

T.C.
MERSİN ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI-I

DENEY FÖYÜ

MERSİN

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI I DERSİ İŞLEYİŞ KURALLARI

AMAÇ: Kimya mühendisliği endüstriyel uygulamalarında kullanılan temel ölçümler hakkında öğrencilere bilgi verilmesi ve rapor yazma becerilerinin geliştirilmesidir.

İŞLEYİŞ KURALLARI:

1. Laboratuvar ders saatinde başlatılacak; deneyden sorumlu Öğretim Elemanının bilgisi dışında deney ve laboratuvar terk edilmeyecektir.
2. Deney süresince tüm öğrencilerin önlük ve kapalı ayakkabı giymesi zorunludur. Ayrıca laboratuvar süresince cep telefonu kullanmak ve laboratuvarında herhangi bir şey yemek, içmek yasaktır.
3. Öğrenciler deneye hazırlıklı olarak gelmeli, deneyin yapılışı ve kullanılacak ekipmanlar hakkında önceden fikir sahibi olunmalıdır. Deney öncesi yapılacak sınava katılmak ve en az **50 puan** almak zorunludur. Bu puanın altında not alan öğrenci o gün yapılacak olan deneye katılamayacak ve o deneyden telafiye kalacaktır.
4. Öğrenciler deney ve ölçümler sırasında tüm bilgilerin kaydedildiğinden emin olmalıdırlar. Kaydedilen bilgi ve ham verilere ait sayfanın orijinali deney sonunda sorumlu öğretim elemanına verilecek, bir kopyası deney grubunda kalacaktır.
5. Deneylerden önce ve sonra, ilgili tüm ölçüm aletleri sıfırlanmalıdır. Deney sonrasında kullanılan tüm malzemeler yıkanmalı, dökülen kimyasallar ve varsa kırılan cam malzeme ilgili öğretim elemanı gözetiminde uygun şekilde ortadan kaldırılmalıdır. Elektrik, su, gaz, vakum kapalı olarak laboratuvar terkedilmelidir.
6. Raporlar, bir sonraki hafta laboratuvar günü deney öncesi sınavından önce deneyden sorumlu öğretim elemanına teslim edilmelidir.
7. Raporlar bireysel olarak hazırlanacaktır. Hazırlanan raporlarda başka raporlardan alıntı yapılmamalıdır. Yapılan deneylerden rapor getirmeyen öğrenci o deneyden telafiye kalacaktır.
8. Bir deneyden başarılı olabilmek için deney öncesi sınavından yeterli notu almış olmanın yanında deneyin bizzat yapılarak raporunun sunulması gerekmektedir. Bunlardan herhangi birinin yerine getirilmemesi durumunda söz konusu deneyden telafiye kalınmış olacaktır. ME. Ü. Ön Lisans ve Lisans Öğretim ve Sınav Yönetmeliği gereğince; Kimya Mühendisliği Laboratuvarı I dersinden devamlı sayılabilmek için %80 devam zorunlu olup; on deneyin planlandığı laboratuvar dersinden ikiden fazla telafisi olan öğrenciler **DEVAMSIZ** olarak değerlendirilecektir.
9. Telafiye kalınan deneylerden başarılı olabilmek için deney öncesi sınavından yeterli notu almış olmanın yanında deneyin bizzat yapılarak raporunun sunulması gerekmektedir. Bunlardan herhangi birinin yerine getirilmemesi durumunda söz konusu telafi deneyi için sıfır notu verilecektir.
10. Kimya Mühendisliği Laboratuvarı I dersinin okutulduğu dönemlerde **bir arasınav** yapılmaktadır. Bu derslerin başarı notları, aşağıda verilen eşitlikler kullanılarak öncelikle deney notu, ortalama deney notu,

dönem içi ara sınav notu hesaplandıktan sonra hesaplanır. Final/bütünleme sınavlarından alınması gereken en az not 50 puandır.

$$\text{Deney notu} = \%30 \text{ Deney Öncesi Sınav Notu} + \%30 \text{ deney sözlü notu} + \% 40 \text{ Rapor notu}$$

$$i=10$$

$$\text{Ortalama deney notu} = \left[\sum_{i=1}^{10} \text{Deney notu} \right] / 10$$

$$\text{Dönem içi ara sınav notu} = [\text{ortalama deney notu} + \text{ara sınav notu}] / 2$$

$$\text{Dönem başarı notu} = [\% 40 \text{ dönem içi ara sınav notu} + \% 60 \text{ Final/büt. Sınav notu}]$$

11. Uygulamalı ders olarak verilen **KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI I** dersinden başarılı olamayan öğrenciler dersin dönem içi gereklerini (deneylere katılım, rapor vb) yerine getirmek üzere tekrarlamak zorundadırlar.

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI I DERSİ RAPOR YAZIM FORMATI

Bilimsel bir çalışmanın en önemli aşaması yapılanların rapor edilmesidir. Çalışma hayatınızda rapor, müdürünüze, meslektaşınıza, farklı branşlarda çalışan kişilere veya teknikere sunulabilir. Bu nedenle yapılan işin iyi anlaşılması ve düzgün bir dille aktarılması önemlidir. Kimya Mühendisliği Laboratuvarı I ve II dersinde sunulacak raporun **tamamı bilgisayarda** yazılmalı, grafikler ve tablolar uygun bilgisayar yazılımında yapılmalıdır. Sayfa numaralandırmaları unutulmamalıdır. Raporda resmi bir dil ve edilgen fiiller kullanılmalıdır (yapıldı, gözlemlendi gibi). Raporda kullanılan tüm eşitlikler birbirini takip edecek şekilde numaralandırılmalı ve metnin içerisinde, örneğin Eşitlik 1’de görüldüğü gibi – şeklinde bahsedilmelidir. Raporda verilen tüm rakamların virgülden sonraki hane sayısı eşit olmalıdır. Rapor şu bölümleri içermelidir:

- i. Kapak Sayfası
- ii. Sunum/Öz
- iii. İçindekiler
- iv. Özet
 1. Teori
 2. Deneysel Yöntem
 3. Bulgular ve Tartışma
 4. Sonuç
 5. Simgeler ve Kısaltmalar
 6. Kaynaklar
 7. Ekler

KAPAK SAYFASI

Kapak sayfası şunları içermelidir:

- Deneyin adı ve numarası,
- Deneyin yapılış tarihi,
- Grup numarası,
- Grup üyelerinin adı-soyadı ve öğrenci numaraları,
- Deneyi yaptıran öğretim elemanının adı-soyadı,
- Raporun verildiği tarih.

SUNUM /ÖZ

Bir sayfayı geçmemeli ve deney sorumlusuna ithafen, resmi dilde yazılmalıdır. Sunum kısmında deneyin yürütülüşü ve amacı, edinilen bilgiler ve varsa karşılaşılan zorluklar hakkında kısaca bilgi verilmelidir.

İÇİNDEKİLER

Her bölüm ve alt bölümler, sayısı ve karşılık gelen sayfa numarası ile yazılmalıdır. Bu bölümde:

- Konu başlıkları, - Şekiller dizini, - Tablolar dizini bulunmalıdır.

ÖZET

Bu bölümde deneyin amacı, kullanılan deney sisteminin özellikleri, deneysel koşullar ve parametreler, temel bulgular ve sonuçlar birkaç cümle ile özetlenmeli, alt başlık veya çizim kullanılmamalıdır. Özet 400 kelimeyi geçmemelidir.

1. TEORİ

Deneye temel oluşturan Kimya Mühendisliği prosesi bu bölümde anlatılmalı, hesaplamalar bölümünde kullanılacak önemli eşitliklere ve varsa şekil, çizelge ve korelasyonlara yer verilmelidir. Yazılan bir eşitliğin sonrasında mutlaka, eşitlikte kullanılan tüm semboller birimleri ile birlikte açıklanmalıdır. Bu bölüm herhangi bir kaynaktan doğrudan alıntı şeklide olmamalı, etik bir yaklaşımla yazılmalıdır. Bu bölüm, en az iki sayfa en çok dört sayfa olmalıdır.

2. DENEYSEL YÖNTEM

2.1. Deneyin yapılış amacı

Birkaç cümle ile deneyin yapılış amacı ve kazandırdıkları açıklanmalıdır.

2.2. Deney sisteminin tanıtımı

Çizim ve fotoğraflarla deney düzeneği tanıtılmalı, deney sistemine ait tüm ayrıntılar ve dikkat çekici özellikler açıklanmalıdır..

2.3 Deneyin yapılışı

Deneyin yapılışı ayrıntılı olarak ve adım adım anlatılmalı, işletim koşulları (sıcaklık, basınç, akış vb.) belirtilmeli, sonuçları etkileyebileceği düşünülen tüm koşullar belirtilmelidir.

Bu bölüm deney föylerinin bir kopyası olmamalı, öğrenciler tüm yapılanları kendi cümleleri ile ifade etmelidir. Deneyde yapılmayanlar ve herkes tarafından bilinenler (cihaz fişe takıldı vs.) yazılmamalıdır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu kısım raporun en önemli kısmıdır. Bulgular şekil ve çizelgeler halinde sunulur ve varsa literatürden elde edilen teorik bulgularla karşılaştırılabilir. Bu bölümdeki çizelge ve şekiller yorumsuz olarak verilmemeli, her şeklin altına çizelgelerin ise üstüne ilgili numara ve şekil/çizelge ismi yazılmalıdır. İsim verirken kolaycılığa kaçılmamalı (zamana karşı sıcaklık gibi), kısa ve açıklayıcı bir başlık seçilmelidir. Çizelge ve şekiller çok büyük alanlara yayılmamalı, farklı verilerle karşılaştırma kolaylığı sağlayacak şekilde düzenlenmelidir.

Bu bölümde şu soruların cevapları bulunmalıdır:

- Hangi veriler sunulmuştur?
- Veriler nasıl analiz edilmiş/ değerlendirilmiştir?
- Veriler nasıl grafiklendirilmiştir ve grafik neyi ifade etmektedir?
- Deneysel veriler teori ile ne derecede örtüşmektedir?
- Değerlendirmede veya teoride herhangi bir kabul yapılmış mıdır?
- Muhtemel hata kaynakları nelerdir, hata ne kadar büyüktür ve nasıl düzeltilebilir?
- Literatürde benzer çalışma var mıdır, varsa bulunan sonuçlar benzer midir?

4. SONUÇLAR

Bu bölüm kısaca sonuç hakkında fikir sahibi olmak isteyen okuyucu için hazırlanır. Ayrı cümleler halinde, bulgular ve yapılan temel yorumlar kısaca sunulur, varsa iyileştirme ve hataların azaltılması için önerilerde bulunulur. Bu kısım bir sayfayı geçmemeli, genel bilgiler deney sonucuymuş gibi sunulmamalıdır.

5. SİMGELER VE KISALTMALAR

Rapor boyunca kullanılan tüm simge ve kısaltmalar birimleri ile birlikte tek bir sayfada alfabetik sırada listelenmelidir.

6. KAYNAKLAR

Rapor yazımında yararlanılan tüm kaynaklar (kitap, bilimsel makale, internet siteleri vb.) rapor içinde kullanıldığı yerde numaralandırılmalı ve bu bölümde numaralandırıldığı şekilde sunulmalıdır. Kaynak yazım formatı ile ilgili örnekler aşağıdadır.

