

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

**KİMYA TEKNOLOJİSİ**

**FİZİKSEL KONTROLLER**

**Ankara, 2013**

- 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 .....	2
1. YOĞUNLUK ÖLÇÜMÜ .....	2
1.1. Genel Bilgi .....	2
1.2. Ağırlık Kullanarak Yoğunluk Ölçümü .....	3
1.2.1. Boyutları Ölçülebilen Katı Maddelerde Yoğunluk Ölçümü .....	5
1.2.2. Boyutları Ölçülemeyen Katı Maddelerde Yoğunluk Ölçümü .....	5
1.3. Yoğunluğun Kullanılarak Ölçümü .....	7
1.3.1. Baumé yoğunlukölçeri .....	8
1.3.2. Aerometre Yoğunluk Ölçeri .....	8
1.3.3. Piknometre Yoğunluk Ölçeri .....	8
1.3.4. Dansimetre Yoğunluk Ölçeri .....	8
1.4. Hidrostatik Başlık Kullanılarak Yoğunluk Ölçümü .....	9
1.5. Işınım Kullanılarak Yoğunluk Ölçümü .....	9
1.6. Resonant (Ses dalgası) Elemanları Kullanılarak Yoğunluk Ölçümü .....	10
UYGULAMA FAALİYETİ .....	12
ÖLÇME DEĞERLENDİRME .....	14
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....	16
2. VİZKOZİTENİN ÖLÇÜMÜ .....	16
2.1. Genel Bilgi .....	16
2.2. Newton ve Newton Olmayan Davranışlar .....	19
2.2.1. Newton (Newtonyen) Davranışlar .....	19
2.2.2. Newton (Newtonyen) Olmayan Davranışlar .....	20
2.3. Kayma Viskozitesinin Ölçümü .....	21
2.4. Shop- Floor ( Atelye ) Viskozimetreleri .....	22
2.5. Uzama Viskozitesinin Ölçümü .....	27
2.6. Aşırı Sıcaklık ve Basınç Altında Viskozitesinin Ölçümü .....	27
2.7. Akım Hattında Ölçüm .....	27
2.8. Doğruluk ve Kullanım Aralığı .....	28
UYGULAMA FAALİYETİ .....	30
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	32
ÖĞRENME FAALİYETİ-3 .....	34
3. DONMA NOKTASI ÖLÇÜMÜ .....	34
3.1. Donma Noktası .....	34
3.2. Bulutlanma Noktası .....	35
3.3. Donma Noktası Kontrolü .....	35
UYGULAMA FAALİYETİ .....	37
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....	38
ÖĞRENME FAALİYETİ-4 .....	39
4. ERİME NOKTASI ÖLÇÜMÜ .....	39
4.1. Erime Sıcaklığı .....	40
4.2. Erime Sıcaklığı Kontrolü .....	40
UYGULAMA FAALİYETİ .....	41
ÖLÇME DEĞERLENDİRME .....	42

---

MODÜL DEĞERLENDİRME .....	43
CEVAP ANAHTARLARI.....	44
KAYNAKÇA .....	46

# AÇIKLAMALAR

<b>ALAN</b>	<b>Kimya Teknolojisi</b>
<b>DAL</b>	<b>Petrokimya</b>
<b>MODÜLÜN ADI</b>	<b>Fiziksel Kontroller</b>
<b>MODÜLÜN TANIMI</b>	Bu modül, petrol ürünlerinde fiziksel kontroller ile ilgili bilgilerin verildiği öğrenme materyalidir.
<b>SÜRE</b>	40/24
<b>ÖN KOŞUL</b>	
<b>YETERLİK</b>	Fiziksel kontrolleri yapmak
<b>MODÜLÜN AMACI</b>	<b>Genel Amaç</b> Gerekli ortam sağlandığında, uluslar arası ölçüm standartlara uygun petrol ürünlerinde fiziksel kontrolleri yapabileceksiniz. <b>AMAÇLAR:</b> <b>1.</b> Uluslar arası ölçüm standartlara uygun yoğunluk ölçümü yapabileceksiniz. <b>2.</b> Uluslar arası ölçüm standartlara uygun viskozite ölçümü yapabileceksiniz. <b>3.</b> Uluslar arası ölçüm standartlara uygun donma noktası kontrolü yapabileceksiniz. <b>4.</b> Uluslar arası ölçüm standartlara uygun erime noktası kontrolü yapabileceksiniz.
<b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b>	<b>Ortam:</b> Sınıf, atölye, laboratuvar, işletme, kütüphane, ev, bilgi teknolojileri ortamı (internet), bireysel veya grupla çalışabileceğiniz tüm ortamlar <b>Donanım:</b> Sınıf veya bölüm kitaplığı, VCD veya DVD, tepegöz, projeksiyon, bilgisayar ve donanımları, hidrometre, viskozite cihazı, viskozite tüpleri, termometre, kronometre, puar, soğutucu, dever kabı.
<b>ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME</b>	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

# GİRİŞ

## **Sevgili Öğrenci,**

Petrol ürünlerinin seri üretiminde kalite kontrol işlevinin sağlanması hammadde, ara ürün ve olgunlaşmış ürünlerin belirlenen uluslararası standartlarda olma zorunluluğu getirmiştir. Petrol ürünlerinin uluslararası standartlarda ve belirlenen kalitede olması yapacağınız fiziksel testlerle ancak sağlanmaktadır.

Bir proses teknisyeni olarak bu bölümden mezun olacaksınız. Kimya işletmelerine istihdam edileceksiniz. İşletme için verimli ve faydalı bir personel olabilmeniz için yaptığımız işe hâkim olmanız gerekmektedir.

Bu modülü başarıyla bitirdiğinizde petrol ürünlerinde fiziksel testlerinden çeşitli yoğunluk, viskozite, donma ve erime noktası analizlerinde kullanılan araçları kullanabilecek ve maddelerin yoğunluk, viskozite, donma ve erime noktası ölçümlerini uluslararası ölçü sistemlerine uygun olarak yapabileceksiniz.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında tekniğine uygun olarak uluslar arası ölçüm standartlara uygun yoğunluk ölçümü yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Sıvıların yoğunluğunu ölçebilecek araçları araştırınız.
- Yoğunluk birimleri ve dönüştürülmesi ile ilgili araştırma yapınız.
- Katılarda yoğunluk ölçümünün yapılışı ile araştırma yapınız.
- Işınım ile yoğunluk ölçümünün yapılışı ile araştırma yapınız.
- Ses dalgası yöntemi ile yoğunluk ölçümünün yapılışı ile araştırma yapınız.

## 1. YOĞUNLUK ÖLÇÜMÜ

### 1.1. Genel Bilgi

Bir maddenin birim hacminin kütlesine o maddenin **yoğunluğu** (özkütlesi) denir. Boyutlarına göre hafif olan maddelerin yoğunlukları düşük, boyutlarına göre ağır olan maddelerin yoğunlukları yüksektir. Ayrıca yoğunlukları sudan az cisimler suda yüzerler. Yoğunluk (**d**) harfi ile gösterilir. Yoğunluk saf maddelerin üç hâli içinde ayırt edici bir özelliktir. Örneğin saf suyun yoğunluğu  $1,0 \text{ g/cm}^3$ , demirin yoğunluğu ise  $7,8 \text{ g/cm}^3$  tür.

Aynı hacme sahip iki cisimden, diğerine göre yoğunluğu fazla olanın kütlesi de daha fazladır. Ortalama yoğunluk ise bir cismin toplam kütlesinin toplam hacmine oranıdır. SI birim sisteminde yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ ) olarak verilir. Yoğunluk formülü aşağıdaki gibidir:

Yoğunluk (özkütle);  $d = \frac{m}{V}$  bağıntısı ile hesaplanır.

**d**: Cismin yoğunluğu ( $\text{g/cm}^3$ ), **m**: Cismin toplam kütlesi (g), **V**: cismin toplam hacmi ( $\text{cm}^3$ )

Saf maddelerin (element, bileşik) yoğunlukları sabittir. Karışımların yoğunluğu ise sabit değildir. Bir maddenin yoğunluğundan söz ederken sabit bir sıcaklıktaki

yoğunluğundan söz edilmelidir. Sıcaklık değiştiğinde maddenin hacmi değişeceğinden yoğunluğu da değişir. Özellikle gazlardaki değişiklik daha belirgindir.

Sıvılarda özkütle ölçülürken sıvının madde miktarı önemli değildir. Örneğin, bir bardak suyla bir sürahi suyun hacim ve kütleleri farklı olmasına rağmen ikisinin de yoğunluğu aynıdır. Özdeş iki bardağa su konulduğunda, iki örneğin kütleleri de eşit olur. Buna dayanarak; aynı tür maddelerin birim hacimlerinde eşit miktarlarda madde bulunur diyebiliriz. Her maddenin birim hacminin kütlesi birbirinden farklıdır.

Sıvılarda yoğunluk tayini önemli analizlerden birisidir. Çünkü gerek eriyiklerin konsantrasyonlarının kontrolünde ve gerekse endüstride kullanılan pek çok hammaddenin işlenmesi sırasında çoğu aşamada yoğunluğunun bilinmesine gereksinim duyulmaktadır.

Sıvıların hacimleri, sıcaklık değişikliklerinden etkilendiği için yoğunluk tayini genellikle 20 °C veya 15,6 °C'de yapılmalıdır. Bir cismin verilen ağırlıktaki hacmi sıcaklık ile değişir. Özellikle sıvılarda ve gazlarda bu değişme büyüktür. Sıcaklık dikkate alınmaz ise özgül ağırlık kesin olmamaktadır. Bu nedenle ağırlığı tayin edilen cismin ve aynı hacimdeki suyun sıcaklıkları verilir. Yani, özgül ağırlığı ifade ederken cismin sıcaklığını (yoğunluğun tayin edildiği sıcaklık) paya, oranlandığı standart sıvının (saf suyun) sıcaklığını da paydaya yazmak gerekir. Örneğin 15°/4°, 20°/4°, 20°/20° gibi

## 1.2. Ağırlık Kullanarak Yoğunluk Ölçümü

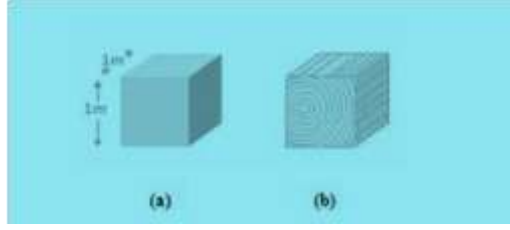
Katı maddelerin yoğunluklarının ölçülebilmesi için önce kütesinin ve hacminin ölçülmesi gerekir. Kütle ve hacim ölçülmesi katı, sıvı ve gazlarda farklı yöntemlerle yapılmaktadır.

Belirli bir geometrik bir şekle sahip olan katıların boyutları ölçülerek hacim hesaplanır. Belirli bir geometrik şekli olmayan aynı katı ile kütleleri eşit ise katı madde kütesinin, kapladığı hacme oranından özkütle bulunur.

