kolon ve ısı değiştiricilerinde rastlanır. Sıvı ve gazlar aktığında metal ve alaşımlarında erozyon korozyonuna (aşınmaya) neden olur.

Bazı akışkanlar, sistem üzerindeki ölçüm araçlarına zarar verecek derecede korozif (aşındırıcı) olabilir. Bu gibi durumlarda basıncı ölçülecek akışkan ile basınçölçeri birbirinden yalıtmak gereklidir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Size verilen prosesteki basınç elemanlarını açarak sistemden akan maddenin basınç değerini ölçünüz.

Kullanılacak araç ve gereçler:

- Kontrol elemanları,
- basınç değerini ölçme elemanları

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Kontrol elemanının vanasını açınız.	➢ Çalışma önlüğünüzü giyiniz. ➢ Çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➢ Kullandığınız araç ve gereçlerin temizliğine dikkat ediniz.
➢ Basınç değerlerini ölçünüz.	➢ Basınçölçer kullanım kurallarına uyunuz.
➢ Değerlere uygunluğunu kontrol ediniz.	➢ Talimattaki değer ile kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (**X**) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kontrol elemanının vanasını açtınız mı?		
2. Basınç değerlerini ölçtünüz mü?		
3. Değerlere uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme "ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet sonunda kazandıklarınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Durgun bir akışkanın içinde bulunduğu kabın duvarlarına ve kap tabanına yaptığı basınç aşağıdaki seçeneklerden hangisinde verilmiştir?
A) Açık hava basıncı
B) Mutlak basınç
C) Statik basınç
D) Dinamik basınç

2. Aşağıdakilerden hangisi basınç birimlerinden biri <u>değildir?</u>
A) Torr
B) mmSS
C) mmHg
D) Newton

3. 76 Torr basıncı kaç atm basıncına eşittir?
A) 0,01
B) 0,10
C) 1,00
D) 10,0

4. Aşağıdakilerden hangisi Bourdon tüpü çeşitlerinden biri <u>değildir?</u>
A) L tipi
B) C tipi
C) Helisel
D) Spiral

5. Bourdon tüpleri aşağıdaki metal alaşımlarından hangisinden imal edilmektedir?
A) Nikel veya platin
B) Demir ve bakır
C) Çelik veya pirinç
D) Alüminyum veya çinko

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

6. ( ) 0 °C 'de 1 cm yüksekliğindeki cıva sütununun tabanına yapmış olduğu basınç bir torr'dur.

7. ( ) Basınç ölçüm cihazı hiçbir atmosferik basınç olmayan iki bilinmeyen basınç arasındaki farkı ölçüyorsa bu durumda da ölçüm değeri **"mutlak basınç"** olarak tanımlanır.

8. ( ) Basınç aynı zamanda herhangi bir sıvı veya gaz akışkanın bulundukları kapların birim alanlarına yaptıkları kuvvet olarak tanımlanır.

9. ( ) SI sistemde kuvvetin birimi Newton (N) ve alan birimi metrekaredir. (m^2). Böylece birim alana uygulanan kuvvet olarak tanımlanan basınç, metrekareye Newton olarak ölçülür. Bu basınç birimi **"Torr"** olarak tanımlanır.

10. ( ) Deniz seviyesinde 0 °C sıcaklıktaki atmosferik hava basıncı 760 mmHg olarak ölçülmüş ve bu büyüklüğe bir **"fiziksel atmosfer"** denmektedir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında, sistemden akan maddenin sıcaklık kontrolünü yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Çevrenizdeki kimyasal üretim yapan tesislere giderek nasıl sıcaklık ölçümü yapıldığını araştırınız.
- Sıcaklık ölçerlerin çeşitlerini ve kullanım alanlarını araştırınız.

2. SICAKLIK KONTROLÜ

Tüm proses ve endüstriyel üretimlerde 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.

Metalürji (metal bilimi) 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.

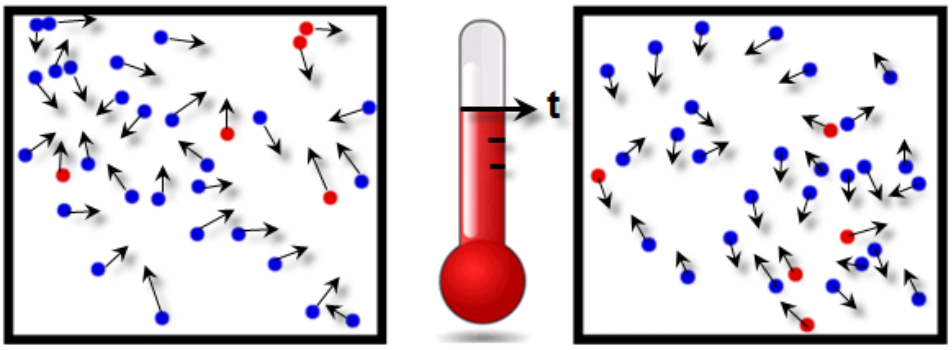
Sıcaklık ölçümü özellikle birçok kimyasal proses için en önemli değişkenlerden biridir. Fırın sıcaklıkları, ürün sıcaklıkları, kazan sıcaklıkları, ortam sıcaklıkları vb. birçok prosesin sıcaklık değerinin doğru olarak ölçülmesi ve değerlendirilmesi, üretimi yönlendiren mekanizmaların doğru çalışması anlamına gelir.

Sıcaklık ölçümü petrokimya ve rafineri proseslerinde en önemli enstrüman fonksiyonlarından biridir. Her cihaz ve makinenin en verimli biçimde çalışabileceği bir sıcaklık değeri vardır. Bu değerin altında ve üzerinde beklediğimiz sonuçları enstrümanlardan alamayız. Bu sektördeki operatörlerin ana görevlerinden biri belirli bir proses ekipmanını istenen bir sıcaklıkta tutmaktır. Sıcaklık birçok cihaz çeşidi ile ölçülebilmektedir. Kontrolde önemli olan sıcaklık değeri kontrol odasından takip edebilir.

2.1. Tanımı

Sıcaklık, bir cismin sıcaklığının ya da soğukluğunun bir ölçüsüdür. Bir sistemin ortalama moleküler kinetik enerjisinin bir ölçüsü de denmektedir (Resim 2.1). Diğer bir

deyişle bir maddeyi oluşturan taneciklerin sahip oldukları kinetik enerjilerinin ortalamasına (yaklaşık bir taneciğin kinetik enerjisine) sıcaklık denir.



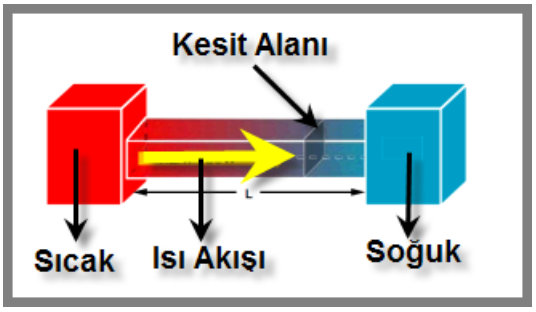
Resim 2.1: Ortalama kinetik enerji-sıcaklık

Duyularla algılanmakta ve genellikle sıcak veya soğuk terimleri ile ifade edilmektedir. Teknik olarak bu değerlendirme doğru değildir. İki cisim birbirisine temas ettirildiğinde sıcak olan soğumakta soğuk olan ısınmakta ve belirli bir süre temas halinde kaldıklarında her ikisi de aynı sıcaklığa gelmektedir. Buradan yola çıkarak sıcaklık bir maddenin ısıl durumunu belirten ve ısı geçişine neden olan etken olarak da tanımlanabilir.

Sıcaklık:

- Isının uygulanması sonucu meydana gelen bir özelliktir.
- Ölçümü ve kontrolü proses kontrol alanının en önemli ilgi alanlarından birisidir.
- Proses kontrol amacıyla ısı yerine takip edilmesi daha pratik bir parametredir.

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.



Resim 2.2: Isı ve sıcaklık

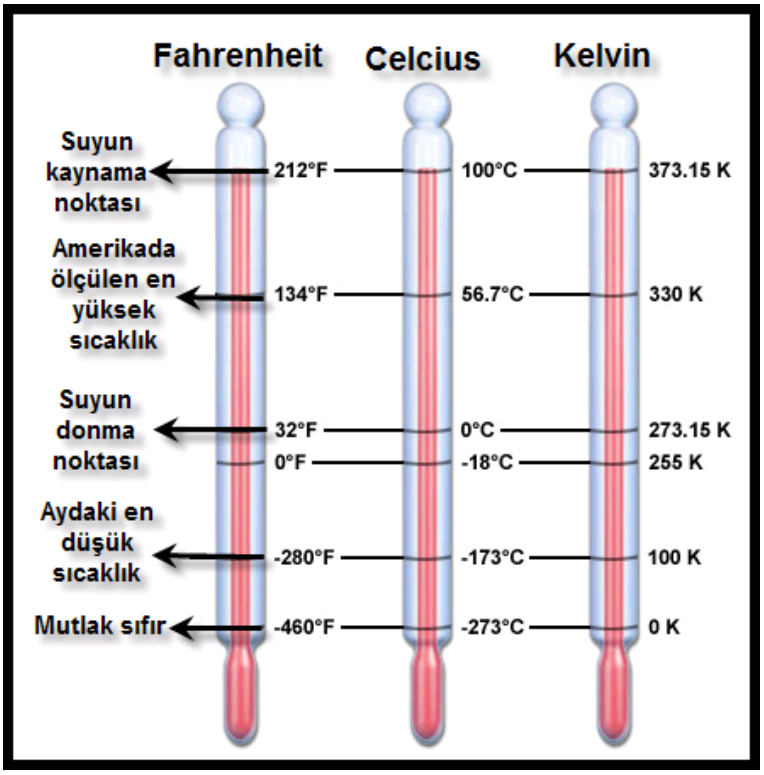
Aynı zamanda sıcaklık, kimyasal reaksiyonları etkileyen değişkenlerden birisidir. Sıcaklık artışı reaksiyon hızını arttırır. Sıcaklık düşüşü ise reaksiyonu yavaşlatır.

