

KMB305 KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI I

DENEY ADI: VİSKOZİTE ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Deneyin Amacı: Sıvıların viskozitelerinin ölçülmesi ve sıcaklıkla değişiminin incelenmesi.

Uyarı:

- ! Viskozite ölçümünde kullanılan cam kaplar, viskozimetreler ve diğer cam ekipmanlar hassas malzemeler olup, dikkatli kullanılmalıdır.

Teori:

Akışkan bir madde bir yüzey üzerinden akıyorsa, bu akışın nedeni akışkana uygulanan bir itici kuvvettir. Akışkan madde akmaya karşı direnir ve itici kuvvet bu direnişi yenerek akışkanın akmasını sağlar. Viskozite, akışkanın akmaya karşı gösterdiği dirençtir ve akışkan üzerine uygulanan kaydırma kuvvetinin karşılaştığı sürtünme direncinin bir ölçüsüdür. Bir akışkan bir yüzey üzerinden geçerek aktığı zaman, yüzeye hemen komşu olan akışkan tabakası durgun haldedir, yüzeyden itibaren birbirini izleyen tabakaların hızları giderek artar, yani yüzeye yakın tabakaların hızları düşük, yüzeyden uzak olan tabakaların hızları ise daha yüksektir. Newton'un viskoz akış (diğer adıyla laminer veya tabakalı akış) kanununa göre, sıvı içerisinde iki komşu tabakanın birbirine göre hareketine direnç gösteren F sürtünme kuvveti, A alanı ve dV/dx (hız gradyanı) ile orantılıdır. Bu durum eşitlik 1'de matematiksel olarak ifade edilmiştir.

$$\frac{F}{A} = -\eta \frac{\Delta V_z}{\Delta y} \quad (1)$$

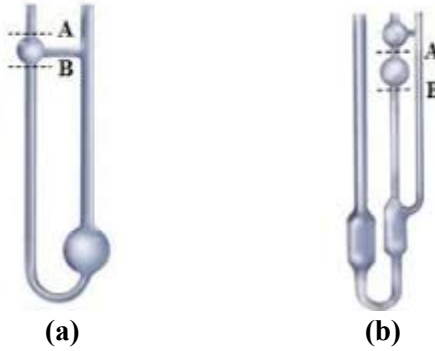
Orantı katsayısı η , "viskozite katsayısı" veya basitçe "viskozite" olarak bilinir. Viskozitenin tersi olan akıcılık ($1/\eta$) ise ϕ simgesiyle gösterilir. SI birim sisteminde viskozitenin birimi Pa.s'dir. Bu birim $\text{kg.m}^{-1}.\text{s}^{-1}$ ile eşdeğerdir. Viskozite birimi cgs birim sisteminde ise poise (P, $\text{g.cm}^{-1}.\text{s}^{-1}$)'dir. $1 \text{ P} = 0,1 \text{ Pa.s}$ veya $1 \text{ cP} = 1 \text{ m.Pa.s}$ 'dir.

Newton viskozite yasasına uyan akışkanlara *Newtonian akışkanlar* denir. Newtonian akışkan için kayma gerilimi ile hız değişimi arasındaki bağıntı doğrusaldır. Bu da viskozitesinin sabit ve kayma hızından bağımsız olduğunu yalnızca sıcaklık ve basınçla değişen termodinamik bir özellik olduğunu gösterir. Newtonian olmayan akışkanlarda ise viskozite sabit olmayıp kayma geriliminin bir fonksiyonudur. Bu sıvılar Newtonian yasasına uymazlar.

Endüstride viskozite önemli bir özellik olup yağ, gıda, boya, polimer gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Bütün endüstriyel tesisler herhangi bir tip akışkan içeren bir güç sistemi kullanırlar. Bu sistemde iş, basınç altında bulunan bir akışkan vasıtasıyla sağlanır. Sistemde kullanılan akışkan yağ veya su gibi bir akışkan olabileceği gibi bir gazda olabilir. Kuvvet iletimi amacıyla bir sıvının kullanıldığı akışkan güç sistemine hidrolik sistem, gazın kullanıldığı sistemlere ise pnömatik sistem denir.

Kapiler Akış Metodu ile Viskozitenin Belirlenmesi:

Kapiler akış metodunda, viskozite ölçümleri dairesel kesitli bir boru içerisinde akma hızının ölçülmesi ile yapılır. Çözeltilerin viskozitelerinin belirlenmesinde yaygın olarak U-tüp biçimli Oswald viskozimetresi veya onun değiştirilmiş biçimi olan Ubbelohde viskozimetresi kullanılır. Viskozimetreler Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. (a) Oswald ve (b) Ubbelohde viskozimetresi

Hacmi V olan bir akışkan için iç yarıçapı r ve uzunluğu L olan bir kılcal borudan t süresinde aktığında, akımın hacimsel hızı Hagen-Poiseuille tarafından eşitlik 2 ile verilmiştir. Şekil 1’de kapiler tüpler üzerine işaretlenmiş olan A ve B noktaları arasındaki ve belirli hacimdeki bir çözeltinin akış süresi belirlenerek, eşitlik 2 ile sıvının viskozitesi hesaplanır.