MADDE	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	MADDE	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )
Gümüş	10,50	Altın	19,30
Bakır	8,90	Kurşun	11,30
Demir	7,80	Bronz	8,80
Çinko	7,10	Kalay	7,29
İyot	4,30	Alüminyum	2,70
Yemek tuzu	2,20	Pirinç	8,40
Buz	0,79	Krom	6,90

Tablo 1.1: Bazı maddelerin özkütelleri

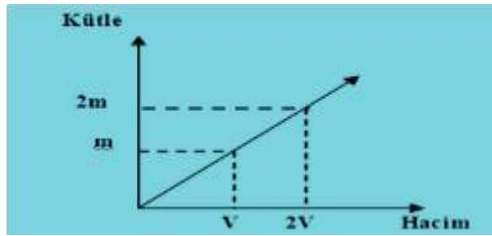




Şekil 1.1: Eşit hacimdeki (1m<sup>3</sup>) bakır ve tahtanın yoğunluk değerleri

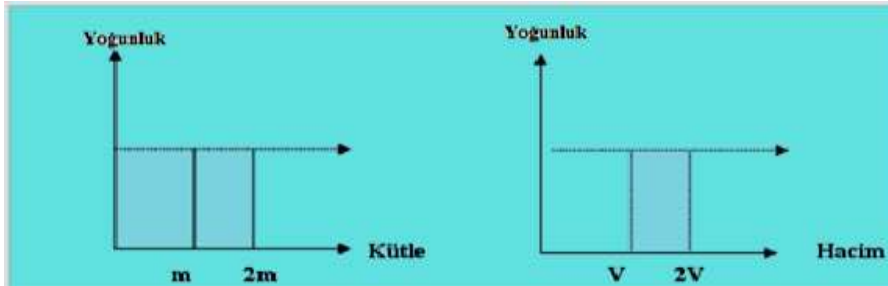
bakır: 8900 kg/m<sup>3</sup> ( b) tahta: 500 kg/m<sup>3</sup>

Katı ve sıvı maddelerin sabit sıcaklıkta kütlesi ile hacmi doğru orantılı olarak artar.



Grafik 1.1: Kütle hacim grafiği

Maddeler sabit sıcaklıkta artan hacim veya kütleyle yoğunluk değişmez. Yoğunluk, maddelerin artan hacmine veya kütlesine bağlı değildir.



Grafik 1.2: Yoğunluk-kütle, yoğunluk-hacim grafikleri

**Örnek:** Bakır küpün boyutları (1cm x 3 cm x 4 cm) şeklindedir. Kütlesi ise 106,80 g olduğuna göre yoğunluğu kaç g/cm<sup>3</sup>tür?

**Çözüm:**

$$V = 1.3.4 \Rightarrow V = 12,0 \text{ cm}^3$$

$$m = 106,80 \text{ g}$$

$$d = \frac{m}{V} \Rightarrow d = \frac{106,8}{12,0} \Rightarrow d = 8,9 \text{ g/cm}^3$$

### 1.2.1. Boyutları Ölçülebilen Katı Maddelerde Yoğunluk Ölçümü

Boyutları ölçülebilen katı maddelerin özkütelleri hesaplanırken öncelikle hacim ve kütle ölçümleri yapılır.

Geometrik biçimli katıların hacimlerini bulmak için boyutlarından yararlanılır. Bunun için önce cismin geometrik şekli tespit edilir daha sonra hesaplama için gerekli olacak boyutları; kumpas, mikrometre ve cetvel gibi araçlarla ölçülerek cismin hacmi hesaplanır.

Küp, dikdörtgenler prizması, silindir, küre, koni, piramit gibi geometrik şekilli katıların hacim hesabı kolayca yapılabilir (Aşağıda geometrik cisimlerin hacim formülleri tablo 1.2’de verilmiştir.). Bu amaçla katının boyutları ölçülür ve hacim formülünden hesaplama yapılır. Daha sonra bu katı maddelerin kütleleri terazi yardımıyla ölçülür.

$$d = \frac{m}{v}$$

Formülünden yararlanılarak özkütlesi hesaplanır.

Küp	$V = a^3$
Prizma	$V = a.b.c$
Silindir	$V = \pi.r^2.h$
Küre	$V = 4/3.\pi.r^3$
Koni	$V = 1/3.\pi.r^2.h$
Piramit	$V = 1/3.A.h$ (A= taban alanı)

**Tablo 1.2: Bazı geometrik cisimlerin hacim formülleri**

### 1.2.2. Boyutları Ölçülemeyen Katı Maddelerde Yoğunluk Ölçümü

Bir maddenin, başka bir maddenin bulunduğu yeri alabilmesi için ikinci maddenin yer değiştirmesi gerekir. Sıvıların kolayca yer değiştirme ve görünür olma özelliklerinden yararlanarak katı cisimlerin hacmini ölçmek mümkündür. Burada katı maddelerin hacimlerini, sıvıların taşma özelliğinden yararlanarak bulmayı öğreneceksiniz.

Belirli bir geometrik şekle sahip olmayan katı maddelerin hacimlerini bulmak için sıvıların akışkan olma ve buldukları kabın şeklini alma özelliklerinden yararlanılır.

Boyutları belli olmayan katı bir maddenin hacmini hesaplamak için yararlanılacak sıvının katı maddeye etki etmemesi ve sıvının uçucu olmaması, yapılacak işlemin doğruluğu açısından çok önemlidir.



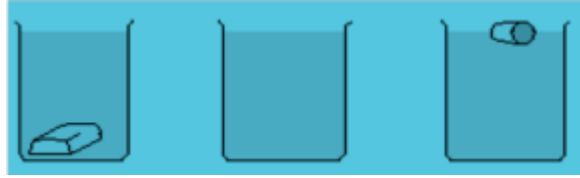
**Resim 1.1: Boyutları belli olmayan bir mermer parçası**

Özkütlesi sudan daha büyük cisimler suyun içine batar. Özkütlesi sudan küçük olan maddeler ise suda yüzer. Büyük bir tahtanın suda yüzmesinin, küçük bir çivinin su içinde batmasının sebebi budur. Maddelerin suya batabilme özelliğinden yararlanılarak hacimleri dolayısıyla özkütleleri belirlenebilir. Bu işlem, boyutları belli olmayan katı maddenin sahip olduğu hacim kadar sıvının hacminin artması esasına dayanır. Artan sıvı hacminin belirlenmesi, katı maddenin hacminin belirlenmesi demektir.

Bu işlemde katının hacmi, yapılan iki hacim ölçümü arasındaki fark kadardır.

Katı maddenin hacmi = Son ölçülen hacim – İlk ölçülen hacim

$V_{\text{katı}} = V_2 - V_1$  olur.



Altın

Su

Şişe Mantarı

**Şekil 1.2:  $d_{\text{Altın}} > d_{\text{Su}} > d_{\text{Mantar}}$**

**Örnek 1:** Laboratuara getirilen 27,5 gr ağırlığındaki mermer parçasının yoğunluğu kaç  $\text{g/cm}^3$  tür?

**Çözüm 1:** Mermer parçasının hacmini bulmak için mezüre 60 ml. (Resim A) su doldurunuz. Mermer parçasını yavaşça mezüre suyu taşırmadan atınız ve mezür seviyesini okuyunuz. (Resim B) 70 ml



**Resim 1.2.A: Suyun hacmi**



**Resim 1.2.B: Su ve mermer parçasının hacmi**

$$V_2 = 70 \text{ ml (su+mermer)}$$

$$V_1 = 60 \text{ ml (su)}$$

$$V_{\text{mermer}} = ? \quad V_{\text{mermer}} = V_2 - V_1 \Rightarrow V_{\text{mermer}} = 70 - 60 \Rightarrow V_{\text{mermer}} = 10 \text{ ml}$$

$$V_{\text{mermer}} = 10 \text{ ml.}$$

$$m_{\text{mermer}} = 27,5 \text{ gr.}$$

$$d_{\text{mermer}} = ?$$

$$d = \frac{27,5}{10,0} \Rightarrow d = 2,75 \text{ g/cm}^3$$

### 1.3. Yoğunluğun Kullanılarak Ölçümü

Yoğunlukölçerler, doğrudan yoğunluğu verecek biçimde taksimatlandırılmış ağırlıklardır; kimi zaman çeşitli sulu çözeltilerin derişimini tamamlamak üzere derecelendirilirler. Bu durumda kullanım biçimine göre ağırlıklı, alkol ölçer, sütölçer vb. adları verilir. Yoğunlukölçer az miktardaki sıvıların yoğunluğunu ölçmeyi sağlar.

Sıvı içindeki hacimleri sabit olan, fakat ağırlıkları azalıp çoğaltılabilen sabit hacimli yoğunlukölçerler (örneğin Fahrenheit yoğunlukölçeri) ve sıvı içindeki hacimleri sıvının yoğunluğuyla değişen sabit ağırlıklı yoğunlukölçerler olmak üzere iki tür yoğunlukölçer vardır. En çok kullanılan yoğunlukölçerler sabit ağırlıklı yoğunlukölçerlerdir. Sabit ağırlıklı bir yoğunlukölçerle bir sıvının yoğunluğu ya da bir çözeltinin derişimi, çok duyarlı olmamakla beraber oldukça çabuk belirlenir.

Sabit hacimli yoğunlukölçerler; dalan kısmın V hacmi sabit kalmak koşuluyla değişik özgül ağırlıklı sıvılar içine daldırılan yoğunlukölçerin dengede kalabilmesi için ağırlığının değiştirilmesi gerekir. Bu amaçla yoğunlukölçerin üzerine yerleştirilmiş bulunan bir terazi kefesine işaretlenmiş kütleler konur. Eklenen ya da çıkarılan kütlelerin ağırlıklarına göre sıvının özgül ağırlığı belirlenir. Sabit ağırlıklı yoğunlukölçer, sıvının özgül ağırlığı değiştiği zaman dalan kısmın V hacmi de değişir. Bu hacimdeki küçük değişmelerin değerlendirilmesi için yoğunlukölçerin üst tarafı üzerinde taksimat bulunan bir çubuk şekline getirilmiştir; bu çubuk üzerinden sıvının serbest yüzü hizasındaki değer okunabilir. Dolayısıyla sabit ağırlıklı yoğunlukölçerler özgül ağırlığın doğrudan doğruya okunmasını sağlarlar ve üzerindeki taksimat ne kadar sık ise o kadar duyarlıdır.

Sudan daha ağır sıvılar için yapılan yoğunlukölçerler saf suya daldırıldıkları zaman su düzeyi çubuğun üst tarafında bulunur; buna karşılık sudan daha hafif sıvılar için yapılanlar saf suya batırıldıklarında su düzeyi çubuğun alt tarafında yer alır. Bu araçlar üzerindeki taksimata göre yoğunlukölçer (bu durum da üzerindeki taksimat doğrudan doğruya yoğunluğu verir ve suya daldırıldıklarında 1 değeri okunur; taksimat çizgileri arasındaki mesafe aynı değildir.) ya da asitölçer, alkolölçer, tuz ölçer, sütölçer vb. adlarını alırlar. Bunun nedeni üzerindeki özel taksimatın bir asit, alkol ya da tuz çözeltisinin derişimini veya sütün içindeki yağlı maddelerin oranı vb. vermeleridir; bunlar su içinde 0 (sıfır) taksimatına kadar dalarlar.

### 1.3.1. Baumé yoğunlukölçeri

Sabit ağırlıklı bir yoğunlukölçeridir. 1961 yılında Baume tarafından tasarlanmıştır. Taksimatı gelişigüzel seçilmiş olan bu araç ve birim herhangi bir çözeltinin derişiminin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bomemetre (yoğunluk karşılaştırıcı), çözeltideki  $g/cm^3$  olarak tuz (NaCl) miktarını ifade eder. Aynı zamanda sanayide şekerli sıvıların, tuzlu çözeltilerin ve çeşitli çözeltilerin yoğunluğunun ölçülmesinde de kullanılır. En fazla şıra ve şarapçılıkta kullanılır.

### 1.3.2. Aerometre Yoğunluk Ölçeri

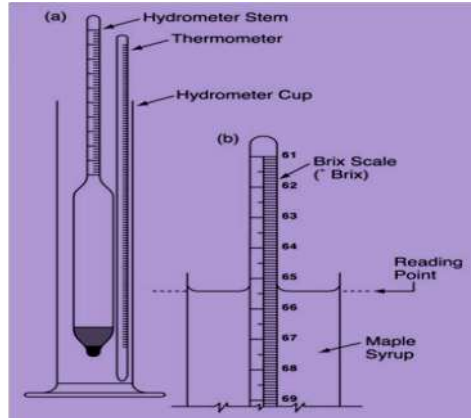
Sıvılarda yoğunluk ölçümü için kullanılan dalıcı ve yüzücü aletler olarak adlandırılır. Aerometrelerin temel ilkesi, sıvının kaldırma kuvvetinin sıvı yoğunluğu ile doğru orantılı olmasıdır. Sıvı içine daldırılarak kullanılırlar.