Üretimin istenilen şekilde devam edebilmesi için sıcaklığın devamlı kontrol altında tutulması gerekir. Ayrıca sıcaklıktaki değişimleri takip ederek bazı arızaları kalıcı hasar bırakmadan önce tespit ederek önlem alabiliriz. Olağan dışı sıcaklık artışı bir arızaya işaret eder.

2.2. Birimler

Sıcaklık bir ısı ölçüsüdür. Sıcaklık ölçüleri sabit sıcaklıklarda meydana gelen fiziksel olaylar cinsinden ifade edilir. Bu olayların sıcaklıkları "sabit noktalar" olarak bilinir. Tüm ölçüm sistemlerinde bir referans noktası vardır. Sıcaklık ölçümleri içinde referans noktası olarak suyun donma sıcaklığı temel alınmış ve bu sıcaklık "0" santigrat derece (°C) olarak kabul edilmiştir.

Sıcaklığın iyi bir şekilde ölçülmesi ve takip edilebilmesi için bir sıcaklık ölçeğinin belirlenmesi gereklidir. Sıcaklık termometre denilen ölçü aletleri ile ölçülmektedir. Günümüzde yaygın olarak kullanılan sıcaklık birimleri şunlardır: Celsius (°C), Fahrenheit (°F), Kelvin (°K) ve Reaumur (°R)'dür.



Tablo 2.1: Sıcaklık birimleri suyun donma ve kaynama noktalarının karşılaştırılması

Lord Kelvin sıcaklık ölçümünü mekanik iş cinsinden tarif etmiştir. Bu iş, iki sıcaklık arasında çalışan tersinir ısı makinesinden elde edilmekte ve bundan dolayı maddenin özelliklerine bağlıdır. Kelvin, donma ve kaynama noktaları arasındaki aralığı 100 eşit aralığa böldü, böylece bir Kelvinin, bir Celsius derecesi ile aynı sıcaklık aralığını göstermesini sağlamıştır. Termodinamik hesaplamalarında sıcaklık ölçeği "Kelvin" olarak kullanılmaktadır. Bilinen en düşük sıcaklık ise bir maddenin moleküler hareketinin durduğu, herhangi bir ısı enerjisinin olmadığı '' Mutlak Sıfır '' olarak ifade edilen 0°K (Kelvin) kabul edilmiştir.

Endüstride yaygın olarak kullanılan sıcaklık birimleri Celcius (C) ve Fahrenheit (F)'tır. Pek çok sıcaklık ölçer cihazın üzerinde bu iki birim beraber bulunur.

2.3. Sıcaklık Ölçerler

Sıcaklık ölçerler aşağıdaki gibi sınıflandırabilir.

- Kılcal tüplü termometreler
- Esnek elemanlı termometreler
- Elektrikli Termometreler
    - Termokupullar
    - Termopiller
    - Portatif Pirometre
    - Direnç elemanlı termometreler
    - Kızılötesi ışınlı termometreler
- Dolu sistem termometreler
- Bimetal termometreler
- Sıcaklık anahtarları

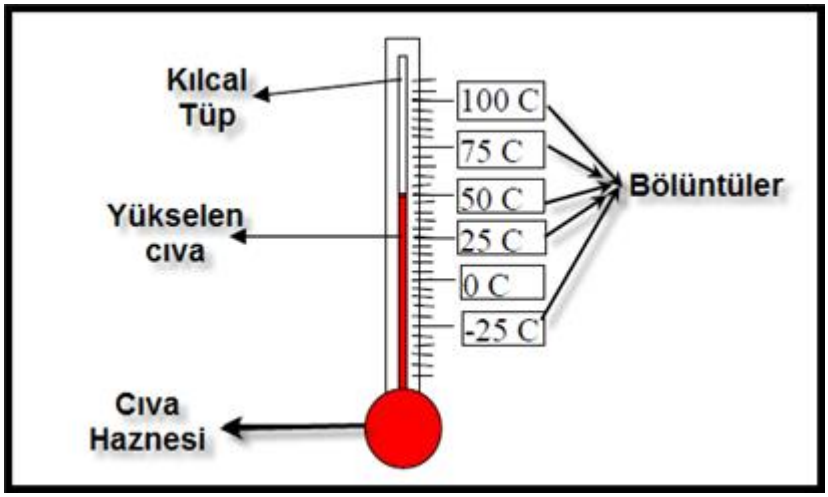
2.3.1. Kılcal Tüplü Termometreler

Dolu sistem termometreler endüstri ve laboratuvar kullanımının yanı sıra ev ve sağlık alanında da kullanılır. Bazı endüstriyel kullanımlarda, özellikle kırılan camlardan kaçan cıvanın ürünlere önemli derecede zarar verdiği yerlerde termometreyi doldurmak için başka sıvılar kullanılır. Bu sıvılar cıvalı termometrelerin ölçüm aralığına uymayan yerlerde de kullanılabilir (Tablo 2.2).

Sıvı	Sıcaklık Aralığı
Cıva	— 35 den + 510
Alkol	— 80 den + 70 e
Toluen	— 80 den + 100 e
Pentan	— 200 den + 30 a

Tablo 2.2: Cam termometrelerde kullanılan sıvılar (genleşen tipler)

Kılcal Tüplü termometreler dolu sistem termometre türlerinden biri olup, sıcaklık, kılcal boru içindeki cıva sütununun yüksekliği ile gösterilir ve ölçülür (Şekil 2.1). Sıcaklık arttıkça moleküller daha hızlı hareket eder. Artan bu hareketlilikle beraber genleşerek hacimleri artar. Sıcaklık artışı ile doğru orantılı olarak gerçekleşen bu hacim artışı kılcal tüp içindeki cıva seviyenin de yükselmesine neden olur.



Şekil 2.1: Kılcal tüplü termometre

Sıcaklık azaldığında ise cıva içindeki molekül hareketleri azalarak kılcal tüp içindeki seviye düşer. Sıvı hâldeki cıva sıkıştırılamayacağından, sıcaklığa bağlı olarak seviye artar veya azalır. Kılcal tüp üzerindeki bölüntüler yardımı ile bu seviye değişimi sıcaklıktaki değişim olarak okunur.

Dezavantajları:

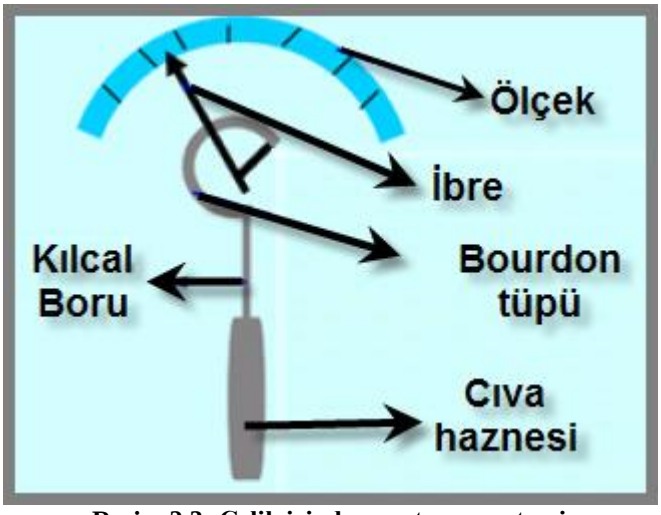
- Termometrenin pozisyonuna bağlı olarak okumanın her zaman en iyi şekilde yapılamamasıdır.
- Çok büyük sıcaklık değişimlerinin ölçülebilmesi için kılcal tüpün çok uzun olması gerekir.
- Bölüntülerin okunabilmesi ve cıvanın yer değişimini takip edebilmek için tüpler camdan yapılmıştır. Uzun tüpler ise dış etkenlerle kolayca kırılabilir.

- Uzun tüplerde cıvanın içinde hareket edeceği düzgün bir delik elde etmek zordur. Eğer delik düzgün değil ise aynı sıcaklık değişiminde cıvanın yer değiştirmesi farklı değerde olur.

2.3.2. Esnek Elemanlı Termometreler

C Tipi bourdon tüplü termometre: Sıvı camlı termometreleri endüstride kullanılmasını sınırlayan nedenler bulunmaktadır. Bunlar camın kırılır olması ve termometrenin pozisyonuna bağlı olarak okumanın her zaman en iyi şekilde yapılamamasıdır. Bu zorluklar çelik içinde cıva termometrelerle giderilir. Bu tip termometreler camlı termometreler ile tamamen aynı prensibe göre çalışır. Bununla beraber cam hazne yerine çelik hazne, kılcal cam boru yerine yine kılcal paslanmaz çelik boru kullanılmıştır. İçindeki sıvı görülmediğinden hacim değişimini ölçmek için Bourdon borusu (C tipi) kullanılır.