$$V = \frac{\pi \Delta P r^4}{8 \eta L} \quad (2)$$

Eşitlik 2, aynı viskozimetrede iki ayrı sıvı için yazılıp taraf tarafa oranlanırsa eşitlik 3 elde edilir. 2 indisiyle gösterilen büyüklükler viskozitesi tayin edilecek sıvıları, 1 indisiyle gösterilen büyüklükler viskozitesi bilinen sıvıyı (referans sıvı) ifade etmektedir. Oswald viskozimetresi veya Ubbelohde viskozimetresi kullanılarak viskozitesi bilinen ve bilinmeyen sıvıların belli hacimlerinin akma zamanları bulunur ve bu bilgilerden eşitlik 3 yardımıyla viskozitesi bilinmeyen sıvının viskozitesi bulunur.

$$\frac{\eta_2}{\eta_1} = \frac{\rho_2 t_2}{\rho_1 t_1} \quad (3)$$

Sıvıların ve Gazların Viskozitesi Üzerine Sıcaklık ve Basıncın Etkisi

Newtonian akışkan olan gazların viskozitesi, sıcaklıkla artar ve 1000 kPa basınca kadar yaklaşık olarak basınçtan bağımsızdır. Daha yüksek basınçlarda, gazların viskozitesi basınçtaki artışla artar. Sıvıların viskozitesi sıcaklık arttıkça azalır. Sıvı içerisinde boşluklar bulunmaktadır ve moleküller sürekli boşluklara 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 edilebildiğinden, sıcaklık yükseldikçe sıvı daha kolay akar. Viskozitenin basınçla değişimi ihmal edilebilir. Bundan dolayı sıvı ortamlarda sabit sıcaklıkta viskozite sabit kabul edilir. 293 K’de suyun ve gliserinin viskozitesi sırasıyla 1×10^{-3} ve 1,069 Pa.s’dir. Deneysel veriler mevcut olmadığında, gaz ve sıvıların viskoziteleri hesaplanabilir.

Eşitlik 4, viskozite katsayısının sıcaklığa bağlılığını göstermektedir. Bu denklemin her iki tarafının logaritması alındığında eşitlik 5 elde edilir. Denklemdaki A bir katsayı, E_a ise viskozite enerjisini (akışı durdurabilecek en düşük enerji) gösterir. Değişik sıcaklıklarda bir sıvının viskozite katsayıları tayin edilip $\log \eta - 1/T$ grafiği oluşturulursa bir doğru elde edilir ve doğrunun eğiminden E_a ve kayma değerinden A sabiti hesaplanır.

$$\eta = A \exp E_a/RT \quad (4)$$

$$\log \eta = \log A + \frac{E_a}{2,303 \times R} \times \frac{1}{T} \quad (5)$$

Deney için Gerekli Malzeme ve Ekipmanlar: Sıcaklık ayarı yapılabilen termostat, Ubbelohde/Oswald viskozimetresi, kronometre, saf su ve viskozitesi tayin edilecek başka bir sıvı.

Deneyin Yapılışı:

- Ubbelohde ya da Oswald viskozimetresine belli hacimde saf su konulup, çalışılacak sıcaklığa gelmesi için termostata yerleştirilir.
- Sıcaklık dengesi kurulduktan sonra viskozimetrenin ucuna takılan bir puar yardımıyla sıvının A çizgisinin üstüne çıkması sağlanır ve serbest bırakılır.
- Sıvı A seviyesine geldiği anda kronometre çalıştırılır ve B çizgisine geldiği an durdurularak akma süresi kaydedilir.
- Termostatın sıcaklığı farklı sıcaklıklara getirilerek deney tekrarlanır.
- Saf su için yapılan işlemlerin aynısı viskozitesi belirlenecek diğer sıvı için de tekrarlanır ve farklı sıcaklıklarda akma süreleri kaydedilir.

Veriler ve Hesaplamalar:

1. Deneyde elde edilen veriler Çizelge 1'e işlenir.

Çizelge 1. Deney verileri

T (C°)	Suyun akış süresi (s)	İkinci sıvının akış süresi (s)

2. Suyun deney sıcaklıklarındaki yoğunluk ve viskozite değerleri literatürden bulunur ve Çizelge 2'ye işlenir.

Çizelge 2. Teorik veriler

T (°C)	Suyun Yoğunluğu (g/cm ³)	İkinci sıvının yoğunluğu (g/cm ³)	Suyun viskozitesi (cP)	İkinci sıvının viskozitesi (cP)

3. Su için bulunan değerler kullanılarak eşitlik 3 yardımıyla ikinci sıvının her bir sıcaklık değeri için viskozitesi hesaplanır.
4. Su ve ikinci sıvının farklı sıcaklık değerleri için hesaplanan viskozite değerlerinin logaritmaları $1/T$ değerlerine karşı grafiğe geçirilir. Elde edilen grafiğin eğiminden E_a değeri, y eksenini kestiği noktadan ise A değeri hesaplanır.
5. Yapılan hesaplamalara ait sonuçlar Çizelge 3'e işlenir.

Çizelge 3. Deneysel olarak hesaplanan değerler

T (C°)	1/T (K)	η_{su} (cP)	$\log \eta_{su}$	$\eta_{ikincisıvı}$ (cP)	$\log \eta_{ikinci sıvı}$

Kaynaklar:

- K. Ceylan, İnönü Üni. Mühendislik Fak. Kimya Mühendisliği Laboratuvarı I-II, Uğurel Matbaası, Malatya, 2013.
- M. Soğukoğlu, Akışkanlar Mekaniği, Yayıncılık Matbaası, İstanbul, 1991.
- Ira N. Levine, Physical Chemistry, 6. edition, The McGraw-Hill Companies, New York, 2009.
- C. J. Geankoplis, Çev. Sinan Yapıcı, Taşınma Süreçleri ve Ayırma Süreci İlkeleri, 4. baskı, Güven Kitabevi, İzmir, 2011.