### 1.3.3. Piknometre Yoğunluk Ölçeri

Piknometreler küçük, hafif ve genelde camdan yapılmış kaplardır. Aynı hacimdeki su ve sıvının, aynı sıcaklıktaki ağırlıklarının oranı özgül ağırlığı verir. Özgül ağırlık tayini için çeşitli piknometreler bulunmaktadır.

### 1.3.4. Dansimetre Yoğunluk Ölçeri

Yoğunluk ölçümleri için uygulamada yaygın olarak kullanılan araçlardır. Sıvının özgül ağırlığını doğrudan verirler. Genellikle kapalı bir cam tüpten oluşmuşlardır. Tüpün alt kısmı, aracın dik durması ve gerekli ağırlığın sağlanması amacıyla içerisinde saçma veya civa bulunan bir kürecik şeklindedir. Üst kısmı da üzerinde yoğunluk ve bazılarında da sıcaklık göstergesi bulunan bir cam borudan oluşmuştur. Bir sıvı içinde dengede duran dansimetrenin sıvı yüzeyine rastlayan bölüm çizgisi karşısında okunan sayı o sıvının yoğunluğunu verir.



Şekil 1.3: Dansimetre

## 1.4. Hidrostatik Başlık Kullanılarak Yoğunluk Ölçümü

Hidrostatik, hareket halindeki sıvılara karşı duran sıvıların incelenmesi, fiziğin hidrostatik adı verilen bir dalının konusudur. Bir sıvı ya da gaz durağan halde bizi ilgilendiren kısmı basınç ve yoğunluğudur.

Yoğunluk bir maddenin 1 santimetre küpünün gram olarak kütlesidir. Sıvılarda bir maddenin suya oranla yoğunluğu demek olan "özgül ağırlık" kavramını kullanmak daha elverişlidir.

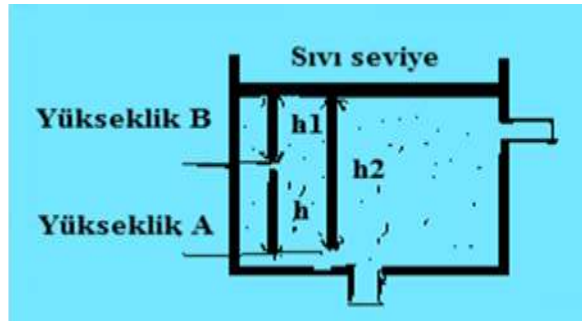
Hidrostatik başlık yöntemin prensibi Şekilde gösterilmiştir. Tanktaki sıvı yoğunluğu (d) ile hesaplanır.

$$\text{Formülü; } d = \frac{P}{hg}$$

Burada; p=Basınç (A ve B arasındaki yükseklik farkı)

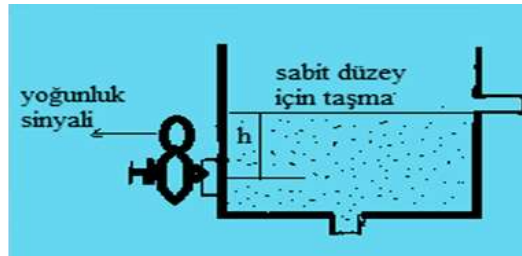
h=Yükseklik(A ve B arası)

g = Yerçekimi ivmesi (9.81 m/s<sup>2</sup>)



Şekil 1.4: Hidrostatik yoğunluğu yöntemi

Yukarıda verilere dayanarak, Şekil.1.5'de gösterildiği gibi açık bir taşma yapabilir tankındaki sıvının yoğunluğu D / P vericisi ile ölçülebilir.



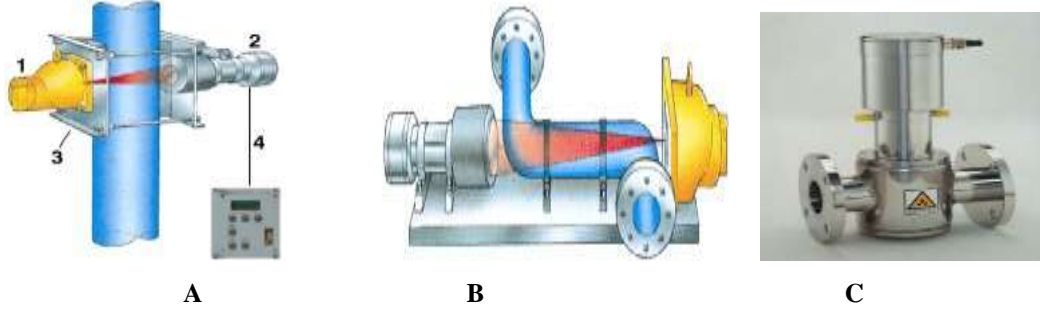
Şekil 1.5: Sabit bir seviyede ve bir D/P vericisi ile açık taşma tankı.

## 1.5. Işınım Kullanılarak Yoğunluk Ölçümü

Işınım kullanılarak sıvıların, yoğunluğu ve ayrıca seviye düzeyleri ölçümü yapılmaktadır. Bu yöntemle radyasyon salınarak sıvıların yoğunluk ölçümü yapılmaktadır.

Radyasyon yöntemi gamma ışını ( $\gamma$ -ışını radyasyonunun) emilimi ile ölçülecek malzemenin artan özgül ağırlığı ilkesine dayanır. Proses enstrümanı olarak seviye ölçüm cihazı, sistemde gerekli gamma kaynağı (radyum veya kobalt-60) ve detektör cihazından ibarettir.

Prosesinde, sıvıların sabit bir hacminde geçen radyasyon emilim farklılıkları detektör tarafından oransal bir elektrik sinyaline dönüştürülür. Şekil 1.3 (A)'da radyasyonla yoğunluk ölçme cihazının temel yapısını göstermektedir.



Resim 1.3: Farklı düzlemlerde radyasyonla yoğunluk ölçüm cihazları

## 1.6. Resonant (Ses dalgası) Elemanları Kullanılarak Yoğunluk Ölçümü

Proses endüstrisinde “Liquiphant” denildiği zaman ilk akla gelenler, sıvılarda güvenilir limit seviye ve yoğunluk kontrolü olmaktadır. Endress Hauser’in buluşu olan çatal tip seviye switchlerinin limit seviye ve yoğunluk ölçümlerinde kullanılmaktadır.



Resim 1.4: Titreşimli Çatal Switch ile yoğunluk ölçümü

Titreşimli seviye sensörlerinin çalışma prensibi titreşim frekansındaki değişime dayanmaktadır. Cihazların ürünle temas eden kısımlarındaki çatallar, piezo elektriksel bir sürücü tarafından rezonans frekansında titreştirilir. Çatalların rezonans frekansı ortamın yoğunluğu ile doğrudan ilişkilidir ve yoğunluk değiştikçe frekans değeri de değişir. Bu prensipten yola çıkılarak geliştirilen Liquiphant M Density ile çatal tip titreşimli seviye sensörlerinden alınan bilgi bir hesaplayıcı vasıtasıyla yoğunluk bilgisi olarak kullanıcıya sunulmaktadır.

FML621 yoğunluk hesaplayıcısı içerisinde mevcut olan yoğunluk-frekans tabloları haricinde, cihaza uygulamaya özel başka tablolar da girilebilmektedir. Örneğin deneysel olarak bulunan veya matematiksel bir formüle dayandırılan yoğunluk-konsantrasyon

bilgisinin hesaplayıcıya girilmesiyle cihazdan °Brix, °Baumé veya °API gibi birimler cinsinden konsantrasyon değeri de alınabilmektedir. Bunların haricinde yine uygulamaya özel olarak tanımlanmış ortam-sıcaklık tabloları sayesinde 4 farklı ortamın ayırımı yapıp röle çıkışları alınabilmektedir. Yoğunluk hesaplayıcıya 5 ayrı noktadan alınan input değerleri girilebilmekte ve böylece her biri için gerekli hesaplamalar tek bir cihaz ile yapılabilmektedir.

Yoğunluk hesaplayıcı ile farklı cihazlardan alınan analog inputlar da bir araya getirilebilmektedir. Böylece tanklarda kütle ölçümü veya hatlarda kütleli akış ölçümü yapılabilmektedir. Tank içerisindeki malzemenin kütle cinsinden değerine ulaşmak için, sürekli seviye ölçümü yapan bir cihazdan alınan çıkış ile titreşimli sensörden gelen frekans bilgisi hesaplayıcıya gönderilir. Burada ilk önce malzemenin yoğunluğu hesaplanır ve daha sonra hacim ve yoğunluk bilgisinden kütleye geçilir. Benzer şekilde, hattaki kütleli akış değerini elde etmek için, hacimsel akış değeri ve titreşimli sensörden alınan çıkış yeterli olmaktadır.



## UYGULAMA FAALİYETİ

Kuralına uygun olarak yoğunluk ölçümü yapınız.

### Kullanılan araç ve gereçler;

- Hidrometre
- numune sıvı

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Yoğunluğu ölçülecek sıvıyı belirleyiniz.	➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyerek çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➤ Analiz yapılacak petrol numunesini seçiniz.
➤ Hidrometre cihazına dökünüz.	➤ Sıvı sıçramalarına dikkat ediniz.
➤ Ölçümü yapınız.	➤ Ölçüm sonucunu not ediniz.
➤ Araç ve gereçleri temizleyiniz.	➤ Araç gereçleri temizlerken dikkatli olunuz, cam kırılmalarına, elektrikli cihazları temizlerken kuru bez kullanınız.
➤ Raporunuzu hazırlayınız.	➤ Deneye uygun rapor hazırlarken işlem basamaklarını göz önünde bulundurmayı unutmayınız.

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğünüzü giyip çalışma ortamınızı düzenlediniz mi?		
2. Hidrometre cihazına numuneyi düzgün ilave ettiniz mi?		
3. Hidrometrede ölçümü dikkatlice yaptınız mı?		
4. Yoğunluk sonucunu rapor ettiniz mi?		
5. Araç ve gereçlerin temizleyini düzenli bir şekilde yaptınız mı?		

## 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

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Bir maddenin birim hacminin kütesine o maddenin..... denir.
2. Bir bardak su ile bir sürahi suyun hacim ve kütleleri farklı olmasına rağmen ikisinin de .....aynıdır.
3. Uluslararası birim sisteminde, yoğunluğun ( özkütlenin ) birimi..... dir.
4. Belirli geometrik şekle sahip olmayan katının hacmi sıvıya .....yöntemiyle ölçülerek bulunur.
5. Geometrik şekli küp olan bir katının hacmi.....formülüyle hesaplanır.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

6. Bir küpün bir ayrıttının uzunluğu 4 cm'dir. Kütle ise terazide tartılarak 24 g bulunmuştur. Buna göre küpün yoğunluğu kaç g/cm<sup>3</sup>tür?  
A) 0,375 g/cm<sup>3</sup>  
B) 0,357 g/cm<sup>3</sup>  
C) 0,275 g/cm<sup>3</sup>  
D) 0,750 g/cm<sup>3</sup>
7. İçinde 400 cm<sup>3</sup> çizgisine kadar saf su bulunan mezüre 120 g ağırlığında katı bir cisim bırakıldığında hacim çizgisi 438 cm<sup>3</sup>e yükselmiştir. Buna göre cismin yoğunluğu kaç g/cm<sup>3</sup>tür?  
A) 3,9175 g/cm<sup>3</sup>  
B) 3,7915 g/cm<sup>3</sup>  
C) 3,0795 g/cm<sup>3</sup>  
D) 3,1579 g/cm<sup>3</sup>
8. Küp şeklindeki bir cismin ayrıtt uzunluğu sırasıyla 1,0, 2,0, 4,0 cm'dir. Kütle ise 62 g'dır. Bu cismin yoğunluğu kaç g/cm<sup>3</sup>tür?  
A) 7,705 g/cm<sup>3</sup>  
B) 6,705 g/cm<sup>3</sup>  
C) 7,750g/cm<sup>3</sup>  
D) 6,750 g/cm<sup>3</sup>
9. Aşağıdaki cihaz ya da aletlerin hangisi resonant yöntemle yoğunluk ölçümü yapılır?  
A) Hidrometre  
B) Çatal Switch  
C) Piknometre  
D) Dansimetre

10. Aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?
- A) Maddenin birim hacminin kütesine özkütle denir.
  - B) Özkütle birimi  $\text{g/cm}^3$  tür.
  - C) Özkütle maddeler için ayırt edici özelliktir.
  - D) Bütün maddelerin birim hacminin kütesi aynıdır.