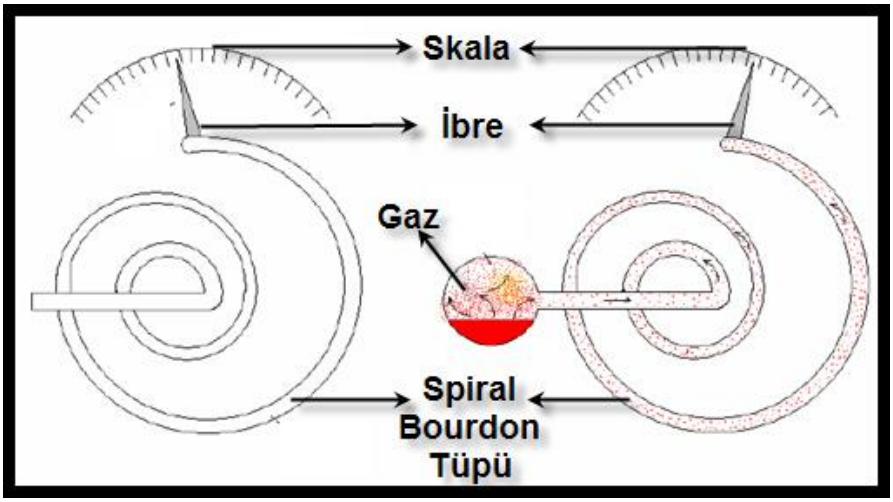
Esnek elemanlı termometrelerde Bourdon tüpü basıncı ölçüp sıcaklığı gösterecek şekilde değiştirilebilir. Bourdon borusunun sağlam olması güvenilir ölçüm yapılmasını sağlar. Sıcaklık yükseldikçe cıva hazneden daha fazla genleşir. Böylece biraz cıva ince borudan Bourdon borusuna iletilir. Sıcaklığın yükselmesi ile artan cıva Buordon borusuna sabitlenmiş ibrenin hareket etmesini sağlar.



Resim 2.3: Çelik içinde cıva termometresi

Spiral bourdon tüplü termometre: Spiral Bourdon tüpü de basınç ölçümlerinde sık kullanılan bir araçtır (Resim 2.4).Bu araç basıncı ölçüp sıcaklığı gösterecek şekilde değiştirilebilir. Kapalı bir kap içindeki sıvı veya gaz ısıtıldığında, kap içerisindeki basınç artar. Sıcaklık, dolaylı olarak termometre içindeki sıvının yaptığı basınç ölçülerek bulunabilir.

Bourdon tüpünde, tüp sıvı veya gazla doldurulur. Sıcaklık arttığında moleküller daha hızlı hareket eder. Bu hızlanma tüp içerisindeki basıncı arttırır. Artan basınç spiral şeklindeki Bourdon tüpünü düzleştirmeye çalışır. Tüp düzleşmeye başlayınca tüpün ucundaki ibre saat yönünde hareket eder. İşte basınçtan gelen bu hareket, bir kadran üzerinde artan sıcaklık olarak gösterilir. Azaldıkça basınç tekrar düşer ve tüp tekrar düzleşir. Esnek elemanlı termometrelerin bazı çeşitleri buhar açığa çıkarır. Sıvılar ısıtıldıklarında buharlaşır. Sıcaklık arttıkça açığa çıkan buhar miktarı da artar. Artan buhar, spiral tüp içindeki basıncı arttırır. Basınçtaki artış, tüpün kıvrılmasına veya açılmasına neden olur.



Resim 2.4: Spiral bourdon tüplü termometre:

2.3.3. Elektrikli Termometreler

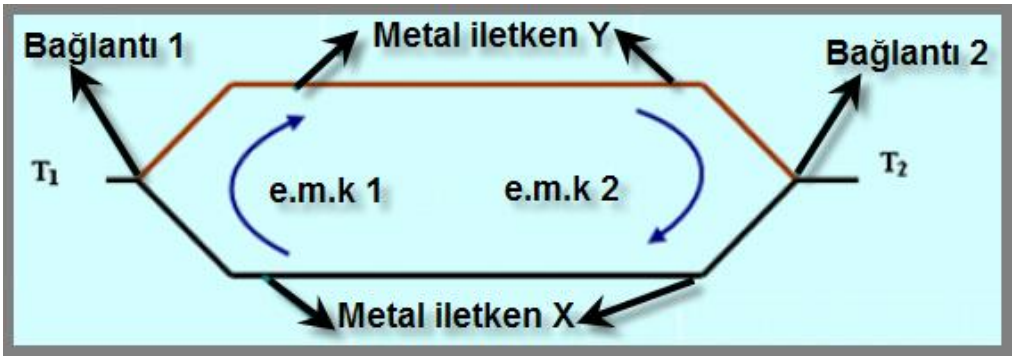
Bu tip termometreler, sıcaklığın metaller üzerinde meydana getirdiği elektriksel özellikleri (gerilim, akım ve direnç) değiştirmesi prensibine dayanarak çalışır. Başlıca tipleri şunlardır:

- Termokupul
- Termopil
- Portatif pirometre
- Direnç elemanlı termometre

2.3.3.1. Termokupullar

Sıcaklık ölçümleri giderek artan oranda önemli bir konu haline gelmiştir. Sıcaklık tamamen Çok çeşitli fiziksel özellikleri etkileyen bir parametre olması nedeniyle ölçülmesi gereken önemli bir değişkendir. Sıcaklık ölçümü için çok çeşitli yöntemler vardır. Bunlar içinde elektronik dünyasının en çok kullandığı sensörlerden birisi termokupuldur.

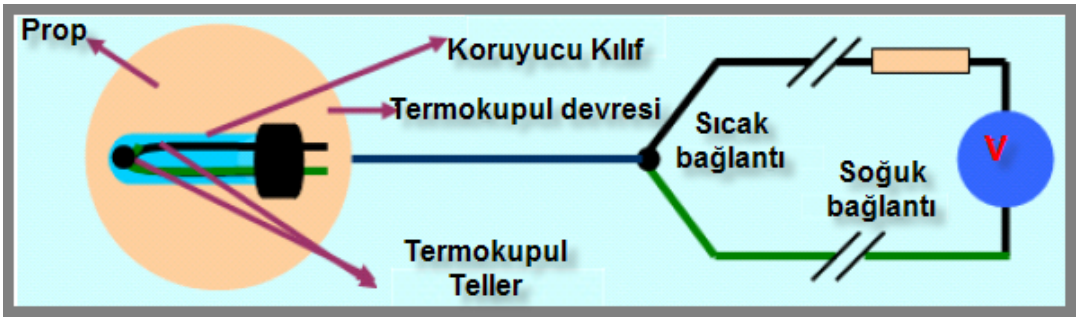
Termoelektrik bir cismin ısı ve elektrik enerjisi ilişkisidir. Isı ve elektrik enerjisi birbirine dönüşebilir. Şayet ısı enerjisi etkisi ile elektrik enerjisinde bir değişim söz konusu ise elektrik enerjisinin ölçümünden yola çıkarak ısı enerjisi de ölçülebilir. Ölçüm işlemi farklı sıcaklıklardaki iki metal telin uçları bağlanarak oluşturulan bir konstrüksiyona sahiptir. Bağlı uçlara **sıcak nokta** veya **referans noktası** denir. Termokupul gerilimi, sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki gerilim farkından doğar. Devrede üretilen gerilim sıcaklık farkı ile doğru orantılıdır. İki bağlantıda aynı sıcaklıkta ise herhangi bir gerilim üretmeyecektir. Şekil 2.2'de ne zaman T_1 ve T_2 sıcaklıkları arasında fark oluşur ise sistem gerilim üretmeye başlar. Termokupullar, endüstride sıcaklık ölçmede yaygın olarak kullanılır. Termokupul imalatında bakır, demir, nikel, krom, platin ve radyum gibi metaller kullanılır. Termokupul kullanıldığı metallere göre -200° ile + 2320°C' a kadar ölçüm yapılabilir.



Şekil 2.2: Termokupul teorisi

Bir elektrik devresi tamamen metal iletkenlerden meydana gelmişse ve devrenin tüm kısımları aynı sıcaklıkta ve devrede elektromotor kuvvet yoksa devreden bu durumda hiçbir akım geçmez. Bununla beraber devre birden fazla metalden meydana gelmiş ve bu iki telin eklemleri farklı sıcaklıklarda ise devrede e.m.k (elektro motor kuvvet) oluşur ve akım geçer. Üretilen e.m.k.'ne termoelektrik e.m.k. denir. Isıtılan eklem de bir termokupuldur.

Şekil 2.3'de görüldüğü gibi iki metal tel uçları birbirine kaynatılmış ve üzerine koruyucu kılıf geçirilmiştir. Bu uç ölçüm yapılacak cismin üzerine yerleştirilir. Tellerin bağlı olmayan diğer iki ucu termokupul devresine gitmektedir. Şayet bağlantının biri diğerinden faklı sıcaklığa sahip olursa elektrik akımı geçmeye başlayacaktır. Elektrik akımının geçmesi demek kollar arasında gerilim farkı oluşmuş demektir. Bu değer voltmetre ile ölçülür. Voltmetre sıcaklık ölçü aleti gibi kalibre edilirse probun ölçmüş olduğu değer, göstergede direkt sıcaklık olarak görülecektir.