Kitaplar:

- R.E. Treybal, “Mass-Transfer Operations”, 3rd ed., pp. 35-37, McGraw Hill, Singapore, 1988.

Dergiler:

- Silverman, L., Bradshaw, W., Ind. Eng. Chem., 48, 1242-1247 (1956)

Patentler:

- Standard Francaise des Petroles, Lubricants, French Patent 991724 (Oct. 9. 1951)

Web Kaynakları

-Tüm URL adresi verilmelidir: <http://www.sciencedirect.com/>

7. EKLER

7.1. Ek 1. Veri sayfaları

7.2. Ek 2. Kalibrasyon eğrileri

7.3. Ek 3. Hesaplamalar

7.4. Ek 4. Diğer teknik belgeler (varsa)

TANKLARDAN AKIŞ

1. AMAÇ

Akışkanlar mekaniğinin önemli ölçüm konularından biri olan akış hızı ölçümü hakkında uygulamalı bilgi verilmesi.

2. GENEL BİLGİLER

Akışkanlar mekaniği problemlerinde kanal içinde oluşan akış türü çok önemlidir. Akışkan herhangi bir kesit alanının kapalı kanalı boyunca akarken iki farklı akış türü gözlenebilir. Akış çok yavaş olduğunda, akış rejimi oldukça yumuşaktır; hız yüksek ise kararlı olmayan rejim gözlenir. Tabakaların birbiri üzerinden kayarak hareket ettiği düşük hızlardaki akış türü laminar akıştır ve bu durum için Newton Yasası geçerlidir. Girdapların oluştuğu yüksek akış hızlarındaki akış türü ise türbülent akış olarak adlandırılır.

Çalışmalar, kanallardaki laminar akıştan türbülent akışa geçişin sadece hızın fonksiyonu değil aynı zamanda akışkanın yoğunluğu, viskozitesi ve tüp çapının fonksiyonu olduğunu göstermiştir. Bu büyüklükler Reynolds sayısı adı altında aşağıdaki şekilde birleştirilir.

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$$

Burada N_{Re} Reynolds sayısı, D çap (m), ρ akışkan yoğunluğu (kg/m^3), μ akışkan viskozitesi (Pa.s), v akışkanın ortalama hızı (m/s)'dir.

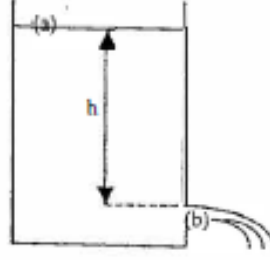
Reynolds sayısı ayrıca atalet kuvvetlerinin viskozite kuvvetlerine oranı olarak tanımlanabilir. Newton'un birinci yasası "eğer bir cismin üzerine etki eden net kuvvet sıfır ise, durmakta olan bir cisim durmayı, hareket etmekte olan bir cisim ise aynı yönde ve hızda hareket etmeyi sürdürür" der. Bu durum, "eylemsizlik (atalet)" olarak tanımlanır.

$$N_{Re} = \frac{D \cdot v}{\mu / \rho} = \frac{D \cdot v}{\nu} = \frac{\text{atalet kuvvetleri}}{\text{viskozite kuvvetleri}}$$

Burada N_{Re} Reynolds sayısı, D çap (m), v akışkanın ortalama hızı (m/s), ν akışkanın kinematik viskozitesi (m^2/s)'dir.

Akışkanların herhangi kesitli kanallar içinde akması durumunda hızlarının veya debilerinin ölçülmesi birçok biyolojik, meteorolojik olayların incelenmesi, endüstrinin çeşitli işlemlerinde ve laboratuvarlarda ki çeşitli deneylerin gerçekleştirilmesi için önemlidir. Pratikte hız ve debinin veya genel olarak akış olaylarının ölçülmesi için birbirlerine göre çeşitli üstünlük ve sakıncaları olan değişik cihaz ve yöntemler geliştirilmiştir. Herhangi bir akış ölçme işleminde, ölçme cihazı ve yönteminin seçiminde hassasiyet, kapasite aralığı ve fiyat başta olmak üzere çeşitli etkenler rol oynar. Genel olarak akış hızının ölçülmesi için kullanılan yöntemlerden en önemlisi akmakta olan bir akışkanın belirli bir hacme sahip bir tankı ne kadar sürede doldurabileceğinin tespit edilmesidir.

Sıvı ile dolu atmosfere açık bir tankın tabanına yakın bir delikten boşalması Toriçelli problemi olarak bilinir. Şekil 1'de gösterildiği gibi tanktaki delik, sıvı seviyesinden "h" mesafesi kadar aşağıda bulunuyorsa delikten serbest jet olarak dışarıya fıskıran sıvının delikteki hızı hesaplanabilir.



"a" konumu olarak tanktaki sıvı seviyesi ve "b" konumu olarak aşağıdaki delik alınıp Bernoulli denklemi uygulanırsa:

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{g}{g_c} z_a + \alpha a \frac{V_a^2}{2g_c} + \eta \omega p = \frac{P_b}{\rho} + \frac{g}{g_c} z_b + \alpha b \frac{V_b^2}{2g_c} + h_f$$

Her iki konumdaki basınç aynı ve atmosferik basınç olduğundan tanktaki sıvı seviyesinin düşme hızı ihmal edilebileceğinden, pompa bulunmadığından ve iki konum arasındaki sürtünme kayıpları da ihmal edilebileceğinden aşağıdaki gibi sadeleştirilebilir;

$$\frac{g}{g_c} (z_a - z_b) = \alpha_b \frac{V_b^2}{2g_c}$$

Delikteki hız oldukça büyük olacağından delikteki Reynolds sayısı da büyük olacaktır. Ve $\alpha_b \approx 1$ alınabilir. Böylece sıvının delikteki hızı için elde edilen denklem ;

$$V_b = \sqrt{2gh} \quad \text{Toriçelli denklemi olarak bilinir.}$$

Burada g yerçekimi ivmesi, h ise tanktaki \$U\$ seviyesinin yüksekliğidir.

DENEYDEN ÖNCE YAPILMASI GEREKENLER

Akış ölçümü ve akış ölçerler (pitot tüpü, orifis metre, venturimetre, vb.) hakkında bilgi toplayınız. Akış rejimleri (laminer, türbülent, geçiş bölgesi) hakkında bilgi toplayınız.

DENEYİN YAPILIŞI

Silindirik tank 5L su ile doldurulur. 6 farklı çap ve boya sahip silindirik borular tankın alt kısmına monte edilir. İlk üç boru aynı çap farklı uzunlukta, diğer üç boru ise aynı boy farklı çaplara sahiptir. Her bir boru için suyun tanktan boşalma süresi kronometre yardımıyla tespit edilerek deney her bir boru için tekrarlanır.

HESAPLAMALAR VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

1. Her bir farklı boru çapı ve boyu için suyun kütleli akış hızı $w = m/t$ formülünden kütleli akış hızı tespit edilecektir.
2. Her bir farklı boru çapı ve boyu için boru çapı kullanılarak suyun aktığı borunun kesit alanı $A = \pi D^2/4$ formülünden hesaplanacaktır.
3. Her bir farklı boru çapı ve boyu için boru çapı kullanılarak $m = \rho A v = \rho \cdot Q$ formülünden Q hacimsel akış hızı hesaplanacaktır.

5. $N_{Re} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu}$ eşitliği kullanılarak Reynolds sayısı hesaplanacaktır. Akış rejimi tespit edilecektir.

KAYNAKLAR

2. Akışkanlar Mekaniği, Prof. Dr. Bekir Zühtü Uysal, Alp Yayınları, Ankara, Ocak 2003.

DENEYSEL VERİLERİN İŞLENMESİ

[illegible]

YOĞUNLUK VE VİSKOZİTE ÖLÇÜMLERİ

1. AMAÇ

Sıvıların yoğunluğunu tayin etmek, sıvılarda viskozite tayini yapmak, viskozite enerjisini hesaplamak, yoğunluk ve viskozite ölçüm yöntemleri hakkında bilgi sahibi olmak.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Yoğunluk Ölçümleri

Bir cismin birim hacminin kütlesi yoğunluk (kg/m^3) olarak adlandırılır. **Archimedes prensibi**, “bir akışkan içine kısmen veya tamamen daldın/an bir cisme, yer değiştiren sıvının ağırlığına eşit şiddette bir kaldırma kuvveti aşağıdan yukarıya doğru etki eder ve cisim ağırlığından bu kuvvet kadar kaybeder” şeklinde ifade edilir. Cismin yoğunluğu akışkanın yoğunluğundan küçük ise cismin bir kısmı akışkan dışında kalacak şekilde yüzer. Bu durumda cismin ağırlığı ile kaldırma kuvveti birbirini dengeler. Cismin yoğunluğu akışkanın yoğunluğuna eşit ise cisim sıvı içinde bırakıldığı yerde dengede kalır. Cismin yoğunluğu akışkanın yoğunluğundan büyükse cisim dibe batar.

Piknometreler küçük, hafif ve genelde camdan yapılmış ve su ile kalibre edilmiş kaplardır. 20-250 °C’deki akışkan olan bütün sıvıların özgül ağırlığını ve yoğunluğunu tayin eden cam malzemelerdir. Piknometrik yöntemde bilinen hacimdeki piknometre yoğunluğu ölçülecek olan sıvı ile doldurulur ve sıvının ağırlığı bulunur. Ağırlık/hacim oranından yoğunluk bulunur. En fazla Boot tipi piknometreler kullanılmakla birlikte Sprengel Ostwal tüpü ve Reischauer piknometreleri de kullanılır.

Çok fazla duyarlık gerektirmeyen durumlarda sıvı yoğunlukları hidrometreler kullanılarak da ölçülebilir. Genellikle camdan yapılan hidrometrenin bir ucunda sıvı içinde dik durmasını sağlamak üzere ağırlık, diğer ucunda ise silindirik bir sap bulunmaktadır. Çalışma prensibi Archimedes’in yüzen cisimlerin ağırlığının, kapladıkları hacim kadar sıvının ağırlığına eşit olması ilkesine dayanır. Saf suyu 1 g/cm³ ile referans alan hidrometreler; benzin ve alkol gibi yoğunluğu düşük sıvılarda daha derine iner; süt, tuzlu su, asit gibi yoğunluğu daha yüksek olan sıvılarda yükselir. Genelde yoğunluğu düşük ve yüksek sıvılar için farklı hidrometreler kullanılır; yoğunluğu düşük olan sıvılar için skala 1’de son bulurken; yoğunluğu yüksek olan sıvılar için skala 1’den başlar.