## 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 tekniğine uygun uluslar arası ölçüm standartlara uygun viskozite ölçümü yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Akışkanların özellikleri hakkında araştırma yapınız.
- Akışkanlarda viskozite ölçüm analizlerinde kullanılan cihazları araştırınız.
- Newton ve Newton olmayan davranışlar hakkında araştırma yapınız.

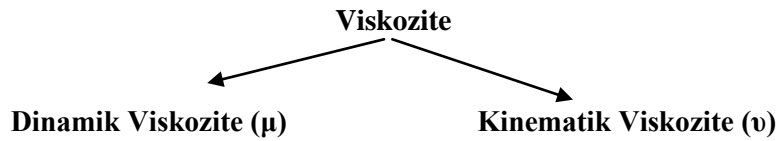
## 2. VİZKOZİTENİN ÖLÇÜMÜ

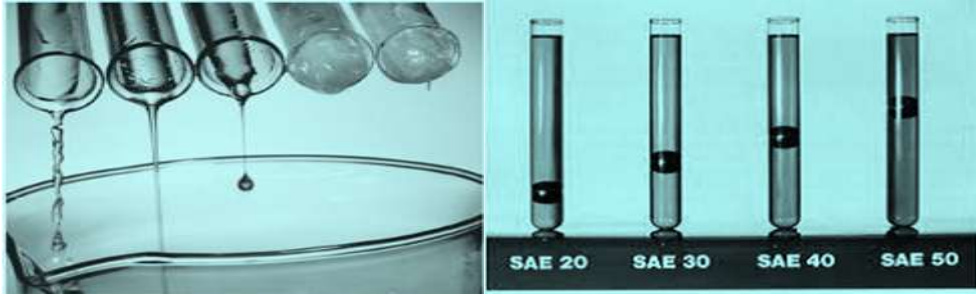
Bir sıvının akmaya karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanır. Sıvı ne kadar az akıcı ise viskozitesi o kadar yüksektir. Reoloji bilimi; fiziksel mekaniğin, yoğunlaşmış maddenin akışını inceleyen bilim dalı olarak tanımlanır.

### 2.1. Genel Bilgi

Akmaya direnç gösteren moleküler çekimin sebep olduğu bir akışkanın (içsel) iç sürtünmesidir. Bu tanımdan sonra bütün akışkanların moleküler arası etkileşimler (itme ve çekme kuvvetleri, sürtünmeler) yüzünden viskoziteye sahip olduğu açıklanabilmektedir. Yani viskozite akışkanların akmasını durdurmak isteyen bir engelleyicidir de diyebiliriz.

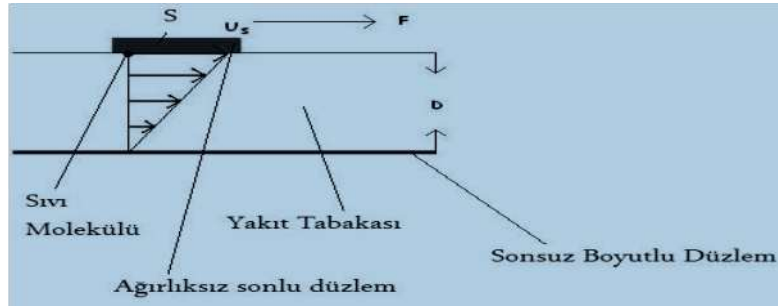
Viskozite yakıtların borulardan akışı ve püskürtme özelliklerinin belirlenmesinde kullanılır.





Resim 2.1: Örnek viskoz sıvılar

- **Dinamik Viskozite:**Sıvı moleküllerinin iç sürtünmelerini karakterize eden bir katsayıdır.



Şekil 2.1: Dinamik viskozite sistemi

Dinamik viskozite çekme kuvvetinin (F) birim yüzeye (S) düşen kısmının hız gradyanına ( $dU_s/dD$ ) bölümüne denir.

$$\mu = \frac{F}{S} \cdot \frac{dU_s}{dD}$$

Dinamik viskozite birimi: poise=(g/cm.s)

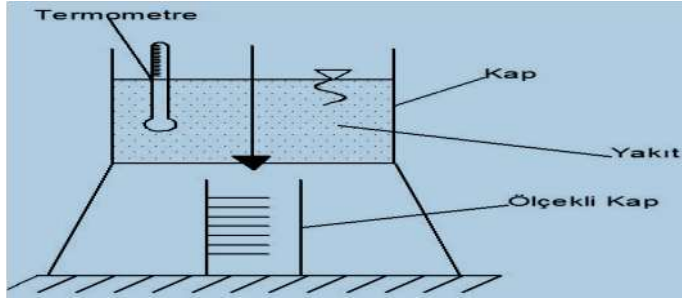
Uygulamada poise'in % 1'i olan centipoise (cp) kullanılır.

- **Kinematik Viskozite:**Dinamik viskozitedeki kuvvet veya kütle birimi yok edilirse kinematik viskozite elde edilir.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

$\rho$ : Yakıtın özgül kütlesi ( $g/cm^3$ ), kinematik viskozite birimi: stokes= $[cm^2/s]$

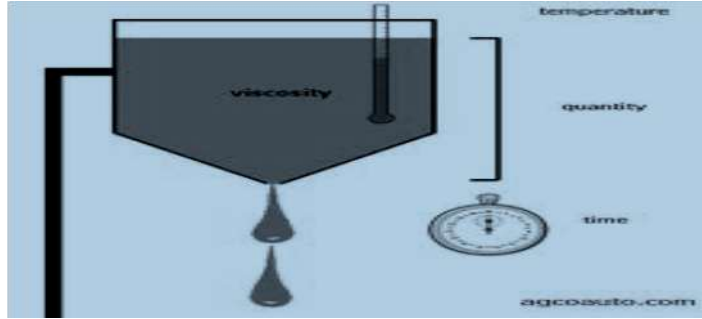
Uygulamada stokes'un 100'de biri olan centistokes (cs) kullanılır.



Şekil 2.2: Kinematik viskozite sistemi

➤ **Viskozite ölçmede kullanılan yöntemler**

- Saybolt Yöntemi (SSU): ABD’de
- Redwood Yöntemi (RI): İngiltere’de
- Engler Yöntemi (°E): Avrupa’da



Resim 2.2: Vizkozite ölçme prensibi

Belli sıcaklığa sahip bir yakıtın belli hacminin kaptan akış zamanı ölçülür. Her 3 yöntemde de viskozite ölçme prensibi aynıdır. Ancak kapların boyutları farklıdır.

- **Saybolt yöntemi:**100 oF sıcaklıktaki yakıtın 60 cm<sup>3</sup>nün belli bir kaptan akış zamanı olarak ölçülür. Örnek: akış zamanı 40 s ise viskozite 40°SSU/100 oF olarak verilir.
- **Redwood yöntemi:**100°F sıcaklıktaki yakıtın 50 cm<sup>3</sup>’nün belli bir kaptan akış zamanı olarak ölçülür. Örnek: akış zamanı 38 s ise viskozite 38°RI/100 °F olarak verilir.
- **Engler yöntemi:**200oC sıcaklıktaki yakıtın 200 cm<sup>3</sup>’nün belli bir kaptan akış zamanının; aynı kaptaki, aynı sıcaklıktaki ve aynı miktardaki suyun akış zamanına oranıdır.

**Örnek:** Suyun akış süresi 19 s, yakıtın akış süresi 38 s, yakıtın viskozitesi  $38/19= 2^0 E$

- **Viskozite indeksi:** Yakıtın viskozitesinin sıcaklıkla ne şekilde değiştiğini gösterebilmek için bulunmuş bir yöntemdir. Walther yaptığı çalışmalarda viskozitenin sıcaklıkla birlikte düştüğünü göstermiştir.

## 2.2. Newton ve Newton Olmayan Davranışlar

Newton (Newtonyen) ve Newton olmayan davranışlar aşağıdaki iki alt başlıkta açıklanmıştır.

### 2.2.1. Newton (Newtonyen) Davranışlar

Sıvılarda pratikte kayma gerilmesi ( $\tau$ ) hareket ettirme halinde oluşur. Dökme, püskürtme, karıştırma gibi etkiler sıvılarda kayma gerilmesini oluşturur. Sıvıya uygulanan kayma gerilmesi ( $\tau$ ) ile kayma hızı (deformasyonun oluşum hızı,  $\gamma$ ) doğru orantılıysa diğer bir tabirle, sıvının viskozitesi değişmiyorsa bu sıvıya “Newtonyen Sıvı” adı verilir. Viskozite katsayısı Newtonyen sıvılar için aşağıdaki formülle belirlenir.

$$\tau = \mu \frac{du}{dy}$$

$\tau$ : Kayma gerilmesi (dyne/cm<sup>2</sup>),

$\mu$ : Viskozite (cP),

$\frac{du}{dy}$ : Kayma hızı (sn<sup>-1</sup>)

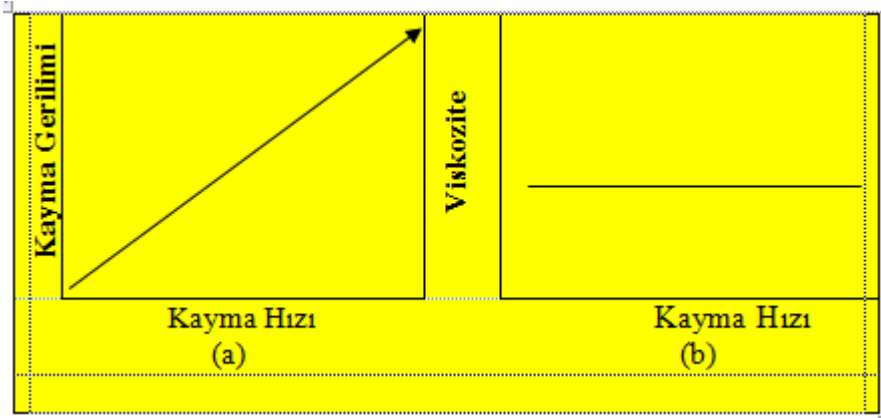
Bu tür akışkanlar, sabit sıcaklık ve sabit basınç altında aşağıdaki özellikleri sergilerler:

- Basit kayma akısında oluşan gerilim, iki normal gerilim farkının sıfır olduğu kayma gerilimidir.
- Viskozite, kayma hızı ile değişmez.
- Viskozite, kayma işlemi devam ederken sabittir ve sıvıdaki gerilim, kayma işleminin kesilmesi durumunda hemen sıfıra iner. Ölçümün bir zaman aralığından sonra tekrarlanması durumunda yine aynı değer bulunur; viskozite zamanla değişmez.
- Farklı deformasyon durumlarında ölçülen viskozite değerleri, daima basit bir şekilde birbirleriyle orantılıdır.

Yukarıdaki özelliklerden sapma gösteren herhangi bir akışkan, Newtonyen davranış göstermez. Saf su ve gliserin bu tür akışkanlara genel bir örnektir.

Newtonyen sıvı için kayma hızı ve kayma gerilimi arasındaki ilişki şekil 2.3 (a)'da görülmektedir. Bu grafikteki doğrusal çizginin eğiminden viskozite belirlenmektedir. Şekil 2.3. (b)'de ise viskozitenin kayma hızıyla değişmediği ifade edilmiştir.