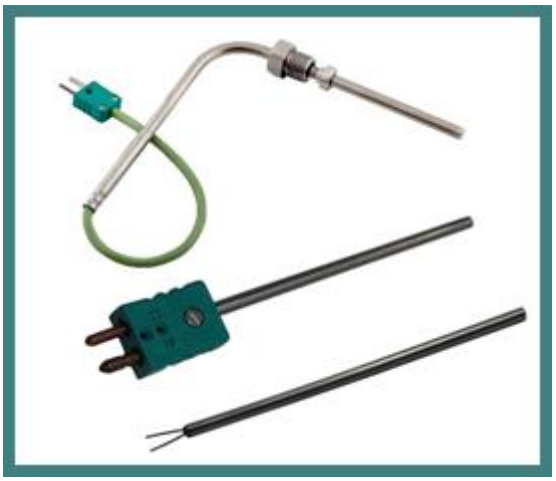
Şekil 2.3: Termokupul

➢ Termokupul Çeşitleri:

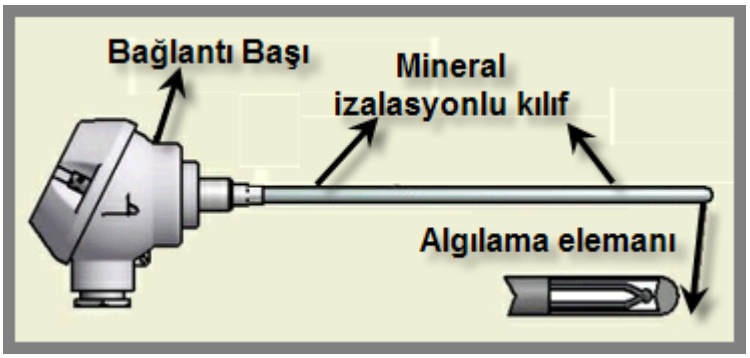
Mineral izoleli termokupullar (Resim 2.4 ve 2.5): Mineral izoleli termokupullar –40 ile +1600 0°C'ye kadar çok değişik proseslerde yaygın olarak kullanılır. Tek veya çift elemanlı termokupul eleman telleri ince bir metal koruyucu içine yüksek saflıkta metal oksit tozu ile sıkıştırılarak izole edilmişlerdir. Küçük çaplarda ve bükülebilir olması nedeniyle birçok proseslerde ve portatif uygulamalarda çok geniş kullanım alanları vardır.

Çeşitli makineler, tanklar, boru hatları, laboratuar uygulamalarında, hava, su, yağ ve gaz gibi sıvı ve gazlı ortamlarda, enerji santralleri, basınçlı kaplar, reaktörler ve kimyasal üretim yapılan yerlerde yoğun olarak kullanılır.

Sıcaklık limitleri içinde çalışabilecekleri ortamlarda bükülebilir özelliğinden dolayı kablo gibi dolaştırılabilir. Tünel fırınlarda hareket hâlindeki bir malzeme sıcaklığı veya fırın içi sıcaklık dağılımı ölçümünde kullanılır.



Resim 2.4: Mineral izoleli termokupullar



Resim 2.5: Mineral izoleli termokupul yapısı

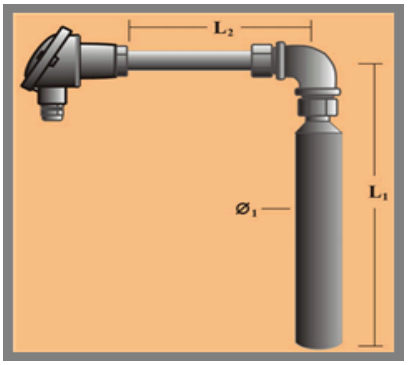
Düz tip termokupullar (Resim 2.6) : -200°C'den 2320°C'ye kadar değişik proseslerde yaygın olarak kullanılır. Termokupulun ömrünü uzatmak için proses şartları çok iyi belirlenmelidir. Bu doğrultuda termokupulla ilgili uygun eleman, izolatör, dış koruyucu gerekiyor ise iç koruyucu doğru seçilmelidir.

Düz insetli tip termokupullar genel olarak; kazanlarda, boru hatlarında, tanklarda, gaz ve sıvı ortamlarında, basınçlı ortamlarda ve çalışılan ortamın termokupulu kısa sürede yıprattığı ortamlarda kullanılır.

Düz insetli tip termokupulların en büyük kullanım avantajı, termokupulda bir arıza oluştuğu zaman, termokupul dış kılıf ortamdan çıkarılmadan, pratik bir şekilde inset çıkarılıp değiştirilebilir. Böylelikle sürece ara verilmemiş olur.

Resim 2.6: Düz Tip termokupullar

L Tipi termokupullar (Resim 2.7): L tipi termokupullar metal eriyiklerinin ve tuz banyolarının sıcaklık ölçümlerinde kullanılır. Bu proseslerde L tipi termokupulun kullanılmasının amacı, termokupul kafasını ortama açık olan banyo üzerindeki sıcaklık ve korozif ortamdan korumak içindir. Bu şekilde termokupul dengeleme kablosu ile termokupul eleman tellerinin bağlantı yapıldığı nokta 200°C'nin altında ve zararlı aşındırıcı gazlardan uzak kalacaktır.



Resim 2.7: L Tipi termokupul

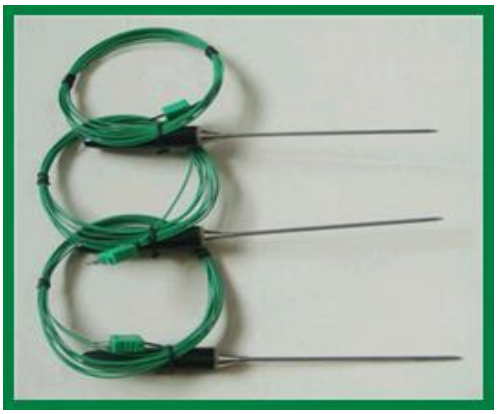
Portatif termokupullar ve diğer tip termokupullar: Portatif tip termokupullar gerek yüzey gerekse ortam sıcaklıklarının ölçümünde çok çeşitli proseslerde kullanılmaktadır. Doğru ölçüm alınabilmesi için termokupul boyu diş koruyucu çapının minimum 6–10 katı olmalıdır.

Portatif tip termokupullar genelde sabit kablolu olarak üretilir. Siparişte mutlaka kablo boyu belirtilmelidir.

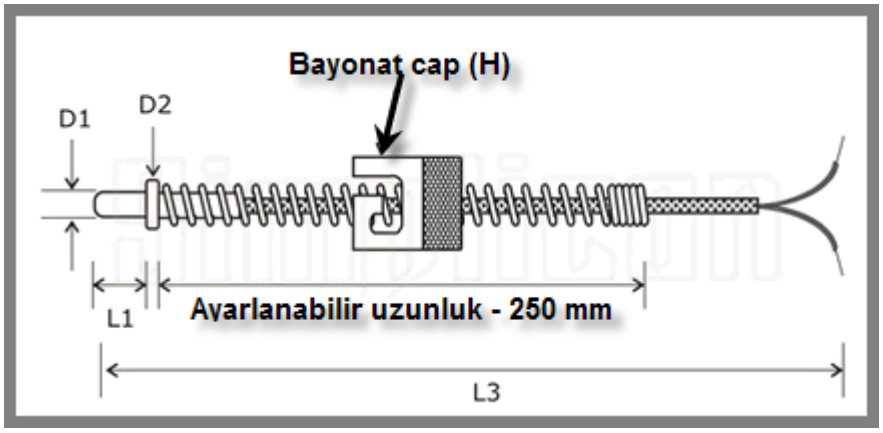
Resim 2.8: Portatif termokupullar

Bayonet tip termokupullar (Resim 2.8 ve 2.9): Bayonet tip termokupullar genelde basit proseslerde tercih edilen bir termokupuldur. Bayonet tip termokupllar, genel olarak çalışma şartları açısından daha kolay ortamlarda kullanılır. Sabit kablolu olarak üretilmektedir. Prosese yay sıkıştırmalı olarak monte edilir. Termokupul, ucundaki metal kablo ile sıkıştırıldığından sızdırmazlık özelliğine sahip değildir. Bu nedenle rutubetli ortamlarda ve sıvılarda kullanılmaz.

Genelde metal bloklara açılan bir deliğe daldırılarak veya metal yüzeyine temas ettirilerek kullanılır. Bayonet tip termokupullarda standart rekor M 12 x 1,5'tur.



Resim 2.9: Bayonet tip termokupllar



Resim 2.10: Bayonet tip termokupullar ve yapısı

➢ Termokupul seçimi:

Geniş sıcaklık aralığını ölçebilmeleri, sağlamlıkları ve kolay kullanabilirlikleri sayesinde endüstride geniş şekilde kullanılan termokupulların seçiminde aşağıdaki ölçütler göz önüne alınmalıdır.

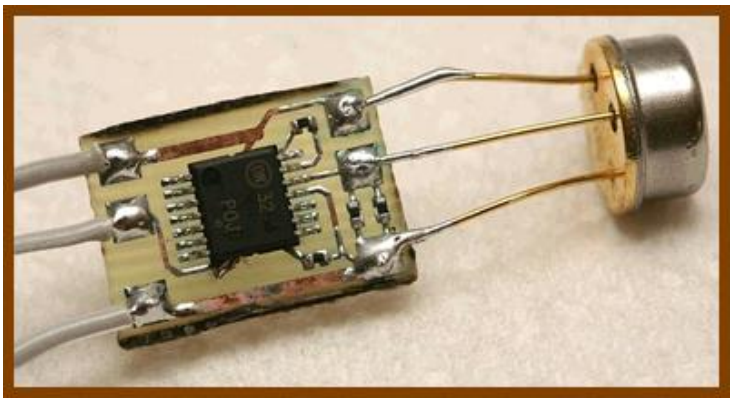
- Sıcaklık aralığı
- Termokupulun ya da koruyucu kılıf malzemesinin kimyasal maddelere karşı dayanıklılığı
- Aşınmaya veya titreşimlere olan dirençleri
- Kurulum gereksinimleri (Var olan bir cihazla uyumluluk gerekebilir, var olan mekanik yapı dalma boyunu, kılıf çapının vb. belirleyebilir.)

2.3.3.2. Termopiller

Termopiller çok sayıda termokupulun seri olarak bağlanması ile oluşan ısı enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren cihazlardır.