2.2. Viskozite Ölçümleri

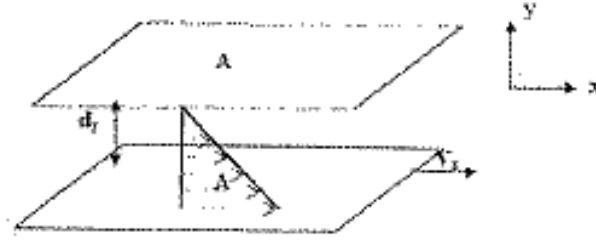
Silindirik borudan akan bir sıvı için, boruyla temasta olan sıvı tabakası boru çeperi ile sıvı molekülleri arasındaki karşılıklı kuvvet etkileşimleri nedeniyle hareketsizdir. Borunun çeperinden merkezine doğru yaklaştıkça sıvı tabakalarının hızları artar. Birbirlerine komşu sıvı tabakalarının farklı hızlarla akışlarının nedeni, tabakaların birbiri üzerindeki hareketlerine bağlı olan bir sürtünme etkisi

altında olmasıdır. Akışkanlar içinde oluşan ve sıvı tabakalarının hareketlerine karşı direnç oluşturan kuvvetlere viskozite adı verilir.



Şekil 1. Silindirik boru içerisindeki sıvı akışı

Şekil 2’de aralarında Δx uzaklığı olan paralel iki plaka arasında bir akışkan akmaktadır. Üstteki plaka sabit tutulurken, alttaki plaka $t=0$ anında x-yönünde sabit V hızında çekilmektedir. İlk anlarda, alttaki plakanın x-yönündeki momentumunun bir kısmı plakanın hemen üstündeki akışkan tabakasına y-yönünde aktarılacaktır. Bu akışkan tabakası da x-yönünde harekete başlayacaktır ve sahip olduğu momentumun b.ır kısmını y-yönünde daha üstteki akışkan katmanına aktaracaktır. Dolayısıyla, akışkan içerisinde hız profili zamanla değişecektir. Momentum aktarımı üst plakaya ulaştığında, hız profili iki plaka arasında tam gelişecek ve zamandan bağımsız olarak artık sabit kalacaktır. Bu noktada alttaki plakanın sabit V hızı ile hareketini devam ettirebilmek için alt plakaya uygulanması gereken kuvvet F ile gösterilir. Plakanın birim alanına uygulanan bu kuvvet akışkanın hız profilinin eğimi ile doğru orantılıdır.



Şekil 2. Sıvı içerisindeki akış yönünde hareket eden iki paralel levha

$$\frac{F}{A} \propto \text{hız profili eğimi}$$

Kararlı halde hız profili doğrusal ise;

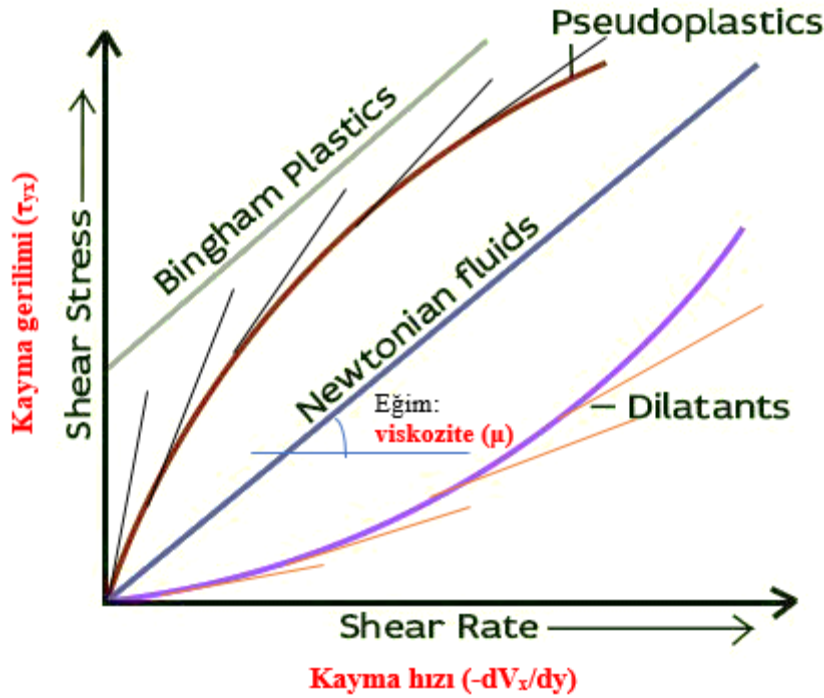
$$\frac{F}{A} \propto \frac{0-V}{Y-0} \quad \rightarrow \quad \frac{F}{A} \propto -\frac{V}{Y} \quad \text{yazılabilir veya orantı katsayısı kullanılırsa;}$$

$$\frac{F}{A} = \mu \frac{V}{Y} \quad (1) \quad \text{bağıntısı elde edilir.}$$

Burada orantı katsayısı μ akışkanın dinamik viskozitesi olarak adlandırılır. Belirli bir y konumundaki akışkan yüzeyine x-yönünde kayma gerilimi τ_{xy} ile gösterilirse denklem aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\tau_{xy} = -\mu \frac{V}{Y} \quad (2)$$

Denklem (2), Newton yasası olarak bilinir ve bu ifadeye uygun davranan akışkanlar Newtonian akışkanlar olarak adlandırılır. Denklem (2) ile verilen Newton yasasına göre kayma gerilimi τ_{xy} ile kayma hızı $-dV_x/dy$ arasında doğrusal bir ilişki vardır. Kayma gerilimi τ_{xy} kayma hızına $-dV_x/dy$ karşı grafiğe çizildiğinde orijinden geçen ve eğimi viskoziteye (μ) eşit olan bir doğru elde edilir (Şekil 3). Non-Newtonian akışkanlar bu yasaya uymazlar ve Şekil 3'te gösterildiği gibi bir davranış gösterirler.



Şekil 3. Newton yasasına uyan ve uymayan akışkanların davranışı

A-Bingham plastik akışkan

Modern reoloji araştırmacılarından olan Bingham adına ithafen Bingham plastik akışkan olarak da adlandırılmaktadır. Bu tür akış eğrisi orjinden geçmez. Bu tip akışkanlar hemen akmaz, kayma

gerilimi belli bir eşik değerine (yield value) ulaşınca akış görülür. Eşik değeri altındaki gerilimlerde elastik madde gibi davranır, eşik değerinden sonra newtonian akışkan davranışı görülür. Örneğin: sabit halde iken akmayan diş macunu belli bir kayma gerilmesi altında akışkanlık kazanır. Mayonez ve tüp çikolatalar da bu duruma örnek olarak gösterilebilir.

B-Pseudoplastik Akışkan

Kayma gerilmesinin artması ile viskozitesi azalan akışkanlardır. Viskozite, kayma hızı ile ters orantılıdır. Eşik değeri yoktur, viskozitesi tek bir nokta ile ifade edilemez. Boyalar, doğal ve sentetik zamlar, polimerleri içeren yarı katı sistemler, kan bu tür akışkanlara örnek verilebilir.

C-Dilatant Akışkan

Pseudoplastik akışkanların tam tersi davranış gösterir. Kayma hızı ile viskozite doğru orantılıdır. Bu akışkanlara en iyi örnek olarak mısır unu ve su karışımı örnek verilebilir. Akışkan gerilim uygulanana dek akıcıdır ancak uygulanınca katı gibi davranır. Buna göre; bu karışıma yavaşça bastırıldığında -yani kayma hızı-kayma gerilimi değeri düşük olduğunda- viskozitesi düşüktür ve bu nedenle akmaya karşı daha az direnç gösterir ve parmağınız yavaşça karışımın içine girer. Buna karşın, karışıma yumruğunuzla hızlı ve kuvvetli bir şekilde vurduğunuzda ise -yani kayma hızı-kayma gerilimi değeri yüksek olduğunda- viskozitesi yüksektir ve bu nedenle akmaya karşı daha fazla direnç gösterir ve elinizi katı bir yüzeye çarpmış gibi hissedersiniz.

Viskozite, akışkanın akmaya karşı direncinin bir ölçüsü olarak tanımlanabilir. Diğer bir ifade ile (Şekil 3 yorumlanırsa) kayma geriliminin kayma hızına oranı olarak da ifade edilebilir. SI birim sisteminde viskozitenin birimi pascal-saniyedir (Pa.s). Pa.s birimi; $\text{kg/m}\cdot\text{s}$ veya N.s/m^2 ile eşdeğerdir. cgs birim sistemindeki viskozite birimi poise ($\text{g/cm}\cdot\text{s}$)'dir. $1 \text{ poise} = 0.1 \text{ Pa.s}$ veya $1 \text{ cP} = 1 \text{ mPa.s}$ 'dir.

Sıvıların viskoziteleri basınçtan etkilenmemesine rağmen, genellikle sıcaklığın bir fonksiyonudur. Birçok sıvı için viskozitenin sıcaklığa bağımlılığı,

$$\mu = A.e^{-E_v/RT} \quad (3) \text{ şeklinde ifade edilebilir.}$$

Denklem (3)'te E_v viskozluk enerjisi, R ideal gaz sabiti ve T Kelvin cinsinden mutlak sıcaklıktır.

3. DENEYDEN ÖNCE YAPILMASI GEREKENLER

- i. Yoğunluk ve viskozite hakkında bilgi edininiz.

- ii. Newtonian ve Non-newtonian akışkanların davranışları hakkında bilgi edininiz.
- iii. Hareketli plakalarda ve borularda momentum denkliği kurulumu ile ilgili bilgi edininiz.
- iv. Hagen-Poiseuille eşitliğinin türetilmesi hakkında bilgi edininiz.

4. DENEY DÜZENEGİ

Mezür

Kronometre

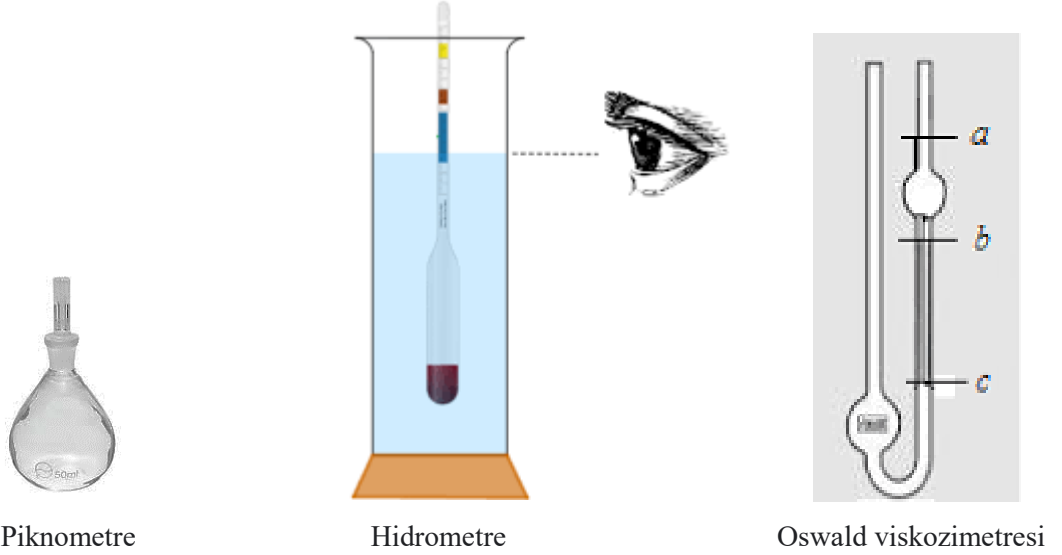
Piknometre

Hidrometre seti

Ostwald viskozimetresi

Su banyosu

Analitik terazi



Şekil 5. Yoğunluk ve viskozite ölçüm ekipmanları

5. DENEYİN YAPILIŞI

5.1. Yoğunluk Ölçümleri

a. **Sıvı yoğunluğunun piknometre ile ölçümü:** Temiz ve tümüyle kuru piknometre 0.1 mg duyarlılığındaki bir hassas terazide boş olarak tartılır (m_1). Piknometre düzgün zemin üzerine serilmiş yumuşak ve kuru bir bez üzerine konulur. Sıvı numune, hava kabarcığı olmaksızın yavaşça piknometreye ağzına kadar doldurulur. Piknometredeki sıvının sıcaklığı termometre ile ölçülür. Tam dolu olan piknometrenin kapağı dikkatlice kapatılır. Kapak üzerindeki küçük boşluk alma deliğinden çıkan ve

taşan fazla sıvılar altta bulunan yumuşak ve kuru bezle yavaşça silinir. Piknometre iyice kurulanır ve 0.1 duyarlılıktaki hassas terazide tartılır (m_2). Prosedür, farklı sıcaklıklar ve akışkanlar için tekrarlanır.