Şekil 2.3: Newtoniyen davranışa ait akış eğrisi (a) viskozite eğrisi (b)

## 2.2.2. Newton (Newtonyen) Olmayan Davranışlar

Newtonyen olmayan sıvılarda kayma gerilmesi ile deformasyonun oluşum hızı arasında doğrusal bir ilişki yoktur. Akış, kayma gerilmesi ve kayma hızı arasında sabit bir orana sahip olmaz ve viskozite kayma hızı ya da kayma süresi ile değişir. Bu durumda genel viskozite denklemi yeniden düzenlenerek aşağıdaki genel eşitliğe dönüştürülür:

$$\tau = \tau_0 + \mu \dot{\gamma}^n$$

$\tau$  = Kayma gerilmesi (dyne/cm<sup>2</sup>)

$\tau_0$ : Başlangıç akma gerilmesi (dyne/cm<sup>2</sup>)

$\mu$  = Viskozite (cP)

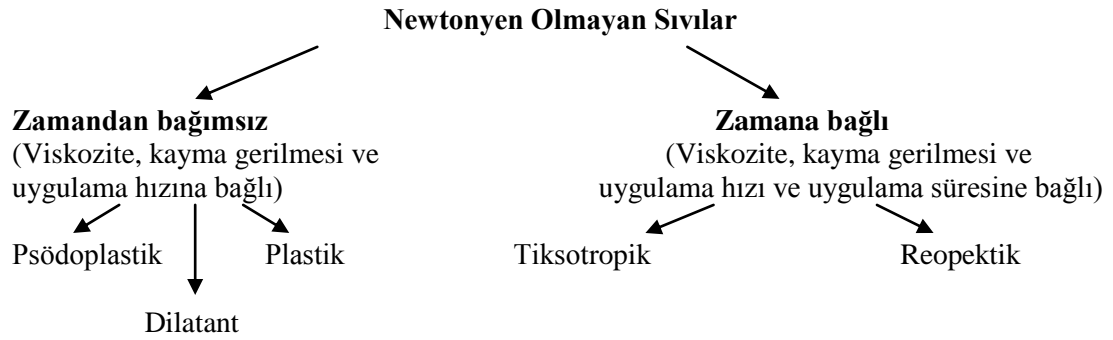
$\dot{\gamma}$  = Kayma hızı (sn<sup>-1</sup>)

$n$  = Akış davranış indeksi

Buna göre; kayma gerilmesi ve kayma hızı arasındaki ilişkiye bağlı olarak çeşitli akış davranışları ve kavramları ortaya atılmıştır. Newtonyen olmayan sıvıların reolojik davranışları Şekil 2.4'deki gibi gruplandırılabilir.

**Psödoplastik** (yalancı plastik) davranış, düşük gerilmeler altında plastik, yüksek gerilme kuvvetleri altında viskoz davranış gösterir. Kayma hızının artışıyla birlikte viskozitede düşme gösteren sıvılar psödoplastik sıvılar olarak tanımlanır. Psödoplastik akış, kayma incilmesi veya incelen akış (shear thinning) olarak da bilinmektedir. En çok rastlanan Newtonyen olmayan akış çeşididir.

Boyalar, emülsiyonlar, dispersiyonlar ve polimerik çözeltiler bu tür akışkanlara örnek verilebilir.



**Şekil 2.4: Newtonyen olmayan sıvılar**

**Dilatant akış davranışı**, askıda tutulan taneciklerin sıkı dolgulaşmasıyla meydana gelmektedir. Yüksek kayma hızlarında, sıvının büyük bir kısmı boşluklarda hapis olmakta ve tanecikler artan kayma hızı ile daha fazla bir direnç göstermektedir. Bu tip akışkanlarda akış davranış indeksi  $n > 1$ 'den büyüktür. Dilatant davranış özellikleri gösteren sıvılarda deformasyon hızındaki artışla viskozitede de artış meydana gelir. Psödoplastik davranışa göre daha seyrek görülür. Özellikle kil, şeker çözeltileri, mısır nişastası-su karışımı, su-kum karışımı gibi süspansiyonlar dilatant özellik göstermektedir.

**Plastik (Bingham plastiği)**, türündeki akışkanlar psödoplastikler gibi davranmakla birlikte, sıvının akmaya başlaması için uygulanması gereken bir başlangıç gerilimine (  $\tau_0$  ) sahiptirler. Bu gerilmeye, sıfır kayma hızındaki kesme kuvveti de denmektedir.

Kayma gerilimi akma gerilim değerini aştıktan sonra kayma gerilimi, kayma oranının lineer bir davranışıyla karakterize edilir. Bingham (plastik) reolojisi olarak adlandırılan bu akış türü, Newtonyen davranış ve akma geriliminin toplamına eşittir.

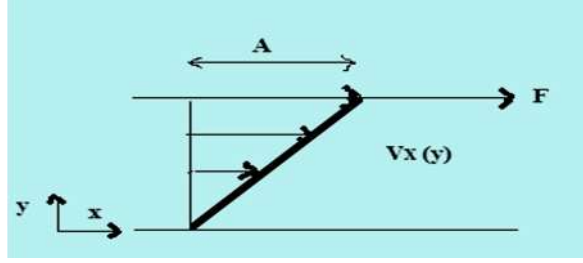
**Tiksotropik akışkanın** viskozitesi zamana bağlıdır; yani sabit kayma hızında zamanla viskozite azalır. **Reopektik akışkanlarda** sabit kayma hızında zaman arttıkça viskozite de artar. Gres yağı, ağır mürekkepler tiksotropik, çimento hamuru ve harcı reopektik davranış göstermektedir.

Bazı plastik akış davranımı gösteren sıvılar, üç parametrelili olan Herschel-Bulkley modeline uygun akış davranışı da gösterebilmektedir. Bu model, genelleştirilmiş Bingham akışkan veya yield-psödoplastik akışkan olarak da adlandırılabilir.

### 2.3. Kayma Viskozitesinin Ölçümü

Newton tipi akışkanlarda Şekil 2.5'de görülen bir akışta kayma gerilmesi  $\tau$  ile kayma şekil değiştirme hızı  $\dot{\gamma}$  arasındaki ilişki doğrusaldır. Yani bu iki büyüklük arasındaki oran su ve havada olduğu gibi sabittir. Bu orana dinamik kayma viskozitesi veya sadece viskozite denir.

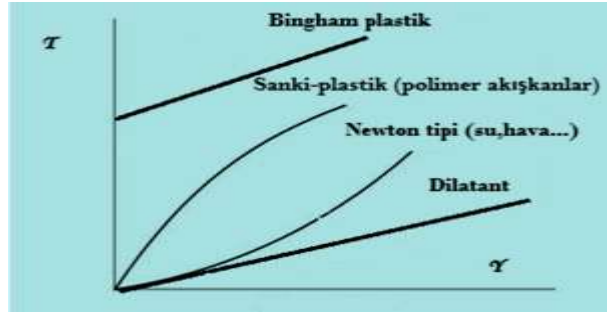
$$\eta = \frac{F}{A} \cdot \frac{dx}{dy} = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}$$



Şekil 2.5: Tek boyutlu viskoz akış

Ancak polimer akışkanlarda durum böyle değildir. Yani kayma gerilmesi ile kayma şekil değiştirme hızı arasındaki oran lineer değildir ( Şekil 2.6).

Kayma şekil değiştirme hızı arttıkça oranı azalır, başka bir deyişle kayma şekil değiştirme hızı arttıkça kayma viskozitesi azalır. Bu davranışı gösteren akışkanlara sanki-plastik akışkanlar denir.



Şekil 2.6: Farklı akışkanlara ait gerilme-şekil değiştirme hızı eğrileri

Sıfıra yakın kayma şekil değiştirme hızlarında viskozite sabittir, bu sabit değere sıfır kayma viskozitesi, adı verilir. Yine çok yüksek kayma şekil değiştirme hızı değerlerinde viskozite sabit olur, buna da sonsuz kayma viskozitesi, adı verilir.

Polimer akışkanlar için en çok kullanılan viskozite modelleri:

- Ostwald-de-Waele Modeli
- Bird-Carreau Modeli (Polyflow 3.10.0 User Guide)
- Croos Modeli (Polyflow 3.10.0 User Guide)
- Carreau- Yasuda Modeli (Polyflow 3.10.0 User Guide)

## 2.4. Shop- Floor ( Atelye ) Viskozimetreleri

Viskozimetreler iki temel prensibe göre ölçüm yaparlar

- Bir tüp içindeki sıvının akışa karşı direncini ölçmek
- Sıvının içindeki katı cismin hareketine gösterdiği direnci ölçmek

➤ **Tek noktalı viskozimetreler**

• **Kılcal viskozimetreler**

Kılcal viskozimetreler Hagen ve Poiseuille tarafından geliştirilmiştir. Çalışma prensibi kılcal tüpte, belli iki işaret arasında sıvının yerçekimi etkisi ile akması için gereken sürenin saptanmasına dayanır.

Poiseuille eşitliğine göre viskozite aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır.

$$\eta = \frac{\pi r^4 \Delta P}{8 l v}$$

Burada; r, kılcalın yarıçapı;  $\Delta P$ , kılcalın üst ve alt kısmı arasındaki basınç farkı; l, kılcalın uzunluğu; t, sıvının akış süresi; v, akan sıvının hacmidir. Yarıçap, uzunluk ve hacim K değişmezi olarak kabul edilebilir. Bu durumda yukarıdaki eşitlik;

$$\eta = K t \Delta P \text{ şeklinde yazılabilir.}$$

Basınç ( $\Delta P$ ), sıvının yoğunluğuna, yerçekimi ivmesine ve viskozimetrenin iki kolundaki sıvı düzeyinin yüksekliğindeki farka dayanır. Yerçekimi ivmesi de sabit olduğuna göre, kapillerdeki sıvı düzeyinin yüksekliği de sabit tutulursa;

$$\eta = K_1 t_1 \text{ eşitliği yazılabilir.}$$

Kılcal viskozimetre, viskozitesi bilinen bir sıvı ile (referans) kalibre edilebilir ve sonra viskozitesi bilinmeyen sıvının viskozitesi tayin edilebilir. Bu şekilde test örneğinin mutlak viskozitesinin yanı sıra, bağlı viskozite ve kinematik viskozite de aşağıdaki eşitliklere göre hesaplanabilir;

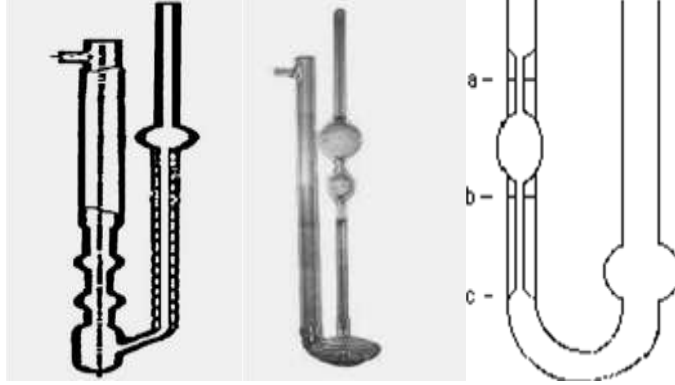
$$\eta = \frac{\eta_1}{\eta_2} = \frac{P_1 t_1}{P_2 t_2}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

$\eta_2$ , referans sıvısının viskoziteleri; P1 ve P2, test ve referans sıvılarının yoğunluğu t1 ve t2 akış süreleridir.

Kapiller viskozimetreler kılcal camdan yapılmış olup en çok bilinenleri Cannon-Frenske, Ubbelohde ve Ostwald viskozimetreleridir. Bu tip viskozimetrelerin üstünlüğü, yüksek kayma hızlarının elde edilmesi ve ucuz olmasıdır. Sakıncaları ise, dispers sistem

içindeki katıların kılcalın duvarlarına doğru göç etme meyli gösterebilmeleri ve bunun sonucu olarak da viskozitelerinin düşmesidir.