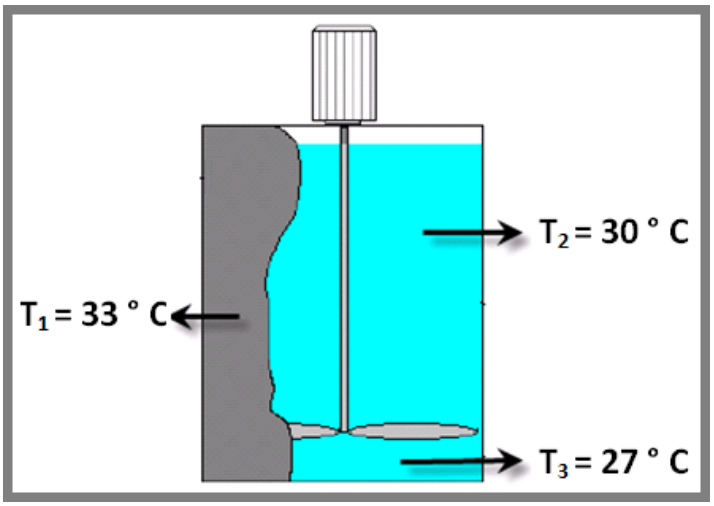
Üretim sırasında ürünün veya cihazın tek bir noktasından sıcaklık ölçümü yapmak yanıltıcı olabilir. Elde edilen değer sadece o noktadaki sıcaklığı gösterir. Bu gibi durumlarda değişik noktalardan ölçüm yapılarak ürünün ya da cihazın genelini temsil eden tek bir sıcaklık değeri elde edilmesi daha doğru olur. Özellikle büyük boyutlu cihazlarda (depolama tankları, reaktörler gibi) cihazın farklı bölümlerinde sıcaklık farkı önemsenmeyecek kadar fazladır.

Reaktörde veya depolama tanklarında üretime yön verecek, cihazın genelini temsil eden tek bir sıcaklık değeri istediğimizde termopil kullanırız. Termopil birden fazla termokupulun bir voltmetreye seri olarak bağlanması ile elde edilir. Bu durumda voltmetre sistemdeki ortalama sıcaklığı gösterir.



Resim 2.11: Termopil

Örnek: Bir reaktör üzerindeki üç ayrı noktadaki sıcaklıkları ölçmek istediğimizi düşünelim. Bu noktaların her birine bir termokupul yerleştirilir. Üç termokupul bir voltmetreye bağlandığında voltmetre ortalama sıcaklığı gösterir.



Çözüm:

$$T_{ort} = T_1 + T_2 + T_3 / T_n$$
$$T_{ort} = 33 + 30 + 27 / 3$$
$$T_{ort} = 90 / 3$$
$$T_{ort} = 30^0 C$$

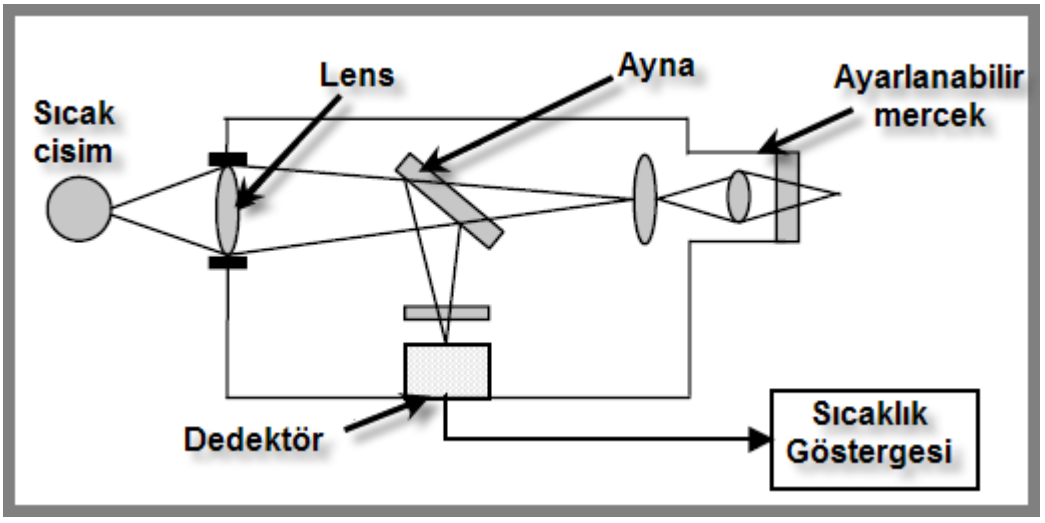
2.3.3.3. Portatif Pirometre

Bir cisim ısıtıldığında elektromanyetik enerji yayar. Düşük sıcaklıklarda bu enerji yayımı (radyasyonu) hissedilebilir. Sıcaklık yükselmesiyle beraber cisim gözle görülebilir (ışık şeklinde), kızıldan sarıya ve sonrada beyaza dönüşen bir ışınım yayar. Bu ışınımın ölçülmesi ile sıcaklığın tespit edilmesi mümkündür. Kalitatif olarak sarı renkte ışık yayan bir cisim mat kırmızı renkte ışık yayan cisimden daha sıcaktır. Pirometre, sıcaklığı ölçmek için bu ışınımdan yararlanır.

Pirometre çok yüksek sıcaklıkları ölçmeye yarayan alettir. Pirometre hareket halinde bulunan bir cismin sıcaklığının ölçülmesi veya sıcaklık sensörünü etkileyecek bir ortamın bulunması halinde sıcaklığın temas etmeksizin ölçülmesine olanak vermektedir.

Pirometre, Şekil 2.4'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 termokupul ve RTD olabilir.

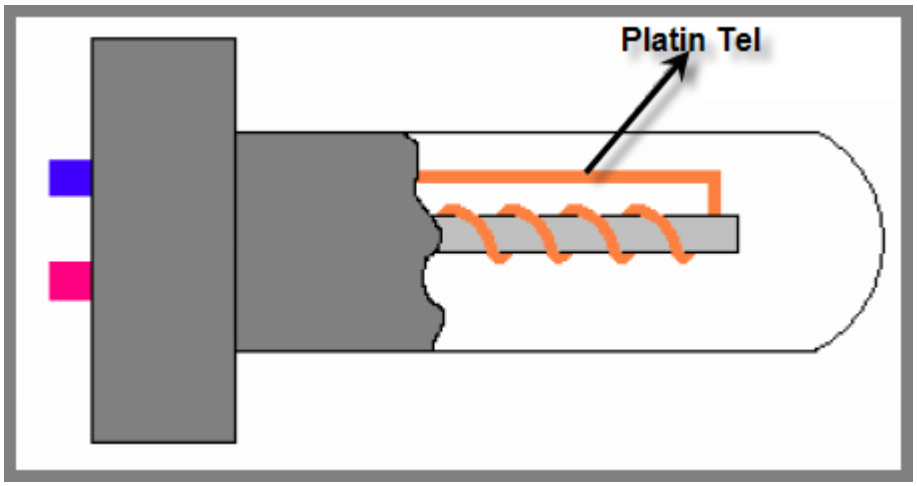
Tipik bir ışınım pirometresinde termoeleman olarak çok ince şeritler halinde yapılmış çok sayıda termokupul seri olarak bağlanır. Termokupullar dairesel ve yan yana olarak düzenlenir. Böylece enerji yutma kabiliyetini artırmak için siyaha boyanmış tüm sıcak eklemler çok küçük bir hedef alanına düşmektedir. Termoelemanların termoelektrik karakteristikleri çok dengelidir. Çünkü sıcak eklemler birkaç 100°C sıcaklığın üzerine nadiren çıkar ve termokupullar ocağın kirli atmosferine maruz kalmaz. Ayrıca enerjinin tüm dalga boylarından aynı düzeyde etkilenir.



Şekil 2.4: Pirometrenin çalışma prensibi

2.3.3.4. Direnç Elemanlı Termometreler

Sıcaklık ölçümlerinde termokupuldan sonra bulunmuş ve kullanılmaya başlanmış olan direnç elemanlı termometreler endüstride ve laboratuvarlarda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Direnç elemanlı termometreler (Resim 2.12) -200°C'den +850°C'ye kadar çok çeşitli süreçlerde kullanılmaktadır. Özellikle düşük sıcaklıklarda termokupullara nazaran çok daha doğru değerler verdikleri için tercih edilir. 500°C'ye kadar standart ve 500°C-850°C arasında özel tipler kullanılır.

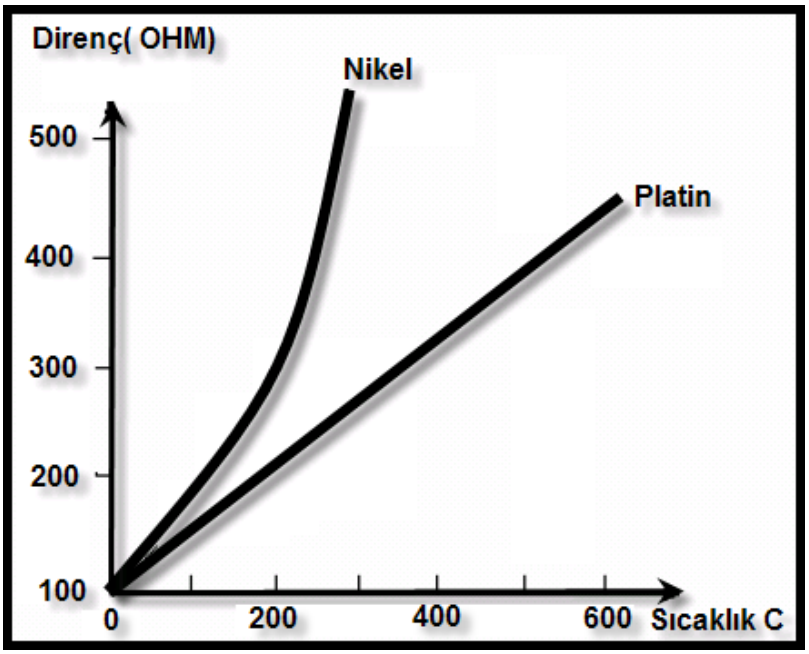


Resim 2.12: Direnç elemanlı termometre

Direnç elemanlı termometrelerin kullanıldığı yerler; tanklar, borular ve makine gövdeleri, gaz ve sıvı ortamlar (hava, buhar, gaz, su, yağ gibi), alçak ve yüksek basınç uygulamaları ve yüzey ölçümleridir.