b. Sıvı yoğunluğunun hidrometre ile ölçümü: Bir mezüre yoğunluğu ölçülmek istenen sıvı konulur ve hidrometre sıvı içine serbestçe yüzecek biçimde yavaşça bırakılır. Sıvı yüzeyi ile temas eden seviye not edilir. Daha önceden kalibre edilmiş ölçek hizasındaki değer g/cm^3 olarak sıvının özgül ağırlığını verir. Prosedür, farklı sıcaklıklar ve akışkanlar için tekrarlanır.

5.2. Viskozite Ölçümü

Viskozimetre sıcaklık banyosuna yerleştirilir. İstenilen sıcaklığa ısıtılan sıvı ölçüm haznesine konur ve sıvının kapilerden a üst çizgi seviyesinin üzerine kadar çekilir ve akmaya bırakılır. a üst çizgisinden geçtiği anda kronometre çalıştırılır ve b alt çizgisine geldiği zaman durdurularak geçen süre kaydedilir. Prosedür, farklı sıcaklıklar ve akışkanlar için tekrarlanır.

6. HESAPLAMALAR VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1. Yoğunluk Ölçümleri

a. Sıvı yoğunluğunun piknometre ile ölçümü:

$$\rho_{sıvı} = \frac{m_2 - m_1}{V_p} \quad (g/mL) \quad (V_p: \text{piknometre hacmi: mL})$$

b. Sıvı yoğunluğunun hidrometre ile ölçümü:

Hidrometrede sıvı seviyesine karşılık gelen değer okunur (g/mL).

6.2. Viskozite Ölçümü

Yarıçapı r olan kılcal bir borudan t zamanında ve sabit P basıncı altında akan bir sıvının hacmi Poiseuille eşitliğine göre hesaplanabilir:

$$V = \frac{\pi P t r^4}{8 l \mu}$$

Eşitlikten viskozite çekilirse;

$$\mu = \frac{\pi P t r^4}{8 V l} \quad \text{elde edilir.}$$

İki farklı sıvı için kılcal borunun uzunluğu, yarıçapı ve akan sıvı hacmi sabit olduğuna göre, bu sabitler k ile gösterilebilir:

$$h = k P t$$

Viskozimetrede yoğunluğu ρ olan sıvıyı kapilerden aşağıya iten P basıncı:

$$P = h \rho g \quad \text{olur.}$$

Burada h ve g her bir sıvı içinde sabit olduğuna göre $h=kPt$ eşitliğinde $P=h\rho g$ yerine yazılarak eşitlik düzenlenirse iki sıvı arasındaki viskozite katsayısı oranı olan eşitlik elde edilir:

$$\frac{\mu_1}{\mu_2} = \frac{\rho_1 t_1}{\rho_2 t_2}$$

Sıvılardan biri referans sıvısı olarak alınır. Deneme sıcaklığındaki yoğunluklar çizelgelerden bulunur.

Sıvıların viskozitesi ile sıcaklık arasında $\mu = A \cdot e^{-E_v/RT}$ bağıntısı bulunmaktadır. Her iki tarafın logaritması alınır:

$$\ln \mu = \ln A - E_v/RT \quad \text{eşitliği elde edilir.}$$

$\ln \mu$ ve $1/T$ arasında çizilen grafiğin eğimi ve kayma değerinden sırasıyla viskozluk enerjisi (E_v) ve A değerleri hesaplanır.

KAYNAKLAR

- 1) Himmelblau D.M., Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering, 6. Basım, Prentice-Hall, USA, 1996.
- 2) Geankoplis C.J., Transport Processes and Separation Process Principles, 4. Basım, Prentice Hall, USA, 2003.
- 3) McCabe W.L., Smith J.C., Harriott P., Unit Operations of Chemical Engineering, 7. Basım, McGraw-Hill, USA, 2005.

VERİLERİN İŞLENMESİ

Sıvı yoğunluğunun piknometre ile ölçümü:

Akışkan adı									
Sıcaklık (°C)									
m ₁									
m ₂									
V _p									

Sıvı yoğunluğunun hidrometre ile ölçümü:

	Akışkan adı		
Sıcaklık (°C)	ρ (g/mL)	ρ (g/mL)	ρ (g/mL)

Sıvı viskozitesinin Oswald viskozimetresi ile ölçümü:

	Akışkan adı		
Sıcaklık (°C)	t (s)	t (s)	t (s)

ORSAT YÖNTEMİ İLE GAZ ANALİZİ

1. AMAÇ

Orsat sisteminin çalışma prensibinin öğrenilmesi, verilen bir gaz karışımının analizinin yapılması, orsat analizi ve yanma deney sonuçları verilen bir gaz karışımının bileşenlerinin bulunması.

2. GENEL BİLGİLER

Absorpsiyon bir akışkanın kendine göre daha yoğun bir ortamda tutuklanması, çözünmesi veya soğurulması anlamına gelir. Gaz karışımlarının kantitatif analizleri bileşenlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak çok sayıda yöntem veya cihazla gerçekleştirilebilir. Absorpsiyon esasına dayanan bu yöntemler, bulunan analiz neticelerinin kontrol edilmesi amacıyla da kullanılır.

Absorpsiyon metoduyla kantitatif gaz analizinin prensibi, belirli bir hacimde numune olarak alınan bir gaz karışımındaki bileşenlerin, fiziksel ya da kimyasal olarak tamamen absorbe edileceği reaktiflerden geçirilmesi ve azalan hacminin ölçülmesidir.

Kantitatif analiz için kullanılan absorpsiyon cihazları:

- Bunte büreti ve bunun değiştirilmiş şekli
- Bone Wheeler cihazı
- Hempel cihazı
- Orsat ve Sheperd cihazı

Bunlardan hangisinin kullanılacağı, analiz yapılacak gaz karışımının miktarına, karışımdaki gazların ayrı ayrı konsantrasyonuna bağlıdır.

Gaz analizlerinde kullanılan absorban maddeler, analizi yapılacak olan gaz karışımındaki gazları ya kimyasal yahut da absorptif olarak bağlarlar. Absorban maddelerin absorplama kuvvetleri bir çok hallerde gaz karışımındaki gazların miktarlarına ve absorban maddenin konsantrasyonuna bağlıdır.

ÇÖZELTİ	ABSORBLADIĞI GAZ
%36 KOH , %32 NaOH	CO ₂
Bazik piragallol çözeltisi	O ₂
Sülfat asidi çözeltisi	Benzen ve diğer olefinler
Paladyum	H ₂
Bromlu Su	Etilen , asetilen

Analiz kabiliyeti oldukça yüksek, fakat taşınması ve çalışılması nispeten zor olan orsat cihazı daha ziyade laboratuarlarda gaz analizinin yapılması için kullanılırlar. Cihaz esas itibariyle bir su ceketı içine yerleştirilmiş ve 0-100 ml arası taksimatlı olan gaz büreti ve buna cam muslukla bağlı olan bir seri absorpsiyon pipetinde oluşur. Bürete alttan bağlı olan bir seviye şişesi vardır ve bu ya civa ya da asitlendirilmiş tuzlu su ile doldurulmuştur. Seviye şişesinin civa yerine asitlendirilmiş tuzlu suyla doldurulmasının nedeni; civanın pahalı olmasıdır.

Bu şişenin yukarı aşağı hareketi ile gaz numunesi ile pipetlere aktarılıp tekrar geri alınabilir. Büretteki gazın basıncı yine bu şişenin hareketi ile atmosfer basıncına eşitlenebilir. Gazın sıcaklığı, su ceketindeki su ile sabit tutulabilir. Eğer sıcaklığın çok hassas bir biçimde sabit tutulması istenirse Peterson kompansatörü kullanılmalıdır. Kompansatör; gaz büretinin boy ve hacmine eşit büretin bulunduğu su ceketı içinde olan bir cam boru ve U boruya muslukla bir kapilerle bağlı civalı bir U manometresinden ibarettir. Manometrenin diğer ucu büretin üst kısmına bağlıdır. Civa seviyesindeki küçük bir düşüş vananın kapanmasına ve bundan dolayı büret ile kompansatör borusu arasındaki bağlantının kesilmesine yol açar. Hem büret hem de diğer boru aynı su ceketı içinde olduğu ve hacimlerde eşit olduğu için su ceketindeki herhangi sıcaklık değişmesi her iki borudaki basıncı aynı şekilde etkiler. Büretin basıncını seviye şişesi ile, U manometresindeki civa seviyesi daima aynı yerde kalmak üzere ayarlayarak sıcaklık değişmelerinin sebep olacağı baskı farkları ortadan kaldırılır.

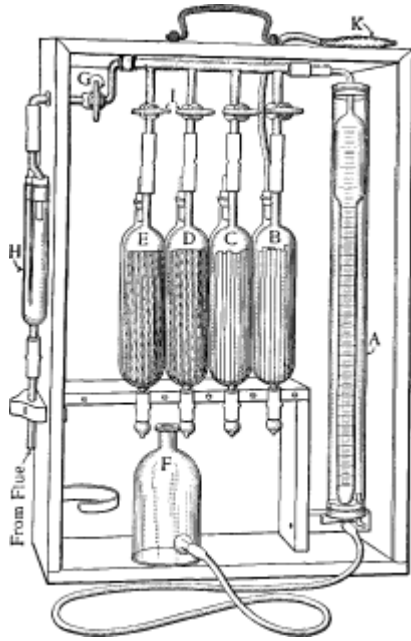
Hacim sabit tutulduğu zaman ;

$$\text{hacimce absorplanan gaz} = (P - P') \cdot 100 / P$$

Basıncı sabit tutulduğu zaman ;

$$\text{hacimce absorplanan gaz} = (V - V') \cdot 100 / V$$

3. DENEY DÜZENİĞİ



Şekil 1. Orsat analiz cihazının şematik gösterimi

4. DENEYİN YAPILIŞI

Pipetlerin muslukları kapatılır ve A şişesi su ile doldurulur. Üç yollu musluk havaya açık tutulur.