Şekil 2.7: Kılcal viskozimetresi (Cannon-Frenske, Ubbelohde, Oswald)

- **Düşen ve dönen bilya viskometreleri**

Bu tip viskozimetrenin çalışma prensibi, cam veya çelikten yapılmış bir bilyenin (kürenin), viskozitesi ölçülecek sıvıyı içeren şeffaf silindirik borunun alt üst edilerek bilyenin iki işaret arasındaki geçiş zamanının tayin edilmesine dayanır.

Dönen bilye viskozimetresinde ise, kılcal boru boyunca bilye döner. Şekilde düşen ve dönen bilye viskozimetresi görülmektedir. Belli çap ve yoğunlukta olan bilyelerin düşme hızı, ölçümü yapılan örneğin viskozitesi ile ters orantılıdır.

Stokes eşitliğine göre Newtonian sıvıların viskozitesi aşağıda verilen eşitlikten hesaplanabilir.

$$\eta = \frac{2}{g} (P_1 - P_2) \frac{gr^2}{V}$$

Burada;  $\eta$  viskozite bilya yoğunluğu;  $P$ , sıvının yoğunluğu;  $g$ , yerçekimi ivmesi;  $r$ , bilyanın yarıçapı;  $V$ , bilyanın düşme hızıdır. Ölçümün yapıldığı tüp, viskozitesi bilinen bir sıvı ile kalibre edildiğinde eşitlik aşağıda gösterildiği şekilde yazabiliriz;

$$\eta = K (P_1 - P_2) t$$

$K$ , bilyeye ait değişmez;  $t$ , bilyenin silindirin iki işaretlenmiş noktası arasındaki geçiş (düşme) süresidir. İyi bir sonuç almak için bilyenin 30 saniyeden az olmayacak bir şekilde geçmesi gerekir.



Şekil 2.8: Düşen bilye viskozimetresi

#### ➤ Çok Noktalı Viskozimetreler

Rotasyon el viskozimetrelerin en çok kullanılan tipleri çift eksenli silindir, koni-tabla ve dönen mil viskozimetreleridir.

- Çift eksenli viskozimetreler

Bu tip viskozimetreler bir silindirin içinde küçük bir silindir içerirler. Sıvı dış silindirin (dış kabın) iç çeperi ile kullanılan silindirin dış çeperi arasında kaymaya uğrar.

Aletin özelliğine göre bu silindirlerden biri belli bir açısal hızla döndürülür. Silindirlerden birinin dönmesi ile diğer silindirin yüzeyinde oluşan ve örneğin viskozitesi ile orantılı olan stres (gerilim) aletin ekranından okunur.

Çift eksenli viskozimetrelere örnek olarak Coutte, Haake-Rotovisko, Stormer ve Searle tipi viskozimetreler verilebilir. Coutte tipi viskozimetrede kap dönmektedir. Searle tipi viskozimetrede ise, bir sabit kap ve bir dönen (bob) kap bulunmaktadır. Şekil 1.9'da Searle tip viskozimetre görülmektedir.

Bir dönen (rotasyonel) viskozimetre ile yapılan ölçümlerden viskozite aşağıda verilen eşitlikle hesaplanabilir;

$$\eta = K \frac{T}{\Omega}$$

Burada açısal hız (radsan<sup>-1</sup>); T, Tork (dyncm); K, alete ait değişmezdir. Bu değişmez, viskozitesi bilinen bir yağın analizi ile tayin edilebilir. Bu amaç için referans yağlar Ulusal Standartlar bürosundan temin edilebilir.

Stormer viskozimetresinde sabit bir dış kap ile ağırlık ve kaldıraç prensibi ile çalışan bir iç silindir yer almaktadır (Şekil 2.10). Ölçümü yapılacak örnek, dış kap ile iç silindir arasındaki boşluğa konur ve sıcaklığın dengeye gelmesi sağlanır. Bir ağırlık asılır ve iç

silindirin 100 defa dönmesi için geçen zaman ölçülür ve kaydedilir. Elde edilen veri, dakikada devir sayısına (d/d, rpm) çevrilir. Daha sonra asılan ağırlık artırılarak aynı işlemler tekrarlanır. Dakikada devir sayısı eklenen ağırlıklara karşı grafiklenerek reogram elde edilir. Stormer viskozimetresi 20 cP'den düşük viskoziteli sistemler için kullanılmamalıdır.

Bu viskometre ile plastik viskozite, aşağıda verilen eşitlikle hesaplanabilir:

$$U = K \frac{W - W_f}{V}$$

Burada U, plastik viskozite (poise); Wf, eşik değeri (gram); W, ağırlık (gram)'dır.

Bir başka örnek viskometre Haake-Rotovisko viskozimetresidir. Bunda da bir dış kap ve bir dönen silindir bulunmaktadır. Üç farklı boyutta dış kap ve silindirden oluşan düzenekleri (MVI, MVII, MVII) bulunmaktadır (Şekil 1.11).

- **Dönen mil viskometresi**

Kalite kontrol laboratuvarı ve araştırmalarda en çok kullanılan dönen mil viskozimetresi Brookfield tipidir (Şekil 2.12) Çeşitli geometrik yapılara (silindir, t bar ve koni-tabla konfigürasyonu) sahip tipleri bulunmaktadır. Bu viskometre ile Newtonian ve Newtonian olmayan sıvıların reolojik özellikleri ölçülebilir. Ayrıca yarı katı ilaç şekillerinin viskozitesi ve akış özellikleri de tayin edilebilir.

Brookfield viskozimetresinde bir yay ile aletin motoruna bağlanan, farklı hızda dönüş yapabilen miller bulunmaktadır. Millerin geometrik şekilleri birbirinden farklıdır. Ölçülecek örneğin tipine göre mil seçilir. Milin örnek içinde dönmesiyle oluşan viskoz sürüklenme, kayma geriliminin fonksiyonu olarak aletin göstergesinden okunur. Milin dönüş hızı (d/d, rpm) genel olarak gerçek kayma hızı yerine, göstergede okunan değer ise gerçek kayma gerilimi yerine kullanılır. Kullanılan milin boyutuna ve hızına bağlı olarak geliştirilen bir faktör yardımıyla okunan değerler viskoziteye çevrilir.

- **Koni ve tabla (plaka) viskozimetresi**

Bu viskozimetrede, altta sabit bir tabla, üstte belli açıda dönen bir koni bulunmaktadır. Koni ile tabla arasında da çok küçük bir aralık oluşur.

Bu tip viskozimetrede ölçüm yapılacak örnek tablanın ortasına yerleştirilir ve tabla koninin tam altına gelecek pozisyonda yükseltilir. Ölçülecek örnek sabit tabla ve dönen koni arasındaki dar aralıkta kayar. Koni değişen hızda bir motor tarafından çalışır (Şekil 2.13). Hız gradyanı azaltılıp, arttırılabilir. Koni üzerinde oluşan kayma gerilimi, tork (torque) göstergeden okunur. Hız gradyanı (d/d), göstergeden okunan kayma gerilimine karşı grafiğe geçirilir.

Koni-tabla viskozimetresinde hız gradyanının, örneğin her tarafında sabit olması açısından çift eksenli viskozimetrelere göre üstünlüğü bulunmaktadır. Diğer bir üstünlüğü de çok küçük örnek miktarı ile (0.1-0.2 mL) ölçüm yapılabilmesidir.



Şekil 2.9: Koni-tabla viskozimetresinde

## 2.5. Uzama Viskozitesinin Ölçümü

Kayma şekil değiştirme hızının artmasıyla polimer eriğinin kayma viskozitesi azalırken, uzama şekil değiştirme hızının artmasıyla uzama viskozitesi artmaktadır.

Polimer akışkanlarda uzama viskozitesi küçük uzama şekil değiştirme hızlarında kayma viskozitesinin 3 katı kadardır. Bu orana Trouton oranı denir. Uzama hızı arttıkça belli bir değerden sonra uzama viskozitesi artar. Viskoziteler arasındaki oran şekil değiştirme hızı arttıkça oldukça hızlı artış gösterir. Kayma viskozitesi ile uzama viskozitesi arasında bir ilişki yoktur, yani ikisi birbirinden bağımsızdır.

## 2.6. Aşırı Sıcaklık ve Basınç Altında Viskozitesinin Ölçümü

Çoğu sıvıların viskozitesi, artan sıcaklıkla azalır. Boşluk (hole) teorisine göre bir sıvı içerisinde boşluklar bulunmaktadır ve moleküller sürekli boşluklara doğru hareket ederler. Bu olay akışa izin verir, fakat bir molekülün bir boşluğa taşınması bir aktivasyon enerjisine ihtiyaç duyduğundan enerji gerektirir. Yüksek sıcaklıklarda aktivasyon enerjisi daha kolay temin edileceğinden sıcaklık yükseldikçe sıvı daha kolay akar. Viskozitenin sıcaklıkla değişimi aşağıdaki ifade ile gösterilir.

$$\mu = A \cdot e^{E_a/RT}$$

Buradaki  $E_a$  viskoz akışa ait aktivasyon enerjisidir.

Diğer yandan artan basınçla bir sıvının viskozitesi artar çünkü basıncın artırılması sıvı içerisindeki boşluk sayısını azaltır ve bunun sonucu moleküllerin hareketi zorlaşır.

## 2.7. Akım Hattında Ölçüm



TT-200 Viskozimetre flanş bağlantılı olup karışım, formülasyon ya da depolama tanklarına monte edilerek veya boru hattı üzerine yerleştirilecek bir "T" fittinge monte edilerek kullanılır. Viskozite ölçüm kapsamı ve çalışılan kesme hızı oranı Brookfield ın yardımı ile API (Amerikan Petrol Enstitüsü) nün öngördüğü 511 saniye-1 gibi kesme hızı oranlarında tasarlanmıştır.

Standart viskozimetre tek hız/tek kesme hızı oranına göre üretilir. Opsiyonel olarak değişken hızda motorlu viskozimetrelerimiz de mevcuttur ki bunlarla değişken kesme hızı oranı elde edilebilir. Bu tür cihazlarımız pilot tesislerde çok farklı viskoziteleri olan ürünlerin geliştirilmesinde de çok kullanışlıdır.

#### ➤ **Özellikleri ve yararları**

- Belirlenmiş kesme hızı oranı demek, diğer Brookfield laboratuvar tipi viskozimetrelerle aynı kesme hızı oranında olmak şartıyla eşdeğer viskozite değerlerini okuyabilmek demektir.
- Kesme Hızı Oranları 10-1,000 saniye<sup>-1</sup>dir.
- Basınç dayanıklılığı 500 psi (34 bar) ve ısı dayanıklılığı da 500 °F (260 °C) kadardır.
- Sürekli ölçüm sayesinde numune alarak laboratuvarında ölçüm yapma gereğini elimine eder ve bitmiş ürün spesifikasyonlarından şaşma yapmadan üretimin sabit değerlerde kalmasını sağlar.
- 4 -20 mA çıkış sinyali sayesinde çeşitli ekran ve kontrol olanakları sağlar
- Amerikan Petrol Enstitüsü (American Petroleum Institute (API)) tarafından önerilen 511 saniye-1 kesme hızı oranında çalışır.
- Dayanıklı 300 serisi paslanmaz çelikten mamuldür.
- Tam skalanın ±.5% oranında tekrarlanabilirlik sağlar
- Patlamaya dayanıklıdır.
- Opsiyonel 12V veya 24V DC akımla çalışır.

## **2.8. Doğruluk ve Kullanım Aralığı**

Doğruluk, analitik yoldan bulunabilecek en güvenilir doğru değer veya doğru kabul edilen değer arasındaki farktır. Diğer bir deyişle doğruluk, deneyde bulunan bir sonucun doğru (gerçek) değere yakınlık derecesidir.

Bir sistemin reolojik özelliklerinin başarılı bir şekilde ölçülmesi ve değerlendirilmesi, uygun yöntemin ve doğru bir viskozimetrenin seçilmesine bağlıdır. Viskozimetrelerin tasarımında, sıcaklık ve işlem parametreleri esas alınır. Bir viskozimetrenin de, kalite kontrolü için ürünün akış özelliklerini tayin etmesi ve ölçümü yapılacak, örneğin tüp, şişe ve kavanozdan kolaylıkla ve kısa zamanda doğru ölçümünü sağlaması gerekir.