Bir telin sıcaklığı değiştirildiğinde, telin içinden geçen akıma karşı gösterdiği direnç değişir. Bir metalin sıcaklığını bilirse elektrik akışına karşı ne kadar direnci olduğunu bulabilir. Aynı şekilde metalin akım geçişine karşı olan direncinin ne kadar olduğunu bilirse metalin sıcaklığını hesaplayabilir. Metallerin çoğunluğunda sıcaklıkları arttıkça elektrik akımına karşı gösterdikleri dirençte artar. Metallerin bu özelliğinden yararlanılarak direnç elemanlı termometreler geliştirilmiştir.

Metallerin sıcaklık değişimine karşı gösterdikleri direnç değişimi birbirinden farklıdır. Standartlarda en çok kullanılan Pt-100 ve Ni-100 gibi direnç elemanlı 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. Ancak nikelden yapılan bir termometre çok hassas sonuçlar verirken sıcaklığa karşı direnç değişimi doğrusal değildir. Platin termometre ise sıcaklık değişimine karşı en az hassas olanıdır. Buna karşın direnç değişimi en doğrusal olanıdır (Şekil 2.5). Bu nedenle özellikle Pt-100 kullanımı çok yaygındır.



Şekil 2.5: Nikel ve platini sıcaklıkla direnç değişimi

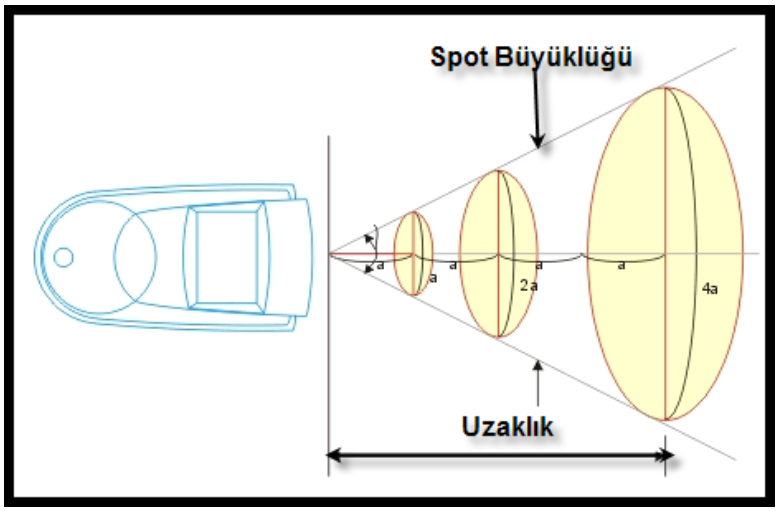
Platin RTD (Pt 100): Platin termometreler, içlerinde en pahalı malzeme olmasına karşın sahip olduğu özelliklerden dolayı en yaygın kullanılanıdır. Direnç termometre elemanı, platin veya nikel telden sarılan direncin cam, mika veya seramik içine gömülmesi ile oluşur. Ayrıca sert kâğıt üzerine sarılan tipleri de vardır. Platin RTD'ler -250°C'den 850°C'ye kadar kullanılabilmektedir.

Nikel RTD (Ni 100): Nikel telden yapılmış olan RTD'ler -60°C ile +150°C arasındaki sıcaklıklarda kullanılır. Kullanım alanları genellikle iklimlendirme cihazlarıdır. Pt-100'lerden farkı direnç değişim değerleri ve çalışma aralıkları vardır. Fiziki yapıları Pt-100'ler ile aynıdır.

2.3.3.5. Kızılötesi Işınlı Termometreler

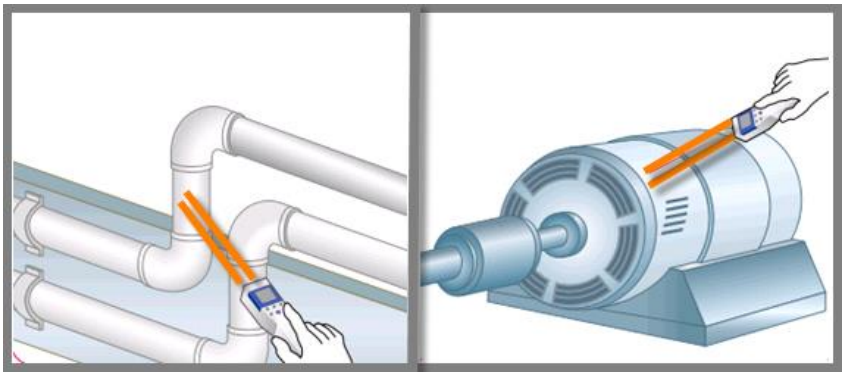
Kızılötesi (IR veya Infrared) ışınım, dalga boyu görünür ışıktan uzun fakat terahertz ışınımından ve mikrodalgalardan daha kısa olan elektromanyetik ışınımdır. Kızılötesi ışınımın dalga boyu 750 nanometre ile 1 mikrometre arasındadır.

Kızıl ötesi (infrared) termometreler, gelişmiş teknolojinin ürünüdür. Boyutları küçüktür ve elde taşınabilir. Kızılötesi termometre sıcaklık aralığı genellikle -60 ºC 'den 1000 ºC 'ye kadardır. Kızılötesi termometrenin optik çözünürlüğü çok iyi olduğundan küçük yüzeylerin sıcaklıklarını hassas ve temassız biçimde ölçebilir. Kızılötesi termometre ile kazanlarda, havalandırma veya klima sistemlerinde, borulardaki sıcaklığı ortam sıcaklığından ya da yakındaki diğer yüzeylerden etkilenmeden ölçmek mümkündür.



Şekil 2.6: Kızıl ötesi (infrared) termometre ve çalışma prensibi

Kızılötesi termometre, bakım ve koruma amacıyla sanayinin diğer alanlarında da kullanılabilir. Akım altında olan veya hareket eden parçalarda da ölçüm yapmaya idealdir. Bu kızılötesi termometrenin özelliği kısa yanıt verme süresidir (1 saniyeden az) ve ölçülecek objeye temas gerektirmemesidir. Ayrıca bu çift lazer ışınlı kızılötesi termometre gıda sanayinde de gıdaları kirletmeden kullanılabilmektedir.



Resim 2.13: Kızılötesi termometre ve uygulama alanları

2.3.4. Dolu Sistem Termometreler

Dolu sistemli termometreler kendi aralarında ikiye ayrılırlar.

2.3.4.1. Kılcal Tüplü Termometreler

Bu tip termometrelerde sıcaklık, kılcal boru içindeki cıva sütununun yüksekliği ile gösterilir ve ölçülür (Şekil 2.2.). Sıcaklık arttıkça moleküller daha hızlı hareket eder. Artan bu hareketlilikle beraber genleşirler, hacimleri artar. Sıcaklık artışı ile doğru orantılı olarak gerçekleşen bu hacim artışı, kılcal tüp içindeki seviyenin de yükselmesine neden olur. Sıcaklık azaldığında ise cıva içindeki molekül hareketleri azalır; kılcal tüp içindeki seviye

düşer. Sıvı hâldeki cıva sıkıştırılamayacağından, sıcaklığa bağlı olarak seviye artar veya azalır.

Resim 2.14: Kılcal tüplü termometre

Kılcal tüp üzerindeki bölüntüler yardımı ile bu seviye değişimi sıcaklıktaki değişim olarak okunur.

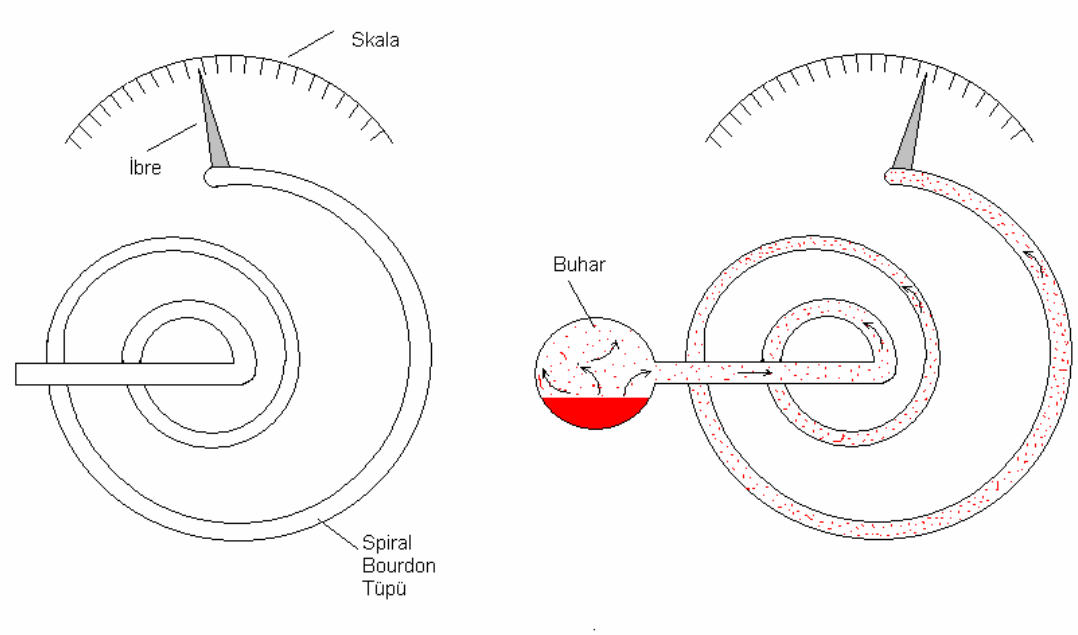
Kılcal tüplü termometrelerin bazı dezavantajları vardır.