A şişesi yukarı kaldırılarak B büreti içine en üstündeki işaret çizgisi hizasına kadar dolması sağlanır. Bu vaziyette iken üç yollu musluk kapatılır ve pipetin musluğu açılır. A şişesi aşağıya indirilerek musluğun ek yerine kadar dolacak şekilde absorpsiyon çözeltisi alınır. Pipetin musluğu kapatılır. Diğer pipetler aynı şekilde doldurulur.

Üç yollu musluğun bulunduğu üç numunenin alınacağı yere bağlanır. Üç yollu musluk açılıp A şişesini aşağıya indirilerek belirli miktarda numune büret içine alınır ve musluk kapatılır. Bürete alınmış numunenin hacmi ölçülür.

İlk pipetin musluğu açılır. A şişesi birkaç kez yukarı aşağıya doğru hareket ettirilerek pipete birkaç kez gaz gönderilir. Absorbe edilmiş kısım tekrar bürete alınır. Pipetin musluğu kapatılır.

A kabındaki su seviyesi büretteki su seviyesi ile aynı hizaya getirilerek hacim azalması sağlanır.

i. EK BİLGİLER

Oksijen Absorplayıcı Maddeler:

- 1) **Alkali piragallol:** %30 pirogallik asit ve %60'lık KOH çözeltisinin 2:7 oranında karıştırılması ile hazırlanır. Karışım 100 ml havadaki O₂ nin bütünü, havayı 6-7 kere geçirmekle tamamen

absorplar. Sıcaklık 15 ° C ‘nın altına iner ve konsantrasyon %25 ‘in üstüne çıkarsa absorplama kabiliyeti azalır.

- 2) **Sodyum ditionit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) Çözeltisi:** 40 gr sodyum ditionit 250 ml 4,8 N KOH ‘da çözülmesi ile hazırlanır. Havadaki O_2 nin absorplanması için 5 dk gibi bir uzunca bir zaman ihtiyaç vardır. He ne kadar bu süre demir-3-klorür ilavesi ile katalik olarak arttırılabilse de bu maddelerin rengi koyulaştırmak ve seviye okunması güçleştirmek gibi bazı sakıncaları vardır.
- 3) **Sarı fosfor:** 100 ml havadaki O_2 ‘i 20 °C da 3 dakika içerisinde absorplar. Absorbsiyon kabinda daima biraz su bulunmalıdır (ortamın nemli olması gereklidir). Işık tesiri ile kırmızı fosfora dönüşerek bozulur. 0 °C da absorplama yeteneğini tamamen kaybeder. O_2 absorpladıkça P_2O_3 ten ibaret beyaz bir sis oluşur.
- 4) **Krom-2-klorür:** CrCl_2 nin derişik HCl veya asetik asitteki çözeltisi tek asidik karakterli O_2 absorbanıdır. Bu diğer absorbanlar gibi asidik gazları absorplamaz. En büyük dezavantajı asidik ortamda Cr^{2+} nın H_2 vererek Cr^{3+} yükseltgenmesidir.

Karbondioksit Absorplayıcı Maddeler:

En çok kullanılan %36’lık KOH ve %32 lik NaOH çözeltilerdir. Her iki çözeltide hacimlerinin 30 misli absorblayabilir. Havadaki CO_2 tayini için $\text{Ba}(\text{OH})_2$ kullanılabilir.

Karbonmonoksit Absorplayıcı Maddeler:

- 1) **Kan:** Kan, CO için en iyi absorbandır. Çok miktardaki karbonmonoksiti en son zerresine kadar absorplar. Absorplama ürünü karboksihemoglobindir.
- 2) **Bakır-2-klorür:** En çok kullanılan CO absorbandır. Çözelti bakır çubuklar içeren şişede saklanmalıdır. Çözeltinin rengi sarı oluncaya kadar kullanılabilir. Absorplama sonunda $\text{CuCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{CO}$ bileşiği meydana gelir. Reaksiyon tersinir olup bir gaz karışımında bulunan CO’i bu madde ile absorplamak mümkün değildir.
- 3) **Bakır-1-sülfat:** Reaksiyon tersinir değildir ve bir gaz karışımındaki CO tamamen absorplanabilir. Yalnız absorplama işlemi yavaş gerçekleşir.
- 4) **Katı absorbanlar:** Hoomalit ve hopkalit bilinen iki katı absorbandır.

Hidrojen Absorplayıcı Maddeler:

- 1) **Palladyum:** Oda sıcaklığında absorplama yavaş yürüdüğü halde sıcaklık arttıkça absorplama artar. Gaz numunesi H_2 ile beraber CO_2 , CO ve olefinleri içeriyorsa ilk önce bunların uzaklaştırılması gerekir.
- 2) **Gümüş bileşikleri:** Ag_3PO_4 elverişlidir.

Kaynaklar

1. Basic Principles and Calculations in Chemical engineering, D.M. Himmelblau, 6th Edtn, 1996.

SIVILARDA DİFÜZYON KATSAYISI TAYİNİ

1. AMAÇ

Sıvıların difüzyon katsayılarının tayin edilmesi ve ampirik hesaplama yöntemleri ile karşılaştırılması.

2. GENEL BİLGİLER

Kimya ve süreç mühendisliğinde genellikle akışkanların taşınması ve dağıtılması işlemleri ağırlıklı olarak çalışılır. Proses tasarımlarında ve kimya mühendisliği uygulamalarında kullanılan akışkanların özelliklerinin bilinmesi önemlidir. Akışkanlar için en önemli özelliklerden biri difüzyon katsayısıdır. Difüzyon, kinetik teoriye göre moleküllerin termal enerjileri nedeniyle yaptıkları hareketin bir sonucudur. Kütle transferi kimyasal dengede olmayan sistemde olur. Sistemin kimyasal dengede olması için; basınç, sıcaklık ve bileşenlerin kimyasal potansiyellerinin eşit olması gerekir. Doğrudan ölçülemeyen kimyasal potansiyel, basit olarak “aktivite katsayısı” ve dolayısıyla derişim ile bağlantılıdır. Bu nedenle kütle transferinde birçok durumlarda genel olarak derişim farkı alınması uygundur. Kütle transferi yüksek derişim noktasından, düşük derişim noktasına doğru olur. Derişim kütleli veya molar birimlerle ifade edilebilir. Kütleli akı, birim zamanda birim alandan geçen kütle miktarı ($\text{kg/m}^2\text{s}$) molar akı ise birim zamanda birim alandan geçen mol miktarı ($\text{mol / m}^2\text{s}$) olarak tanımlanır. İlk kez Fick tarafından belirtilen ve Fick’in 1. Yasası olarak adlandırılan yasaya göre; bir A+B karışımında, A bileşeni için z yönünde bir derişim gradyeni (gradyen yolla değişim) varsa, moleküller yayınıma ile aktarılan A bileşeninin molar yayınıma akısı, J_{Az} :

$$J_{Az} = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz} \quad (1)$$

şeklinde yazılabilir. Akı, aktarım yönüne dik bir yüzeyin birim alanından birim zamanda geçen miktar olarak tanımlanır ($\text{kmol A/m}^2\text{s}$). Denklemdaki (dC_A / dz) terimi kütle transferine neden olan derişim gradyenini ($\text{kmol A/m}^3/\text{m}$), (-) işareti ise kütle aktarımının azalan derişim yönünde gerçekleşeceğini gösterir [1].

İ bileşenli bir karışım için J_i ve N_i arasındaki ilişki aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$N_i = X_i \sum_{j=1}^n N_j + J_i^* \quad (2)$$

Bu formülden yararlanarak A bileşeninin sabit referans sistemine göre akısı, molar birimler kullanılarak; düzenlenebilir.

$$N_A = (N_A + N_B) X_A - CD_{AB} \frac{dx_A}{dy} \quad (3)$$

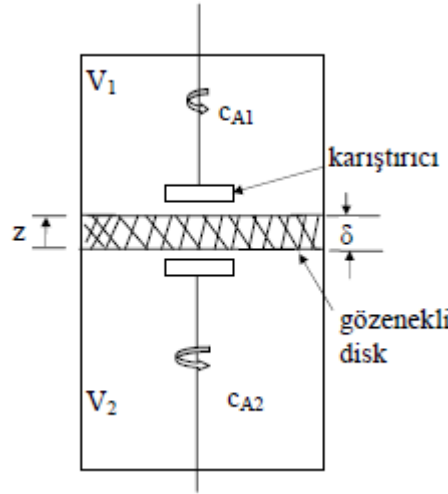
D_{AB} A'nın B içindeki difüzyon katsayısı olarak adlandırılır (m^2/s). D_{AB} , A ve B'ye bağımlı olduğu gibi koşullara (basınç, sıcaklık, derişim) da bağılı olan gerçek bir fiziksel değerdir. Sıvılarda çözünenlerin difüzyonu, çoğu endüstriyel süreçlerde, özellikle sıvı-sıvı veya çözücü ekstraksiyonu, gaz absorpsiyonu ve damıtma gibi işlemlerde çok önemlidir. Sıvılarda difüzyon, nehir ve göllerin hava ile oksijenlenmesi ve kanda tuzların yayılımı gibi birçok doğal olaylarda da görülür. Sıvılarda difüzyonla yayılım hızının, gazlardan önemli derecede küçük olacağı açıktır. Bir sıvı içindeki moleküller, gazlara kıyasla birbirine çok daha yakındır. Dolayısıyla yayılmakta olan A çözüneninin molekülleri, B sıvısının molekülleri ile daha sık bir şekilde çarpışacak ve gazlardan çok daha yavaş yayılacaktır. Bu nedenle sıvıların yoğunluğu ve difüzyona karşı gösterdikleri direnç, gazlardan çok daha büyüktür. Genellikle bir gaz içindeki difüzyon katsayısı, bir sıvıdakinden yaklaşık 10^5 kat daha büyüktür. Teorik olarak hesaplanan difüzyon katsayısı değeri, gazlarda yaklaşık $0.1 \text{ cm}^2/s$, sıvılarda $10^{-5} \text{ cm}^2/s$ ve katılarda $10^{-10} \text{ cm}^2/s$ olarak tahmin edilmiştir. Gazlarda olduğu gibi sıvılarda da difüzyon katsayısı deneysel olarak ölçülebilir, ampirik korelasyonlardan yaklaşık hesaplanabilir. Sıvıların kinetik teorisi gazlarınkı kadar geliştirilememiş olduğundan, sıvılarda difüzyon katsayılarını doğrudan diğer fiziksel özellikler cinsinden veren başarılı teorik modeller geliştirilememiştir. Bu yüzden literatürde pek çok ampirik korelasyon önerilmiştir. Bunlardan en çok kullanılanları Wilke- Chang, Stokes – Einstein ve Othmer- Thakar eşitlikleridir [1 – 3].