Reolojik ölçümlerde amaç, gerilim ve kayma hızı ve bazı durumlarda viskoelastisite arasındaki fonksiyonel ilişkiyi tayin etmektir. Newtonian akış gösteren sistemlerde hız

gradyanı ile gerilim arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle, bu tip sistemlerin akış özelliğini ve viskozitesini tayin etmek için tek noktalı viskozimetreler kullanılmaktadır.

Bu aletler tek kayma hızı ile çalışırlar. Akış eğrisi üzerinde tek bir nokta elde edilir, bu noktadan yapılan bir uzatma (ekstrapolasyon) ile tam bir akış eğrisi elde edilir. Newtonian olmayan akış sistemlerinin viskozitesinin tek noktalı prensibe göre çalışan aletlerle ölçülmesi yanlış sonuçlar verir; ancak, değişik hız gradyanlarında çalışılarak ölçüm yapmak mümkün olabilir. Bu tip sistemlerin reogramı çok noktalı viskozimetreler kullanılarak çizilmelidir.

Brookfield Viskozite Standart Sıvıları ölçülen viskozite değerinin  $\pm 1\%$  oranında doğruluk derecesine sahiptirler ve ABD Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsüne (NIST) izlenebilirliği olan metotlar tarafından sertifikalandırılırlar. Cihazınızın kalibrasyonunun doğrulanması için bir veya iki ayrı değerlerde olan **viskozite standart sıvıları** yeterli ölçümler için kâfi sayılabilir. Bütün sıvılar kalibrasyon sertifikası ile birlikte ½ litre (1 pint), ancak CAP yağ standart sıvıları 150 mL (4 Oz) kavanozlarda satılırlar ve yılda bir yenilenmeleri önerilir.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Kuralına uygun olarak viskozite ölçümü yapınız.

### Kullanılan araç ve gereçler:

- Viskozite cihazı,
- Viskozite tüpleri,
- Termometre,
- Kronometre,
- Puar

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Tek faktörlü numune cihazına 7 ml numune alınız.	➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyerek çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➤ Dozajlama yaparken dikkatli olunuz. ➤ Yaptığınız işten emin olunuz.
➤ Tüpü banyo içerisine yerleştirip ve yaklaşık 30 dakika zamanda tüp sıcaklığının banyo sıcaklığına eşit olmasını sağlayınız.	➤ Cihazın kalibrasyon tarihine dikkat ediniz. ➤ Kuralına uygun olarak sıcaklık ayarını yapınız.
➤ Tek faktörlü tüpün üst çizginin üstündeki sıvıyı buharla çekiniz.	➤ İşlemleri yaparken iş eğitimine uygun davranmayı unutmayınız.
➤ Numune baloncuğa giriş çizgisine geldiğinde kronometre çalıştırmak ve çıkış çizgisine geldiğinde durdurunuz.	➤ İşlem basamağına uygun davranınız.
➤ Numunenin geçiş süresini hesaplayınız.	➤ Numunenin cihazdan geçiş süresini dikkatli bir şekilde izleyerek zamana doğru bir şekilde kayıt ediniz.
➤ Rapor düzenleyiniz.	➤ Kuralına uygun şekilde, İşlem basamaklarına bağlı olarak deney raporunu hazırlayınız.

## KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız becerileri **Evet**, kazanamadığınız becerileri **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş önlüğünü giyip çalışma ortamınızı düzenlediniz mi?		
2. Malzeme, cihaz ve aletleri atölye sorumlusundan aldınız mı?		
3. Kapiller viskozitesini atölyede kurulumunu yaptınız mı?		
4. Tek faktörlü numune cihazına 7ml gliserin ilave ettiniz mi?		
5. Tüpü banyo içerisine yerleştirip, tüp sıcaklığını banyo sıcaklığına getirdiniz mi?		
6. Tek faktörlü tüpün üst çizginin üstündeki sıvıyı buharla çekimini yaptınız mı?		
7. Kronometreyi 0:00:00.00'a getirerek hazırladınız mı?		
8. Numune baloncuğa giriş çizgisine geldiğinde kronometreyi çalıştırdınız mı?		
9. Örnek çıkış çizgisine geldiğinde kronometreyi durdurdunuz mu?		
10. Numunenin geçiş süresini hesapladınız mı?		
11. Rapor hazırlayıp öğretmeninize teslim 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

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Bir sıvının akmaya karşı gösterdiği dirence..... denir.
2. Fiziksel mekaniğin, yoğunlaşmış maddelerin akışını inceleyen bilim dalına ..... denir.
3. Sıvıların akışkanlığını ölçen cihazlara ..... denir.
4. Dinamik viskozitedeki kuvvet veya kütle birimi yok edilirse ..... viskozite elde edilir.
5. .... sıvı moleküllerinin iç sürtünmelerini karakterize eden bir katsayıdır.
6. Tiksotropik akışkanın viskozitesi zamana bağlıdır, yani sabit kayma hızında zamanla viskozite .....
7. Reopektik akışkanlarda sabit kayma hızında zaman arttıkça viskozite de .....

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

8. Aşağıdakilerden hangisi Brookfield viskozite standart sıvıları ölçülen viskozite değerinin ( $\pm$ ) % kaç oranında doğruluk derecesine sahiptir?  
A) 1  
B) 2  
C) 3  
D) 4
9. Aşağıdakilerden hangisi çok noktalı viskozimetre tiplerinden değildir?  
A) Çift eksenli silindir  
B) Koni-tabla  
C) Dönen-mil  
D) Kılcal
10. Aşağıdakilerden hangisi zamandan bağımsız, kayma gerilmesi ve uygulama hızına bağlı Newtonyen olmayan sıvı türlerinden değildir?  
A) Dilatant  
B) Tiksotropik  
C) Psödoplastik  
D) Plastik

## **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-3

## AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında tekniğine uygun uluslar arası ölçüm standartlarına uygun olarak donma noktası kontrolü yapabileceksiniz.

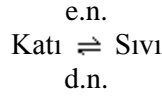
## ARAŞTIRMA

- Donma noktası hakkında araştırma yapınız.
- Laboratuarda yapılan donma noktası tayini hakkında araştırma yapınız.

## 3. DONMA NOKTASI ÖLÇÜMÜ

Bir sıvının katı hale dönüşümü donma olarak bilinir. Donma noktası (d.n.) ise bir atmosfer basınç altında sıvı ve katının bir arada bulunabileceği sıcaklık olarak tanımlanabilir.

Saf maddeler için erime donma noktaları birbirinin aynıdır ve bu durum aşağıdaki gibi gösterilebilir.



### 3.1. Donma Noktası

Sıvı bir maddenin sabit bir sıcaklıkta ısı vererek katı hale geçmesine **donma** denir. Sabit atmosfer basıncında bütün sıvı maddelerin katı hale geçtiği sabit bir sıcaklık değeri bulunur. Bu değere **donma sıcaklığı** veya **donma noktası** denir.

Petrol ve petrol ürünleri ile diğer bazı maddelerin, örneğin etil alkolün, katılaşmasına, konuşma dilinde donma deriz. Fakat bilimsel anlamda donma, maddenin belli bir sıcaklığın altında katı hale geçmesi, ergime de bunun tersidir. Petrol ve petrol ürünleri ise, soğudukça viskoziteleri, yavaş yavaş artar ve sonunda katılaşmış gibi görünür.

Donma noktası, daha doğrusu akma noktası, ürünlerin hangi iklim koşullarında kullanılabilceğinin bir göstergesidir. Limitler, bölge iklimlerine göre belirlenir.

### 3.2. Bulutlanma Noktası

Bulutlanma noktası tespit edilecek yakıt içinde su olmamasına dikkat edilmelidir. Cam tüp içine konan yakıt soğutulmaya başlanır. Soğutulan yakıtın saydamlığının bozulduğu sıcaklığa **bulutlanma noktası** denir.

Bulutlanma noktası; deney numunesi, belirlenmiş standart şartlar altında soğutulduğunda parafin (wax) kristallerinden oluşan bir sis (veya bulut)'in gözlemlendiği ilk sıcaklıktır. Analiz metodunda numune belirli bir hızda soğutulur ve belirli aralıklarla gözlenir. Deney tüpünde ilk sis (veya bulut)'in ilk gözlemlendiği sıcaklık bulutlanma noktası olarak kaydedilir.

Akma ve bulutlanma noktası tayin cihazı ile yapılan, soya metil esteri bulutlanma noktası tayini analizinde,  $-2^{\circ}\text{C}$ 'de bulutlanmanın başladığı gözlenmiştir.



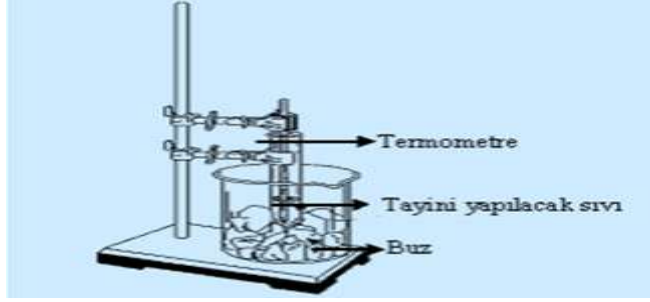
Resim 3.1: Akma ve bulutlanma noktası tayin cihazı (Petrotest)

### 3.3. Donma Noktası Kontrolü

Donma noktası tayini aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi basit bir düzencele yapılır.

- Büyük çaplı deney tüpü içerisine test yapılacak sıvı konur ve içerisine termometre yerleştirilir.
- Tüp buzun içerisine yerleştirilir.
- Tüp destek çubuğu ile spora tutturulur.
- Donmanın başladığı nokta termometreden okunur.
- Eğer donma noktası tayini yapılacak madde katı ise önce eritilir daha sonra soğutulurken donma noktası belirlenir.





Şekil 3.1: Donma noktası tayini

## UYGULAMA FAALİYETİ

Kuralına uygun olarak donma noktası kontrolü yapınız.

### Kullanılan araç ve gereçler:

- Termometre
- Soğutucu
- Dever kabı

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Test tüpüne 25 ml madde alınır.	➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyerek çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➤ Analiz edilecek uygun örnek seçiniz. ➤ Yeteri kadar örneği uygun ölçü kabıyla alınır.
➤ Karıştırıcı ve termometreyi taşıyan mantarla tüpün ağzını sıkıca kapatınız.	➤ İşlemleri yaparken dikkatli olunuz.
➤ Termometreyi sıvının ortasına gelecek şekilde ayarlayınız.	➤ Mantarın tam ortasında delik açılmış olmalı ve termometre sıvının ortasına gelecek şekilde yerleştiriniz.
➤ Karıştırıcının dibine 1ml alkol damlatınız.	➤ İşlem basamağına uygun davranınız.
➤ Dever kapı içine aseton veya alkol koymak ve karbondioksit ilave ederek soğutucu banyosunu hazırlayınız.	➤ Madde ilavesinde dikkatli davranınız. ➤ Kimyasallarla çalışmada dikkatli olunuz.
➤ Test tüpünü soğutucuya yerleştirip, soğutucu banyo yüksekliği test tüpü içinde ki numune yüksekliğinin üzerinde olacak şekilde hazırlayınız.	➤ İşlem basamağına uygun davranınız.
➤ Soğutma işlemi devam edip ve hidrokarbon kristallerinin görüldüğü noktadaki sıcaklığı kayıt ediniz.	➤ Analiz yapılırken dikkatli takip ediniz. ➤ Değişim anındaki sıcaklığı not ediniz.
➤ Test tüpünü soğutucudan çıkarıp kristallerin kaybolduğu sıcaklığı kayıt ediniz (Fark 3 0C geçmeyecek).	➤ Değişimin baş gösterdiği sıcaklığı dikkatlice not ediniz.
➤ Kristalleri kaybolduğu tamparotörü 0,5 hassasiyetle okuyup değeri kayıt etmek ve donma noktasını ölçünüz.	➤ Sıcaklık okumayı kuralına göre yapınız. ➤ Elde ettiğiniz sonucu kayıt ediniz.
➤ Rapor düzenleyiniz.	➤ Kuralına uygun şekilde, İşlem basamaklarına bağlı kalarak deney raporunu hazırlayınız.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Sıvı bir maddenin sabit bir sıcaklıkta ısı vererek katı hale geçmesine ..... denir.
2. Sabit atmosfer basıncında bütün sıvı maddelerin katı hale geçtiği sabit bir sıcaklık değeri bulunur. Bu değere ..... veya ..... denir.
3. Soğutulan yakıtın saydamlığının bozulduğu sıcaklığa ..... noktası denir.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

4. Aşağıdakilerden hangisi sıcaklık birimidir?  
A)  $^{\circ}\text{C}$   
B) cp  
C) dyn  
D) cal.
5. Aynı koşullar altında farklı maddelerin birbirinden ayırt edilmesinde yararlanılan özelliklerine ayırt edici özellik denir.  
Buna göre;  
I. Çözünürlük  
II. Erime noktası  
III. Özkütle

Özelliklerinden hangileri maddelerin katı, sıvı ve gaz halleri için **ayırt edici özelliktir**?