- Çok büyük sıcaklık değişimlerinin ölçülebilmesi için kılcal tüpün çok uzun olması gerekir.
- Bölüntülerin okunabilmesi ve cıvanın yer değişimini takip edebilmek için tüpler camdan yapılmıştı. Uzun tüpler ise dış etkenlerle kolayca kırılabilir.
- Uzun tüplerde cıvanın içinde hareket edeceği düzgün bir delik elde etmek zordur. Eğer delik düzgün değil ise aynı sıcaklık değişiminde cıvanın yer değiştirmesi farklı değerde olur.

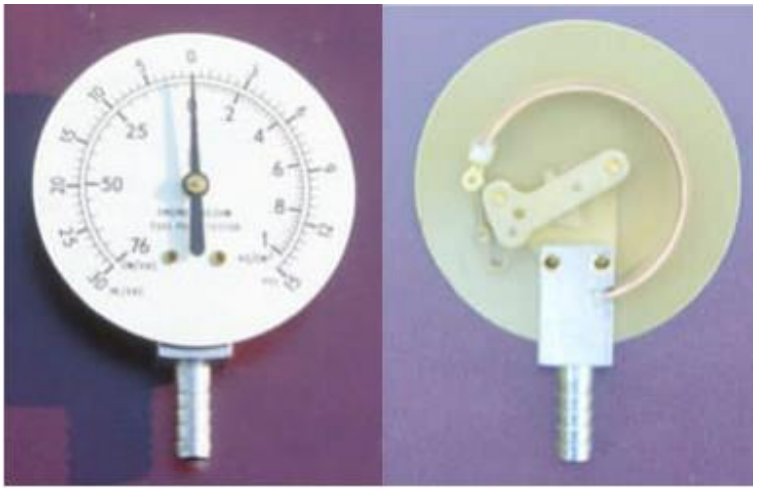
2.3.4.2. Esnek Elemanlı Termometreler

Kapalı bir kap içindeki sıvı veya gaz ısıtıldığında, kap içerisindeki basınç artar. Sıcaklık, dolaylı olarak termometre içindeki sıvının yaptığı basınç ölçülerek bulunabilir. Örneğin; spiral bourdon tüpü, basınç ölçümlerinde sık kullanılan bir araçtır (Şekil 2.3.). Bu

araç basıncı ölçüp sıcaklığı gösterecek şekilde değiştirilebilir. Böylelikle sıcaklık dolaylı olarak ölçülmüş olur. Bourdon tüpünde, tüp sıvı veya gazla doldurulur. Sıcaklık arttığında moleküller daha hızlı hareket eder. Bu hızlanma tüp içerisindeki basıncı arttırır. Artan basınç spiral şeklindeki bourdon tüpünü düzleştirmeye çalışır. Tüp düzleşmeye başlayınca tüpün ucundaki ibre saat yönünde hareket eder. İşte basınçtan gelen bu hareket, bir kadran üzerinde artan sıcaklık olarak gösterilir. Azaldıkça basınç tekrar düşer ve tüp tekrar düzleşir. Esnek elemanlı termometrelerin bazı çeşitleri buhar açığa çıkarır. Sıvılar ısıtıldıklarında buharlaşır. Sıcaklık arttıkça açığa çıkan buhar miktarı da artar. Artan buhar, spiral tüp içindeki basıncı arttırır. Basınçtaki artış, tüpün kıvrılmasına veya açılmasına neden olur.



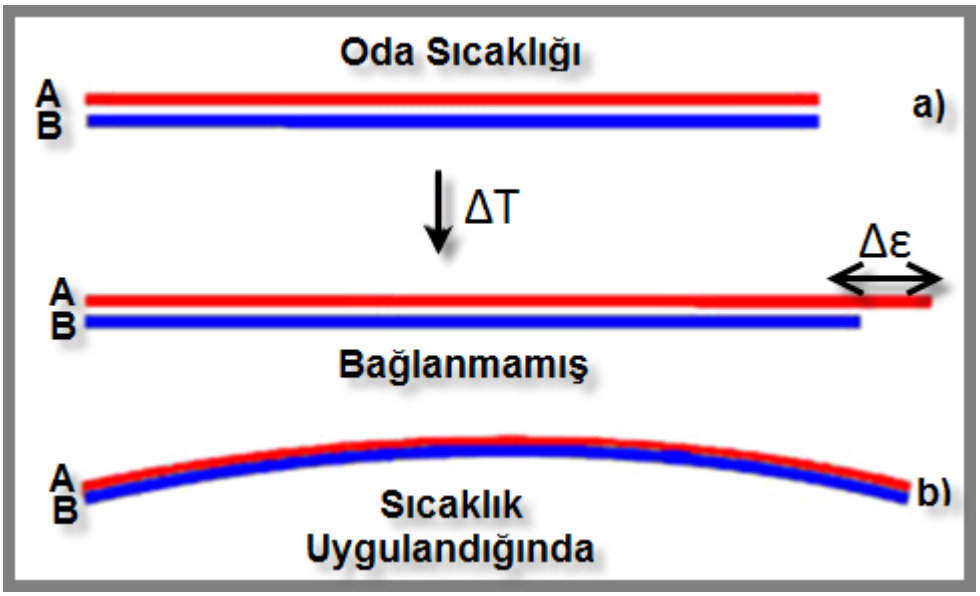
Şekil 2.6: Helisel bourdon tüplü sıcaklık ölçerin çalışması



Resim 2.15: Bourdon tüplü sıcaklık ölçerin dış ve içyapısı

2.3.5. Bimetal Termometreler (Çift Metalli Sıcaklık Ölçer)

Katılar da, gazlar ve sıvılar gibi sıcaklık değişimlerinden etkilenir. Sıcaklıkları arttığında genleşir ve soğuduklarında ise büzülür. Ancak her metalin, aynı sıcaklık değişimi karşısındaki genleşme ve büzülme miktarı farklıdır. Bu özellikten yararlanılarak farklı iki metalin (A ve B metalleri) bir şerit hâlinde birleştirilmesi ile bimetal termometreler üretilmiştir(Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Bimetal termometre(a) normal oda sıcaklığında, (b) sıcaklık uygulandığında

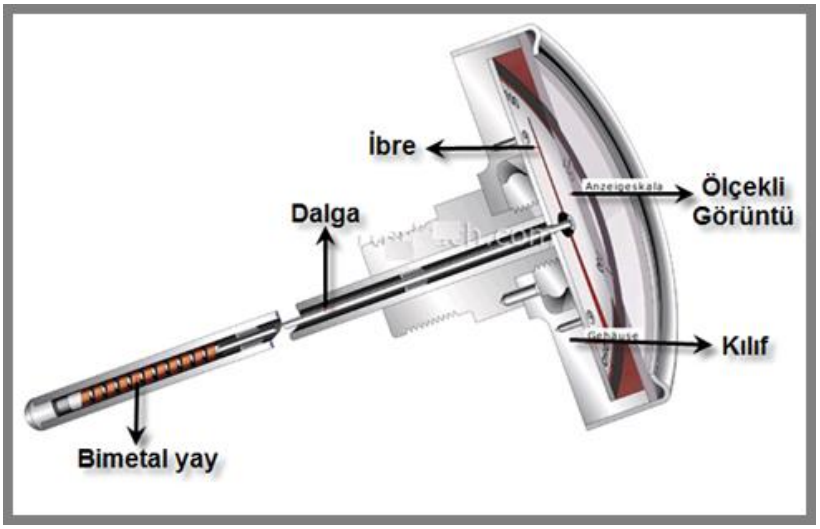
Aynı sıcaklık karşısında iki metal farklı genleşeceğinden, şeritte bir kıvrılma meydana gelir (Şekil 2.8). Bu metal malzemeler birbirleri ile birleştirildiğinden (perçin, kaynak vs.) ve farklı genleşme kat sayılarına sahip olduklarından yüksek genleşme özelliğine sahip olan diğerinin üzerine doğru eğim kıvrılarak genleşecektir. Sıcaklık artmaya devam ederse şeritte kıvrılmaya devam eder. Yani iki metalli bir termometre sıcaklığın ölçülmesi ve gösterilmesi için metallerin genleşme farklılıkları prensibini esas alır.

Sıcaklığı hisseden kısım bir yay veya bobin şeklinde sarılmış iki metalli bir şerittir (Şekil 2.8). Bobindeki sıcaklık arttıkça bir metal diğerinden daha fazla genleşir. Eğer bu iki metalli şeridin bir ucu kaynakla birleştirilirse bobinin serbest ucu hareket eder. Bu hareket bir ibrenin sıcaklık skalası boyunca hareket etmesini sağlar.

Şekil 2.8: Bimetal eleman

Şekil 2.9'de bir muhafaza içindeki tipik bimetal termometre görülmektedir. Muhafaza, şeridi yıpranmalara ve yanıltıcı dış etkenlere karşı korumaktadır. Bimetal termometreler sıcaklığı ölçmek için Bourdon tüplerinde olduğu gibi basıncı kullanmaz. Dolayısı ile gaz ve sıvı kaçağı gibi tehlikeleri de yoktur. Diğer tip termometrelere oranla daha dayanıklı ve kullanışlıdır. Hazneli termometrelerde sadece sıvı veya gazın içinde bulunduğu haznenin sıcaklık ölçümü yapılacak ortamda bulunması yeterlidir. Ancak bimetal termometrelerde sarımların tamamının ölçüm yapılacak ortam içinde bulunması gerekmektedir.