Deneysel ölçümlerde ise iki hücre yöntemi yaygın olarak kullanılır. Şek.1'de gösterilen δ kalınlığındaki bir membran ile birbirinden ayrılmış ve karıştırıcılarla donatılmış V hacmindeki iki hücreden birincisine seyreltik, diğerine ise aynı bileşenlerden oluşan biraz daha derişik ikili sıvı çözeltileri konur. Derişimler sıra ile C_{A1}° ve C_{A2}° (kmol A/ m^3) olarak gösterilsin. Karıştırıcılar devreye alınıp, her iki

hücredeki derişimlerin her an uniform olmaları sağlanır. Membran gözeneklerini dolduran çözelti durgun olduğundan bu gözenekler boyunca 2 nolu hücreden 1 nolu hücreye gerçekleşen A bileşeninin kütle aktarımı ($C_{A2} > C_{A1}$) difüzyon yoluyla olur. Yarı-yatışkın halin var olduğu kabul edilerek herhangi bir anda membran boyunca derişim gradyanı,

$$\frac{\partial C_A}{\partial z} = \frac{C_{A2} - C_{A1}}{k\delta} \quad (4)$$

olarak yazılabilir. Membranın yapısına bağlı olan k sabiti (dolambaçlık faktörü) değeri olarak 1'den büyük olup, gerçek aktarım yolunun δ dan büyük olduğunu vurgular.



Şekil 1. İki hücre deney düzeneği

Çözeltiler seyreltik olduklarından yığın hareketin katkısı ihmal edilebilir ve herhangi bir zamandaki toplam yayınma hızı N_A' :

$$N_A' = N_A \cdot A = J_A = -\epsilon \cdot D_{AB} \cdot A \cdot \frac{dC_A}{k dz} = -\epsilon \cdot D_{AB} \cdot A \cdot \frac{C_{A2} - C_{A1}}{k\delta} \quad (5)$$

şeklinde yazılabilir. Burada ϵ membranda kütle aktarımına açık olan alan kesrini gösterir ve membranın yapısına bağlıdır [1].

3. DENEY DÜZENEGİ



Şekil 2. Difüzyon hücresi

Difüzyon hücresi Şekil 2’de görüldüğü gibi manyetik karıştırıcıyla karıştırılan iki bölmeden oluşur. Bu iki bölmeyi moleküler difüzyonun olduğu gözenekli bir cam diyafram ayırır. Bölmelerden biri başlangıçta saf sıvıyı, diğeri de difüzlenen maddenin aynı sıvıda seyreltik çözeltisini içerir.

4. DENEYİN YAPILIŞI

- Deneyde kullanılacak 0.1 M HCl ve 0.01 M NaOH çözeltileri ve %1 (w/v) ’lik fenolftalein indikatörü hazırlanır.
- Deneyden 3 saat önce derişim gradyeni oluşturmak amacıyla, difüzyon hücresinin sol bölümüne 0.1 M, 100 ml hacminde HCl çözeltisi, sağ bölümüne ise 100 ml saf su konularak, her iki bölmedeki sıvı düzeyleri eşit olacak şekilde ayarlanır ve karıştırma başlatılır.
- HCl-Su ikili sisteminin difüzyon katsayısının tayini amacıyla asıl deneye başlamadan önce, 3 h boyunca çalıştırılan sistem durdurulur ve çözeltiler boşaltılarak, difüzyon hücresi temizlenir.
- Difüzyon hücresinin sol bölümüne tekrar 0.1 M, 100 ml hacminde taze HCl çözeltisi, sağ bölümüne ise 100 ml taze saf su konularak, her iki bölmedeki sıvı düzeyleri eşit olacak şekilde ayarlanır.
- Karıştırma başlatıldığı anda süre tutularak gerçek difüzyon deneyi başlatılır.

- 15 min aralıklarla 1 saat boyunca difüzyon hücresinin her iki bölümünden 1 ml örnek alınarak fenolftalein indikatörü eşliğinde 0.01 M NaOH ile titre edilir.
- Büretten okunan hacim azalmaları veri tablosuna kaydedilir.
- Her iki bölmedeki son derişimler hesaplanır.

Tablo 1. HCl – Su sisteminin difüzyon deney verileri

t (zaman, min)	Harcanan NaOH hacmi (ml)	
	Sol bölme (0.1 M HCl)	Sağ bölme (saf su)
0		
15		
30		
45		
60		

5. DENEY VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Varsayım: Yarı- yatışkın durum

$$N_A' = -\varepsilon \cdot D_{AB} \cdot A \frac{C_{A2} - C_{A1}}{k\delta} = \frac{d}{dt}(C \cdot V) \quad (6)$$

$$N_A' = -\varepsilon \cdot D_{AB} \cdot A \frac{C_{A2} - C_{A1}}{k\delta} = V \frac{dC}{dt} \quad (7)$$

$$V_1 \cdot C_{A1} + V_2 \cdot C_{A2} = V_1 \cdot C_{A1}^\circ + V_2 \cdot C_{A2}^\circ \implies V_1 = V_2 \quad \text{ise} \quad (8)$$

$$C_{A1} + C_{A2} = C_{A1}^\circ + C_{A2}^\circ \implies C_{A1} = C_{A1}^\circ + C_{A2}^\circ - C_{A2} \quad (9)$$

$$= -\frac{\varepsilon \cdot A \cdot D_{AB}}{k \cdot \delta} (C_{A2} - [C_{A1}^\circ + C_{A2}^\circ - C_{A2}]) = V \cdot \frac{dC_A}{dt} \quad (10)$$

$$= \int_{C_{A2}^\circ}^{C_{A2}} \frac{dC_A}{2C_{A2} - C_{A1}^\circ - C_{A2}} = -\frac{\varepsilon \cdot A \cdot D_{AB}}{k \cdot \delta \cdot V} \int_0^t dt \quad (11)$$

$$\ln \frac{C_{A2}^\circ - C_{A1}^\circ}{C_{A2} - C_{A1}} = \frac{2 \cdot \varepsilon \cdot A}{k \cdot \delta \cdot V} \cdot D_{AB} \cdot t \quad (12)$$

Burada $(2 \cdot \varepsilon \cdot A)/(k \cdot \delta \cdot V)$ KCI gibi yayınlabilirliği bilinen bir çözünen kullanılarak belirlenebilen hücre sabiti, β 'dir.

C_{A1}° ve C_{A2}° başlangıç derişimleri, C_{A1} ve C_{A2} herhangi bir andaki ($t=t$) derişim değerleridir.

(12) eşitliği kullanılarak $\ln \frac{C_{A2}^\circ - C_{A1}^\circ}{C_{A2} - C_{A1}}$ değerleri zamana karşı grafiğe geçirilerek, grafiğin eğiminden D_{AB} değeri hesaplanır.

1. Grafiği çiziniz. Doğrunun eğimini hesaplayarak deneysel difüzyon katsayısı değerini belirleyiniz.
2. Deneysel olarak bulduğunuz difüzyon katsayısı değerini a) Literatürdeki değerlerle ve b) Üç farklı ampirik formülle hesapladığınız değerlerle karşılaştırınız, % hata hesabı yaparak bulduğunuz sonuçları nedenleri ile tartışınız.

6. KAYNAKLAR

- [1] E. Alpay, “ Kütle Aktarımı ve Kütle Aktarım İşlemleri ”, Ege Üniversitesi Yayınları, Bornova-İzmir, 2011
- [2] E. L. Cussler, “Diffusion/ Mass Transfer in Fluid Systems”, Cambridge Universty Press, 1997.
- [3] C. J. Geankoplis, “Transport Processes and Separation Process Principles” , Pearson Education, 2003.

ELEK ANALİZİ

1. AMAÇ

Laboratuvar ölçekli bir çeneli kırıcıda verilen katı maddenin parçacık boyutunun küçültülmesi ve küçültülen parçacıkların eleklerden geçirilerek parçacık boyut dağılımının belirlenmesi.

2. GENEL BİLGİLER

Hammaddeler ve çeşitli işlemlerden elde edilen ürün veya ara ürünler, temel kimyasal veya metalürjik işlemlere girmeden önce ön ve ara işlemlerden geçirilmektedir. Parçacık boyutunun 5 mm'den daha az olduğu yüzey büyütme işlemlerine öğütme adı verilir. Öğütme işlemlerinde genellikle eksen etrafında dönen bir gövde ve içersine konan öğütücü parçalardan oluşan değirmenler kullanılır.

Eleme katı bir malzeme karışımını elekler kullanarak farklı boyutlardaki bileşenlerine ayırma işlemidir. Elekler metal tellerden örülmüştür ve tellerin arasında açıklıklar mevcuttur. Elek numaraları birim alan (in^2 veya mm^2) başına düşen açıklık sayısını ifade eder. Açıklık sayısı, *meş sayısı* olarak da tanımlanır. Örneğin, 200 No'lu elek, her bir inç karesinde 200 adet açıklığa sahip olan elek anlamına gelmektedir. Elek numaraları arttıkça elek açıklıkların boyutu azalır.

Eleme ile elek altı ve elek üstü olmak üzere iki ürün elde edilir. Endüstriyel elekler eleminin yapıldığı yüzeyin sabit veya hareketli olmasına göre "sabit elekler" ve "hareketli elekler" olmak üzere iki kısma ayrılır. Sabit eleklerin en basit şekli ızgaralardır. ızgaralar büyük boyutlu malzemelere en uygun olan tiptir. Genellikle eğik olarak yapılırlar ve üzerlerindeki malzemenin aşağı doğru inerken ızgara aralıklarından düşen parçaların ızgara üstünde kalandan ayrılmasını sağlarlar. Hareketli eleklerde tıkanmayı azaltmak amacıyla ızgaralara çeşitli hareketler verilmektedir. Bu hareketler ile malzeme hem bir yöne doğru itilir hem de eleme kolaylaştırılmış olur.

3. DENEYDEN ÖNCE YAPILMASI GEREKENLER

- Eleme hakkında bilgi edininiz.
- Tane boyutu, şekil faktörü ve hacim şekil faktörü hakkında bilgi edininiz.
- Simpson kuralı uygulayarak sayısal integral çözümü hakkında bilgi edininiz.

4. DENEY DÜZENEGİ

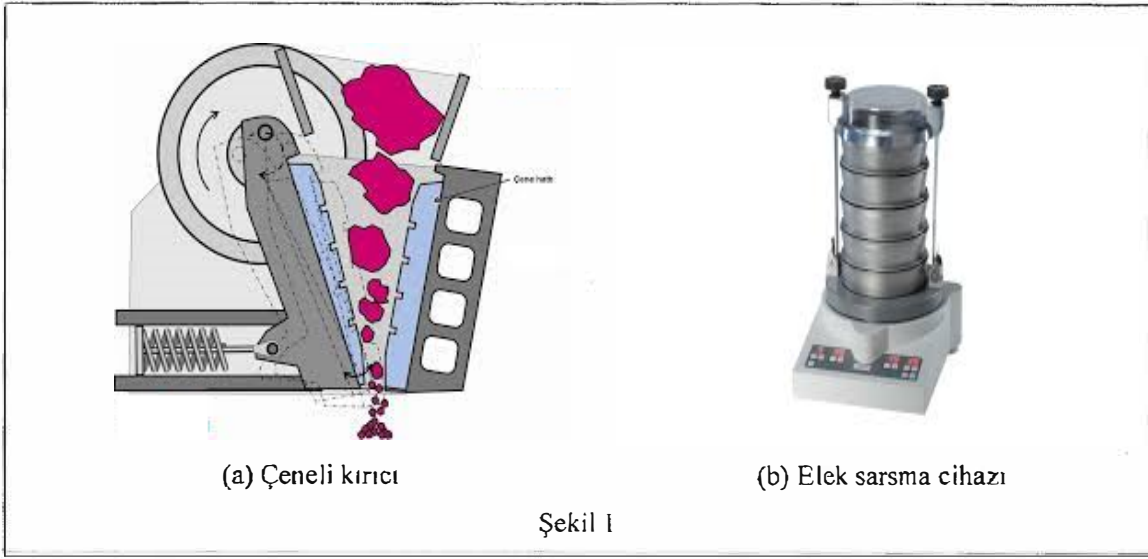
Çeneli kırıcı

Elekler

Elek sarsma cihazı

Piknometre

Analitik terazi



5. DENEYİN YAPILIŞI

Parçacık boyut dağılımı belirlenecek yaklaşık 500-750 g katı madde tartılır ve kütlesi kaydedilir. Tartılan katı madde çeneli kırıcıya konularak kırılır.