- A) Yalnız I  
B) I ve II  
C) Yalnız III  
D) I ve III
6. Aşağıdakilerden hangisi suyun donma sıcaklık noktasıdır?  
A)  $0^{\circ}\text{C}$   
B)  $-1^{\circ}\text{C}$   
C)  $+1^{\circ}\text{C}$   
D)  $100^{\circ}\text{C}$

## 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-4

## AMAÇ

Gerekli ortam sağlandığında tekniğine uygun uluslar arası ölçüm standartlarına uygun erime noktası kontrolü yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Erime noktası hakkında bilgi araştırınız.
- Erime noktası test cihazlarını araştırınız.

## 4. ERİME NOKTASI ÖLÇÜMÜ

Erime noktası, kristal ve saf olan bir madde ise, belirli bir sıcaklıkta katı halden tamamen sıvı hale geçer. Bu sıcaklığa o maddenin erime noktası denir. Bütün kristal yapıya sahip saf maddelerin erime noktasında, yani katı halden sıvı hale geçene kadar, sıcaklığı sabit kalır. Ancak tamamen sıvı hale geçtikten sonra sıcaklığı yükselir. Saf kristal cisimlerin erime noktası ile donma noktası arasında sıcaklık farkı yoktur. Mesela saf su, 0 °C de donar. Fakat saf olmayan maddelerin, yani karışımların donma ve erime noktaları farklıdır.

**Erime ısısı:** Bir gram katının erime noktasında, katı halden sıvı hâle geçmesi için gerekli olan ısı. Erime ısısı cisme ve sıcaklığa bağlıdır. Mesela buzun 0 °C'deki erime ısısı, 79,8 cal/g'dir. Bir gram sıvı donduğu zaman erime ısısı kadar ısıyı çevreye verir.

Bazı hallerde erimiş madde, donma noktasına kadar soğuduğu halde donmaz. İşte bu duruma aşırı soğuma ve donmada gecikme denir. Bu haldeki sıvıya kendi cinsinden küçük bir katı billur atılırsa sıvı maddenin birden bire donduğu görülür. Buna aşırı billuru (kristali) denir.

Erime ve donma noktası üzerine basıncın etkisi vardır. Normal erime noktasından söz edilirken, basınç bir atmosfer kabul edilir. Erime noktası, saf maddeler için karakteristik fiziksel bir sabittir.

Bir katı cismin sıcaklığı artırıldığı vakit moleküller arasındaki birbirini çekme kuvveti yavaş yavaş azalır ve belirli bir sıcaklık derecesinden sonra termik (ısı ile ilgili) hareket çekme kuvvetini yener. Katıda bir hal değişikliği başlar. Bu hal değişmesi maddenin kristal (billur) veya amorf oluşuna bağlı olarak değişik şekillerde olur. Amorf bir cisimde erime belli bir sıcaklıkta olmaz. Yani erimenin başladığı ve bittiği sıcaklık derecesi arasında bir fark vardır. Onun içindir ki, amorf bir maddenin erime noktasından bahsedilemez. Amorf maddenin sıcaklığı yükseldikçe, giderek yumuşar ve belirsiz bir sıcaklıkta sıvı hale geçer. Meselâ cam ve plastikler amorf maddelerdir. Bunların erime noktası yoktur.

Kristal ve saf olan bir madde ise, belirli bir sıcaklıkta katı halden tamamen sıvı hâle geçer. Bu sıcaklığa o maddenin erime noktası denir. Bütün kristal yapıya sahip saf maddelerin erime noktasında, yani katı halden sıvı hale geçene kadar, sıcaklığı sabit kalır. Ancak tamamen sıvı hale geçtikten sonra sıcaklığı yükselir. Saf kristal cisimlerin erime noktası ile donma noktası arasında sıcaklık farkı yoktur. Örneğin saf su, 0 °C’de donar. Fakat saf olmayan maddelerin, yani karışımların donma ve erime noktaları farklıdır.

#### 4.1. Erime Sıcaklığı

Sabit hava basıncı altında bütün katı maddelerin katı halden sıvı hale geçtiği sabit bir sıcaklık değeri vardır. Bu sıcaklık değerine erime sıcaklığı ya da erime sıcaklık noktası denir.

Sabit hava basıncı altında her maddenin erime sıcaklığı farklı olduğu için maddeler için ayırt edici bir özelliktir. Örneğin deniz düzeyinde buzun erime sıcaklığı 0 °C’dir.

#### 4.2. Erime Sıcaklığı Kontrolü

Katı hal, maddenin fiziksel hallerinden biridir. Sabit basınç altında katı madde ısıtılırsa sıcaklığı artar. Madde içindeki taneciklerin sıcaklığı artarken taneciklerin hareketleri hızlanır, bu durumda da kinetik enerjisi artar. Sıcaklık belli bir değere gelince sabit kalır.

Bir maddeye ısı verildiği halde sıcaklığı değişmiyorsa o madde hal değiştiriyor demektir. Madde hal değiştirirken sıcaklığı değişmez (potansiyel enerjisi artar). Verilen ısı maddenin molekülleri arasındaki bağları kopartır ve hal değiştirmesine harcanır. Maddenin katı halden sıvı hale geçmesine erime denir. Erime işleminin başlayıp sıcaklığın sabit kaldığı değere erime noktası denir.



**Resim 4.1: Erime noktası test cihazları ve kapiler tüp**

Bu cihazlar ile çalışırken yine kapiler tüpler kullanılır. Tayin yapılacak numune kapilere koyulur. Kapiler test cihazına yerleştirilir ve ölçüm yapılır.

## UYGULAMA FAALİYETİ

Kuralına uygun olarak erime noktası kontrolü yapınız.

### Kullanılan araç ve gereçler:

- Termometre

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Örneği havanda toz haline getiriniz.	➤ Laboratuvar önlüğünüzü giyerek çalışma ortamınızı hazırlayınız. ➤ Analiz edilecek uygun örnek seçiniz. ➤ Örneği havanda dikkatlice toz haline getiriniz.
➤ Örnekten tüpe 2 mm yükseklikte doldurunuz.	➤ Örneği tüpe boşaltırken dökmelere dikkat ediniz.
➤ Örnek tüpün üst kenarı suportun ağzı ile aynı düzeye gelecek şekilde kapatınız.	➤ Suportu doğru bir şekilde kullanınız.
➤ Genleşme kabı yukarıya doğru çevrilerek içini boşaltınız.	➤ Genleşme kabını dikkatlice boşaltınız.
➤ Anahtarı açıp sıcaklık programı yapınız.	➤ Cihazı çalışır duruma getirerek sıcaklık ayarını istenilen düzeye getiriniz.
➤ Örnek eridiğinde termometreden yaklaşık sıcaklık okuyunuz.	➤ Erime sıcaklık değerini tespit ederek sonucu kayıt altına alınız.
➤ Rapor düzenleyiniz.	➤ Kuralına uygun şekilde, İşlem basamaklarına bağlı kalarak deney raporunu hazırlayınız.

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Bir gram katının erime noktasında, katı halden sıvı hâle geçmesi için gerekli olan ısıya ..... denir.
2. Kristal ve saf olan bir maddenin belirli bir sıcaklıkta katı halden tamamen sıvı hale geçme anındaki sıcaklığa ..... denir.
3. Bir maddeye ısı verildiği halde sıcaklığı değişmiyorsa o madde ..... demektir.
4. Sabit basınç altında katı madde ısıtılırsa sıcaklığı .....
5. Madde içindeki taneciklerin sıcaklığı artarken taneciklerin hareketleri ....., bu durumda da .....enerjisi artar. Sıcaklık belli bir değere gelince ..... kalır.

## 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 cümlelerde boş bırakılan yerlere doğru sözcükleri yazınız.

1. Boyutları ölçülebilen katı maddelerin özkütleleri hesaplanırken öncelikle ..... ve.....ölçümleri yapılır.
2. Sıvılarda .....ölçülürken sıvının madde miktarı önemli değildir.
3. Aerometrelerin temel ilkesi, sıvının .....sıvı yoğunluğu ile doğru orantılı olmasıdır.
4. Sıvılarda pratikte kayma gerilmesi ( $\tau$ ) ..... halinde oluşur.
5. Madde hal değiştirirken sıcaklığı değişmez, ancak ..... enerjisi artar.
6. Saf maddeler için erime ve ..... noktaları birbirinin aynıdır.
7. Genellikle sıcaklık yükseldikçe viskozite .....

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

8. Viskozite aşağıdakilerden hangisine bağlı değildir?  
A) Sıcaklığa  
B) Moleküllerin şekline  
C) Moleküllerin boyutuna  
D) Yüzey gerilimine
9. Aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?  
A) Bir sıvının donma noktası, katının erime noktası ile aynı değildir.  
B) Kaynama, sıvının buhar basıncı atmosferik basınca eşit olduğu zaman olur.  
C) Yüksek kaynama noktası, moleküller arası kuvvetlerin büyük olduğunu gösterir.  
D) Suyun yoğunluğu buzdan daha büyük olduğundan basınç altında buz erir.
10. Aşağıdakilerden hangisi HCl molekülündeki en güçlü moleküller arası çekim kuvvetidir?  
A) Kovalent bağlar  
B) Dipol-dipol etkileşimi  
C) İyonik bağlar  
D) H- bağları

## 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	özkütlesi
2	yoğunluğu
3	$g/cm^3$
4	daldırma
5	$a^3$
6	A
7	D
8	C
9	B
10	D

## ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	viskozite
2	reoloji
3	viskozimetre
4	kinematik
5	dinamik viskozite
6	azalır
7	artar
8	A
9	D
10	B

## ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	donma
2	donma sıcaklığı, donma noktası
3	bulutlanma
4	A
5	D
6	A

### ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Erime ısısı
2	Erime noktası
3	Hal değiştiriyor
4	Artar
5	Hızlanır, kinetik, sabit

### MODÜL DEğERLENDİRMEİNİN CEVAP ANAHTARI

1	hacim ve kütle
2	özkütle
3	kaldırma kuvvetinin
4	hareket ettirme
5	potansiyel
6	donma
7	Düřer
8	D
9	A
10	D

## KAYNAKÇA

- ŞEKER Serhat, **Yakıt Özelliklerinin İncelenmesi**, Gazi Üniversitesi, 2007.
- PEKİN Burhan, Nazmiye ERDİN, Aysel TEMİZER, Özgül UTKU, Güzin KALAYCIOĞLU, **Fizikokimya Deneyleri**, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Basımevi, İzmir, 1997.
- Hung Nguyen, **Instrumentation And Process Control Part I Fundamentals Of Instrumentation, Module 4**, 2006