Şekil 2.9'de görüldüğü gibi bimetal malzeme helezon şeklinde hazırlanmış sıcaklığın etkisi ile büzülmekte, helezonun 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 helezonun açısal hareketi ve bu açısal hareketi sağlayan sıcaklık değeri ile doğrudan ilişkilidir. Skala bu sıcaklık değişimine göre kalibre edilmiştir.



Şekil 2.9: Koruyucu muhafaza içindeki bimetal termometre

2.3.6. Sıcaklık Anahtarları

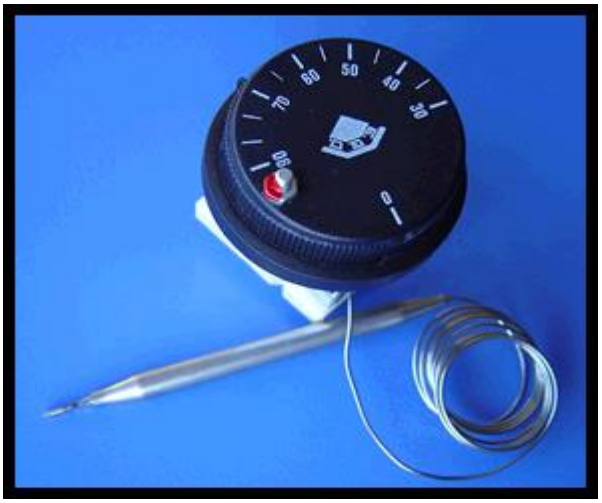
İlk çift metalli sıcaktan etkilenmiş olan termostat, 1726 yılında saatin çeşitli sıcaklık şartlarında çalışması sırasında hassasiyetini korumak için kullanılmıştır. Termostat kelimesi ise 1830 yılında bimetal şeridin sıcaklıkta farklı uzamadan dolayı bükülüp ısıtma ve soğutma sistemlerini kontrol etmesinde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

Otomasyon ve proses teknolojisinde, sıcaklığın izlenmesi ve kontrolü en önemli görevlerden biridir. Doğru sıcaklık çoğunlukla işlemin kalitesine ve verimliliğine etki eder. Tehlikeli durumlardan kaçınmak içini pek çok uygulamada sıcaklığın izlenmesi zorunlu olmaktadır.

Termostat, genleşme kat sayısı düşük bir çubukla genleşme kat sayısı yüksek bir tüpün birer uçlarının birleştirilmesinden meydana gelir. Tüpteki kısalma 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.

Sıcaklık anahtarları (termostat) sıcaklığı ölçmez. Belirli bir bölgedeki sıcaklığı takip eder. Bu bölgedeki sıcaklık, önceden tespit edilen belirli bir değere ulaştığında uyarı sinyali üretir. Üretilen bu sinyal ile bir kontrol elemanı harekete geçirilir.

Örneğin; sıcaklığın 20-25°C olması istenilen bir ortam düşünelim. Ortamdaki ısıtma sistemi, sıcaklığın 20°C' nin altına düşmesi durumunda sıcaklık anahtarı (termostat) tarafından uyarılır. Çalışmaya başlayan ısıtma sistemi odayı ısıtmaya başlar. Sıcaklık maksimum değer olan 25 °C 'ye ulaştığında ise sıcaklık anahtarı bu sefer ısıtma sistemini durduracak şekilde sinyal gönderir. Böylelikle ortamdaki sıcaklık daima istenilen 20- 25°C aralığında tutulur.



Resim 2.16: Sıcaklık anahtarı

UYGULAMA FAALİYETİ

Size verilen prosesteki sistemden akan maddenin sıcaklık kontrolünü yapınız.

Kullanılacak Araç ve gereçler:
- Sıcaklık ölçüm elemanları,
- Sıcaklık değerini ölçme elemanları

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Sıcaklık ölçüm elemanlarının kontrolünü yapınız.	➢ Çalışma önlüğünüzü giyiniz. ➢ Çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➢ Kullandığınız araç ve gereçlerin temizliğine dikkat ediniz.
➢ Sıcaklık değerini ölçünüz.	➢ Sıcaklık ölçer veya termometre kullanım kurallarına uyunuz.
➢ Değerlere uygunluğunu kontrol ediniz.	➢ Talimattaki değer ile kontrol ediniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (**X**) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Sıcaklık ölçüm elemanının kontrolünü yaptınız mı?		
2. Sıcaklık değerini ölçtünüz mü?		
3. Değerlere uygunluğunu kontrol ettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme "ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet sonunda kazandıklarınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. ( ) Fahrenheit'a göre, suyun donma sıcaklığı 32, kaynama sıcaklığı ise 212 derece olarak alınmış ve iki nokta arası 180 dereceye bölünmüştür.

2. ( ) Kılcal Tüplü termometreler dolu sistem termometre türlerinden biri olup, sıcaklık kılcal boru içindeki cıva sütununun yüksekliği ile gösterilir ve ölçülür.

3. ( ) Termoelektrik bir cismin sıcaklık ve ısı enerjisi ilişkisidir.

4. ( ) Mineral izoleli termokupullar 0 ile +100°C'ye kadar çok değişik proseslerde yaygın olarak kullanılır.

5. ( ) Termopil birden fazla termokupulun bir ampermetreye seri olarak bağlanması ile elde edilir.

6. ( ) Metallerin sıcaklık değişimine karşı gösterdikleri direnç değişimi birbirinden farklıdır.

7. ( ) Bimetal termometreler sıcaklığı ölçmek için Bourdon tüplerinde olduğu gibi basıncı kullanır.

8. ( ) Kızılötesi ışınımın dalga boyu 100 ile 500 nanometre arasındadır.

9. ( ) Pt-100 ve Ni-100 gibi direnç elemanlı termometrelerin 0°C'deki direnç değeri standart 100 ohm'dur.

10. ( ) Mineral İzoleli Termokupullar Tünel fırınlarda hareket hâlindeki bir malzeme sıcaklığı veya fırın içi sıcaklık dağılımı ölçümünde kullanılır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru "Modül Değerlendirme "ye geçiniz.

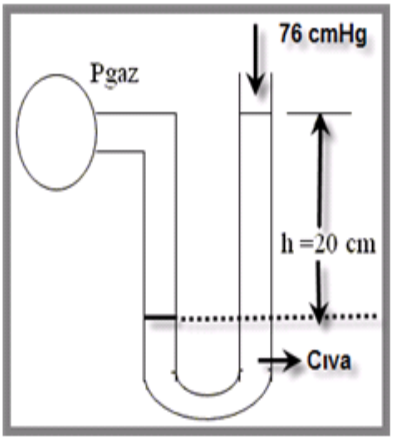
MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. 29,4 PSI basıncı kaç Bar eder?
A) 0,2
B) 0,4
C) 0,8
D) 1,6

2. 25000 Pa basıncı kaç Bar eder?
A) 0,20
B) 0,25
C) 0,40
D) 0,50

3. Açık uçlu manometre içinde gaz bulunan bir kaba bağlanmıştır.Verilenlere göre kaptaki gazın basıncı kaç mmHg'dir?



A) 560
B) 760
C) 840
D) 960

4. 212°F sıcaklık aşağıdakilerden seçeneklerden hangisinde °C sıcaklık olarak verilmiştir?
A) 50
B) 100
C) 150
D) 300

5. 40°C sıcaklık aşağıdakilerden seçeneklerden hangisinde °F sıcaklık olarak verilmiştir?

A) 52
B) 78
C) 104
D) 208

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

6. ( ) Manometreler diğer basınç ölçen cihazlar gibi sistemin toplam basıncını (mutlak basınç) ölçer.

7. ( ) C tipi tüpü en basit şekli oval kesitli bir borunun bir daire şeklinde bükülmesiyle elde edilir.

8. ( ) Bourdon tüpleri 5 -10 PSİ ve 1000- 100000 PSİ aralıklarında ölçüm yapabilecek hassasiyetlerde imal edilebilmektedir.

9. ( ) Tankın içinde akışkan olmadığında esnek eleman eğik konumda olmalıdır.

10. ( ) Pirometre, hareket halinde bulunan bir cismin sıcaklığının ölçülmesi veya sıcaklık sensörünü etkileyecek bir ortamın bulunması halinde sıcaklığın temas etmeksizin ölçülmesine olanak vermektedir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

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

ÖĞRENME FAALİYETİ–2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Doğru
3	Yanlış
4	Yanlış
5	Yanlış
6	Doğru
7	Yanlış
8	Yanlış
9	Doğru
10	Doğru

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

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

KAYNAKÇA

- AYDINYÜZ Mehmet E., TASÇI Salih Z.**, Endüstriyel Kontrol,** İstanbul, 1993.
- ÇATALTAŞ İhsan, **Kimya Mühendisliği Giriş Ünit Operasyonlar,** İnkılâp Yayınları, İstanbul, 1986.
- NOLTINGK B.E.**, Sıcaklık ve Kimyasal Bileşenlerin Ölçümü,** MEB**,** Eskişehir 1994**.**
- ÖZŞAR Çiğdem, BODUR Aydın, **Pratik Kimya Mühendisliği El Kitabı**, Bilişim Yayıncılık, İstanbul, 2007.
- TAŞLICA Ali Osman**,** KUŞKAN Battal, **Cihaz Teknolojisi 1 (Mekanik Aletler) – 2 (Sıcaklık ve Kimyasal Bileşimin Ölçümü),** ETAM A.Ş. Matbaa Tesisleri, Eskişehir, 1994.