Elekler açıklık numaralarına (meş numaralarına) göre büyükten küçüğe doğru üst üste sıralanarak elek sarsma cihazına yerleştirilir. Elek setinin en üstündeki eleğe kırılmış olan parçacıklar konulur. Üstteki eleğin kapağı kapatılarak elek setinin vidaları sıkıştırılır. Elek sarsma cihazı on dakika süreyle çalıştırıldıktan sonra her bir elek üzerinde kalan katı maddenin kütlesi kaydedilir. Elekler temizlenir.

Parçacık yoğunluğunun piknometre ile ölçümü: Temiz ve tümüyle kuru piknometre 0.1 mg duyarlılığındaki bir hassas terazide boş olarak tartılır (m_1). Piknometre şişesine yoğunluğu ölçülecek katı madde konularak tartılır (m_2). Piknometre düzgün zemin üzerine serilmiş yumuşak ve kuru bir bez üzerine konulur. İçerisinde katı madde bulunan piknometre şişesi, saf su ile hava kabarcığı olmaksızın yavaşça piknometreye ağzına kadar doldurulur. Tam dolu olan piknometrenin kapağı dikkatlice kapatılır. Kapak üzerindeki küçük boşluk alma deliğinden çıkan ve taşan fazla sıvılar altta bulunan yumuşak ve kuru bezle yavaşça silinir. Piknometre iyice kurulanır ve 0.1 duyarlıktaki hassas terazide tartılır (m_3). Katı madde çıkartıldıktan sonra içinde sadece saf su bulunan piknometrenin kütlesi tartılır (m_4).

6. HESAPLAMALAR VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

6.1. Veri tablosundan eleme işlemindeki kütle kaybını hesaplayınız.

$$\text{kütle kaybı} = \frac{m_t - m_p}{m_t} \times 100$$

6.2. Ortalama parçacık yoğunluğunu hesaplayınız.

$$\rho_p = \frac{(m_2 - m_1)}{[(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)]/\rho_{su}}$$

6.3. Parçacıkların ortalama çapını (Dp_a) hesaplayınız.

$$Dp_a = \frac{Dp_n + Dp_{n-1}}{2}$$

6.4. Kütle kesrini hesaplayınız.

$$\Delta\phi_n = \frac{m_n}{m_p}$$

$\phi_n - D_e$ grafiğini çiziniz.

$$\phi_n = \Delta\phi_1 + \Delta\phi_2 + \dots + \Delta\phi_n = \sum_{i=1}^n \Delta\phi_n$$

6.5. Parçacıkların ağırlıkça ortalama çapını (Dp_w) hesaplayınız.

$$Dp_w = \sum_{i=1}^n Dp_a \Delta\phi_n$$

6.6. Toplam yüzey alanını hesaplayınız.

a) Elenen maddenin toplam yüzey alanının diferansiyel elek analizi yöntemiyle bulunması:

$$A = \frac{6000}{\Phi_s \rho_p} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\phi_n}{Dp_a}$$

b) Elenen maddenin toplam yüzey alanının kümülatif elek analizi yöntemiyle bulunması:

$$A = \frac{6000}{\Phi_s \rho_p} \int_a^b \frac{d\phi_n}{Dp_a}$$

$$d\phi_n = \sum_{i=1}^n \Delta\phi_n$$

Eşitlikteki integrali çözmek için $d\phi_n$ 'e karşılık $1/Dp_a$ grafiğini çiziniz ve Simpson kuralını uygulayınız.

6.7. Parçacık sayısını hesaplayınız.

a) Elenen maddenin parçacık sayısının diferansiyel elek analizi yöntemiyle bulunması:

$$N = \frac{1000}{\alpha \rho_p} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \phi_n}{D p_a^3}$$

$$\alpha = \frac{V_p}{D p_w^3}$$

b) Elenen maddenin parçacık sayısının kümülatif elek analizi yöntemiyle bulunması:

$$N = \frac{1000}{\alpha \rho_p} \int_a^b \frac{d\phi_n}{D p_a^3}$$

$$\alpha = \frac{V_p}{D p_w^3}$$

Eşitlikteki integrali çözmek için $d\phi_n$ 'e karşılık $1/D p_a^3$ grafiğini çizin ve Simpson kuralını uygulayınız.

SİMGELER VE KISALTMALAR

A	elenen maddenin toplam yüzey alanı
$D p_a$	parçacıkların ortalama çapı
D_e	elek boyutu
$D p_n$	elekteki en büyük parçacığın çapı
$D p_{n-1}$	elekteki en küçük parçacığın çapı
$D p_w$	parçacıkların ağırlıkça ortalama çapı
m_n	eleğin üzerinde kalan madde miktarı
m_p	elenen maddenin miktarı
m_t	toplam kütle
N	elenen maddenin parçacık sayısı
V_p	elenen maddenin hacmi
$\Delta \phi$	kütle kesri; eleğin üzerinde kalan madde miktarının toplam elenmiş madde miktarına oranı
Φ_s	şekil faktörü
α	hacim şekil faktörü
ρ_p	parçacık yoğunluğu

KAYNAKLAR

- 1) Geankoplis C.J., Transport Processes and Separation Process Principles, 4. Basım, Prentice Hall, USA, 2003.
- 2) McCabe W.L., Smith J.C., Harriott P., Unit Operations of Chemical Engineering, 7. Basım, McGraw-Hill, USA, 2005.

VERİLER

$m_t = \dots\dots\dots$ g

Elek Boyutu, D_e (μm)	Örnek Kütlesi (g)
8000	
5600	
4000	
2800	
2000	
1000	
500	
< 500 (elek altı)	
	$m_p = \dots\dots\dots$

Parçacık yoğunluğunun piknometre ile bulunması

m_1	
m_2	
m_3	
m_4	

KALORİMETRİK YÖNTEMLE MADDELERİN ISIL DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ

1. DENEYİN AMACI

Herhangi bir maddenin ısı değeri kalorimetre kullanılarak ölçülmesi ve alt ısı değeri hesaplanmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

Oksijen ile reaksiyona girdiğinde, endüstriyel işlemler için gereken ısıyı verebilen ve özellikle hava oksijeni ile reaksiyonu kolayca mümkün olan malzemelere "yakıt" adı verilmektedir. Genel olarak yanma olayı, herhangi bir maddenin oksijenle birleşmesi anlamında kullanılabilirse de, özellikle yakıtların reaksiyonu için kullanılmaktadır.

Bir yakıtın tamamen yanarak ihtiva ettiği karbonun tamamı karbon dioksit dönüşürse böyle yanmaya "tam yanma" denirken, yakıtın yandıktan sonra geride bıraktığı cürufle bir miktar karbon kalmış ise böyle yanmaya "tam olmayan yanma" adı verilmektedir. Gerekli şartlar (özellikle oksijen ihtiyacı) sağlanmadığında, yakıtın yanarak karbon dioksitin yanında bir miktar da karbon monoksit vermesine "yetersiz yanına" denilmektedir.

Her yakıtın fiziksel yapısına ve atmosfer basıncına bağlı olarak değişen bir "tutuşma sıcaklığı" söz konusudur. Ayrıca katı yakıtın bileşiminde bulunup yanma sonunda geriye kalan artık maddeler toplamına "kül", yakıt yakıldıktan sonra geriye kalan katı kütleye ise cüruf adı verilmektedir. Eğer cüruf kül miktarından fazla ise, aradaki fark yanmayıp cürufle kalan karbondan ileri gelmektedir.

Yanma tepkimelerinde bilinmesi gereken diğer iki tanımlama ise, alt ve üst ısı değeridir. Alt ısı değeri, bir yanma tepkimesinde oluşan suyun buhar fazında olması durumunda açığa çıkan ısı enerjisidir. Üst ısı değeri ise, bir yanma tepkimesinde oluşan suyun sıvı fazında olması durumunda açığa çıkan ısı enerjisini tanımlamaktadır. Yani üst ısı değeri, buharlaşma ısısı dahil olmak üzere açığa çıkan toplam ısı enerjisidir.

Bir yakıtın birim kütlesinin tam olarak yakılması sonucu açığa çıkan ısı miktarı "yakıtın ısı değeri" olarak tanımlanır. Bu ısı, yakıtın "yanma ısısı" ya da "kalorifik değeri" olarak da adlandırılmaktadır. Katı ya da sıvı yakıtların ısı değerlerinin belirlenmesinde kullanılan en önemli metod "kalorimetrik" yöntem olup özel kalorimetreler kullanılmaktadır. Bu yöntemde belli miktardaki maddenin bir bomba içinde basınç altında oksijen ile sabit hacimde yakılması ve oluşan ısıнын ölçülmesi esasına dayanır. Kalorimetre içerisinde gerek nem olarak bulunan gerekse yakıtta bulunan hidrojenin yanması sonucu oluşan su, oda sıcaklığına kadar soğuyarak. Görünür ve gizli ısını vermektedir. Sonuç olarak; kalorimetrede doğrudan belirlenen ısı değeri, yakıtın üst ısı değeridir. Yakıt, ısısından yararlanılmak amacıyla yakıldığı için, baca gazları ile giden yanma ürünlerinin sürüklediği ısı miktarını üst ısı değerinden çıkararak faydalanılabilir ısı değeri bulunur ki buna "alt ısı değeri" adı verilir. Alt ısı değeri pratikte daha anlamlıdır ve bunun bulunabilmesi için maddenin hidrojen içeriğinin bilinmesi gerekir.

Özgül ısı, öz ısı ya da ısınma ısısı, C.G.S. birimleri sistemine göre bir maddenin 1 gramının sıcaklığını 1 °C, S.I. birimleri sistemine göreyse 1 kilogramının sıcaklığını 1 K° arttırmak için gerekli olan ısı enerjisi miktarıdır. Sembolü c'dir.

Isı sığası veya ısı kapasitesi, bir maddenin sıcaklığını 1 °C değiştirmek için gerekli olan ısı miktarıdır. Diğer bir deyişle özgül ısıнын kütle ile çarpımıdır. Sembolü C'dir. ($C=m.c$)

3. DENEYSEL YÖNTEM

3.1.Deney Sistemi



Şekil 1. Kalorimetre Cihazı

Kalorimetre cihazının çalışma prensibi: Yüksek basınca dayanıklı bir kap (bomba kalorimetresi kabı) içerisinde hammadde saf oksijen ortamında yakılır. Açığa çıkan ısı, kabın çevresindeki suyu ısıtır.

Hatırlatma: Su yerine farklı bir sıvı da kullanılabilir, bununla birlikte, sıvının korozif olmamasına, sistemden kolaylıkla uzaklaştırılabilir olmasına, ucuz ve zehirsiz olmasına, kolaylıkla tedarik edilebilir olmasına dikkat edilmelidir. Su sıcaklığının değişiminin ölçülmesi ve hesaplama yönteminde belirtilen formüllerin kullanımıyla ürünün yanma ısısı/enerjisi belirlenir.

3.2.Deneyin Yapılışı

- i. Krozenin içine tartılan yakıt konur.
- ii. İçinde analizi yapılacak yakıt bulunan kroze bomba kalorimetresi içine yerleştirilir.
- iii. Pamuk iplik krozenin içine degecek uygun bir şekilde yerleştirilir.
- iv. Kroze çelik kaba yerleştirilir ve emniyet kapağı kapatılır.
- v. Oksijen tüpü ve regülatörü kontrol edilerek kalorimetre çelik kabına oksijen basılır. Bu deneyde 30 bar kadar oksijen basılır. Bu da yaklaşık 30 saniye kadar bir sürede olur.
- vi. Oksijen basma işlemi bitince yanma adaptörü bomba kalorimetresinin çelik kabının tepesine takılır.
- vii. Çelik kap, bomba kalorimetresi cihazına konur ve cihazın kapağı kapatılır.
- viii. Su haznesine su doldurulur.
- ix. Cihazda yanma modu (manuel, dinamik, izopropil, time control) seçilir, yakıt kütlesi yazılır ve deney başlatılır.
- x. Manuel modda zamanla değişen sıcaklık farkları not edilir. Dinamik modda, 8 dk sonunda yakıtın üst ısı değeri cihazdan okunup not edilir. İzopropil modda, 16 dk sonunda yakıtın üst ısı değeri cihazdan okunup not edilir. Time control modda, belirlenen zaman sonunda yakıtın üst ısı değeri cihazdan okunup not edilir.

4. HESAPLAMALAR

Manuel modda yakıtı a ait üst ısı değeri Eşitlik 4.1'den hesaplanır.

$$H_g = \frac{(EE.\Delta T) - f}{m} \quad (4.1)$$

Eşitlikte;

H_g: yakıtın üst ısı değeri (J/g)

EE: kalorimetre için verilmiş enerji eşdeğeri (IKA C200 kalorimetresi için 10056 J/°C),

ΔT: cihazda okunan sıcaklık farkı

f: pamuk ipliğinin yanma ısısı (50 J)

m: yakıtın kütlesi (g)

Kalorimetreden okunan değeri; yanma sonucu oluşan sıvı fazında olması nedeniyle yanan maddenin üst ısı değeri. Alt ısı değerinin hesaplanması için, yanan maddenin meydana getirdiği su miktarı hesaplanmalıdır ve stokiyometrik olarak ortaya çıkacak olan suyun kalorimetre içindeki basınçta yoğunlaşırken verdiği ısı değeri kadar enerjinin üst ısı değerinden çıkarılması ile bulunur (Eşitlik 4.2)

$$H_a = \frac{(EE.\Delta T) - f - H_{H_2O}}{m} \quad (4.2)$$

Eşitlikte;

H_{H₂O} = h_{fg} = h_g - h_f : suyun 30 bar'daki yoğunlaşma entalpisidir (Joule)

5. SONUÇLAR VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

- Kalorimetreden okunan değeri, Eşitlik 4.1 'den hesaplanan teorik değeri ile karşılaştırılıp, farklı maddeler için bulunan değeri yorumlanacaktır.
- Kalorimetrede kullanılacak maddelerin deneysel üst ısı değeri kullanılarak Eşitlik 4.2 ile alt ısı değeri hesaplanacak; farklı maddeler için bulunan değeri yorumlanacaktır.
- Manuel ölçüm sırasında not edilen sıcaklık farkları, zamana karşı grafiğe geçirilip, yorumlanacaktır.
- Kullanılacak yakıtların yanma tepkimeleri ifade edilerek, yanma olayı kısaca anlatılacaktır.
- Dinamik yöntem ile manüel ölçüm arasında gözlenen benzerlik ve farklılıkların nedenleri araştırılacak, nedenler tartışılacaktır.
- Kalorimetreden elde edilen deneysel sonuçlar literatür ile karşılaştırılarak sonuçlar tartışılacaktır.
- Deneysel çalışma sırasında karşılaşılan sorunların sonuçlara etkisi gözlenmeli, varsa nedenler tartışılmalıdır.

6. KAYNAKLAR

1. Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 2012-2013 Laboratuvar El Kitabı, 122-130.
2. Anadolu Üniversitesi, Mühendislik - Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Fizikokimya Laboratuvarı Deney Föyü, 17-24, 2008.
3. <http://web.itu.edu.tr>, 24.09.2013

NEM ÖLÇÜMÜ

1. AMAÇ

Bu deneyin amacı, nem diyagramlarından faydalananak havanın doygunluk nemi, bağıl nemi, % nemi, nem hacmi ve çiğlenme noktası değerlerinin bulunmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

Nemlendirme ve nem giderme işlemi, bir sıvı faz ile bu sıvı içinde çözünmeyen bir gaz fazı arasındaki madde aktarımını içerir. Mühendislik hesaplamalarında genellikle 1 lb kuru gaz temel alınır. Gaz fazında buhar A bileşeni, gaz ise B bileşeni olarak gösterilir. Gaz-buhar karışımının özellikleri toplam basınçla değiştiğinden basınç sistemde sabit tutulmalıdır. Ayrıca gaz ve buhar karışımının ideal gaz yasasına uyduğu kabulü yapılır.

Nemlilik (H_A): 1 atm basınç altında 1 lb kuru gaz tarafından taşınan buharın lb olarak ağırlığıdır. Bu halde nem, buharın sabit basınçta karışım içindeki kısmi basıncına bağlıdır.

$$H_A = \frac{M_A \bar{P}_A}{M_B (1 - \bar{P}_A)}$$

Burada M_A , M_B A ve B bileşenlerinin molekül ağırlıkları, $\bar{P}_A$, buharın karışımındaki kısmi basıncıdır.

Doygun Gaz (H_s): Doygunluk durumunda buharın gaz içindeki kısmi basıncı ile gaz sıcaklığında sıvının buhar basıncı birbirine eşittir.

$$H_s = \frac{M_A P_A}{M_B (1 - \bar{P}_A)}$$

Burada H_s doymuş gazın nemini, P_A , sıvının buhar basıncını göstermektedir.

Bağıl Nem (H_R): Buharın gaz içindeki kısmi basıncının aynı sıcaklıkta sıvının buhar basıncına oranıdır.

$$H_R = \frac{\bar{P}_A}{P_A} \times 100$$

% Nem:

$$\%H = \frac{H_A}{H_s} \times 100 = \frac{\bar{P}_A / (1 - \bar{P}_A)}{P_A (1 - P_A)} \times 100 = H_R \frac{1 - P_A}{1 - \bar{P}_A}$$

Nem Hacmi: 1 lb kuru gazın ve bu gazın taşıdığı buharın 1 atm basınç ve gaz sıcaklığındaki ft³ cinsinden toplam hacmidir.

$$V_U = \frac{359T}{492} \left(\frac{1}{M_B} + \frac{H_A}{M_A} \right)$$

Burada T (°R) dir.

Çiğlenme Noktası: Bir buhar-gaz karışımının sabit basınç ve nemde soğutulduğunda, doymuş hale geleceği sıcaklıktır. Böyle bir işlemin yolu, nem diyagramlarında doymamış olan bölgeden doygunluk nemine doğru absise paralel olarak çizilen doğrudur.

Yaş Termometre Sıcaklığı: Bir termometrenin haznesi, gaz-buhar karışımında bulunan buharın sıvısı ile ıslatılmış bir bez fitil ile sarılır. Yaş termometre olarak adlandırılan bu termometre gaz-buhar karışımı içine yerleştirilir. Gaz-buhar karışımı doymamış olduğundan termometrenin etrafında bulunan fitildeki sıvı buharlaşır, bunun sonucunda termometre soğur. Termometrenin sıcaklığı gaz-buhar karışımının sıcaklığının altına düştüğünde, gaz-buhar karışımından termometreye ısı aktarılır. Sonuçta kararlı hale erişilir. Bu kararlı hale erişildiğinde okunan sıcaklık yaş termometre sıcaklığıdır.

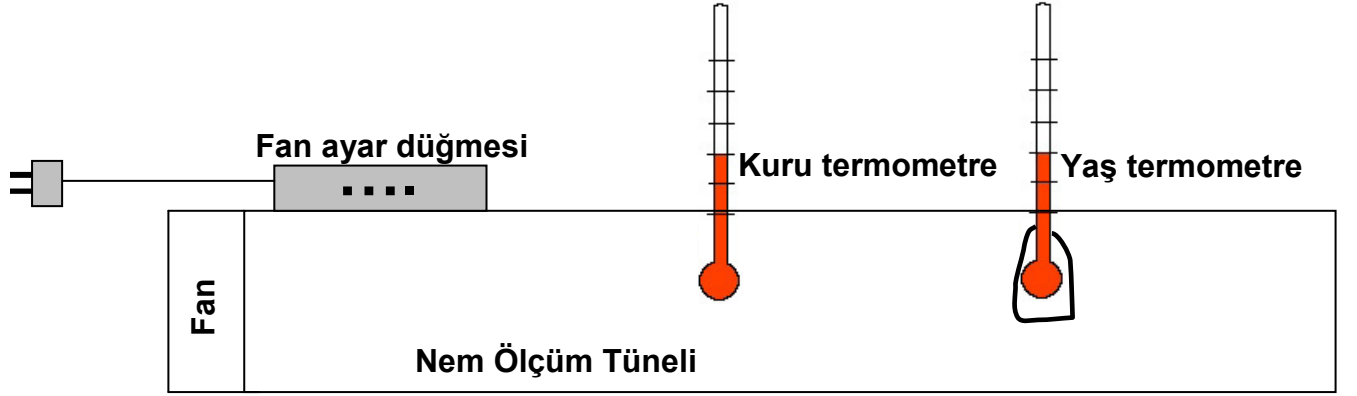
Kuru Termometre Sıcaklığı: Gaz-buhar karışımının haznesi etrafında ıslatılmış fitil bulunmayan normal bir termometre ile okunan sıcaklığa kuru termometre sıcaklığı denilir.

Nem Diyagramları: Nem diyagramları gaz-buhar karışımlarının özelliklerinin saptanmasında kullanılır. En bilinen gaz-buhar karışımı hava-su buharı karışımıdır.

3. DENEYDEN ÖNCE YAPILMASI GEREKENLER

- Nemlendirme ve nem giderme işlemleri ile ilgili bilgi toplayınız.
- Nem diyagramlarının kullanılması ile ilgili bilgi toplayınız.

4. DENEY DÜZENEGİ



Şekil 1. Nem ölçümü deney düzeneği

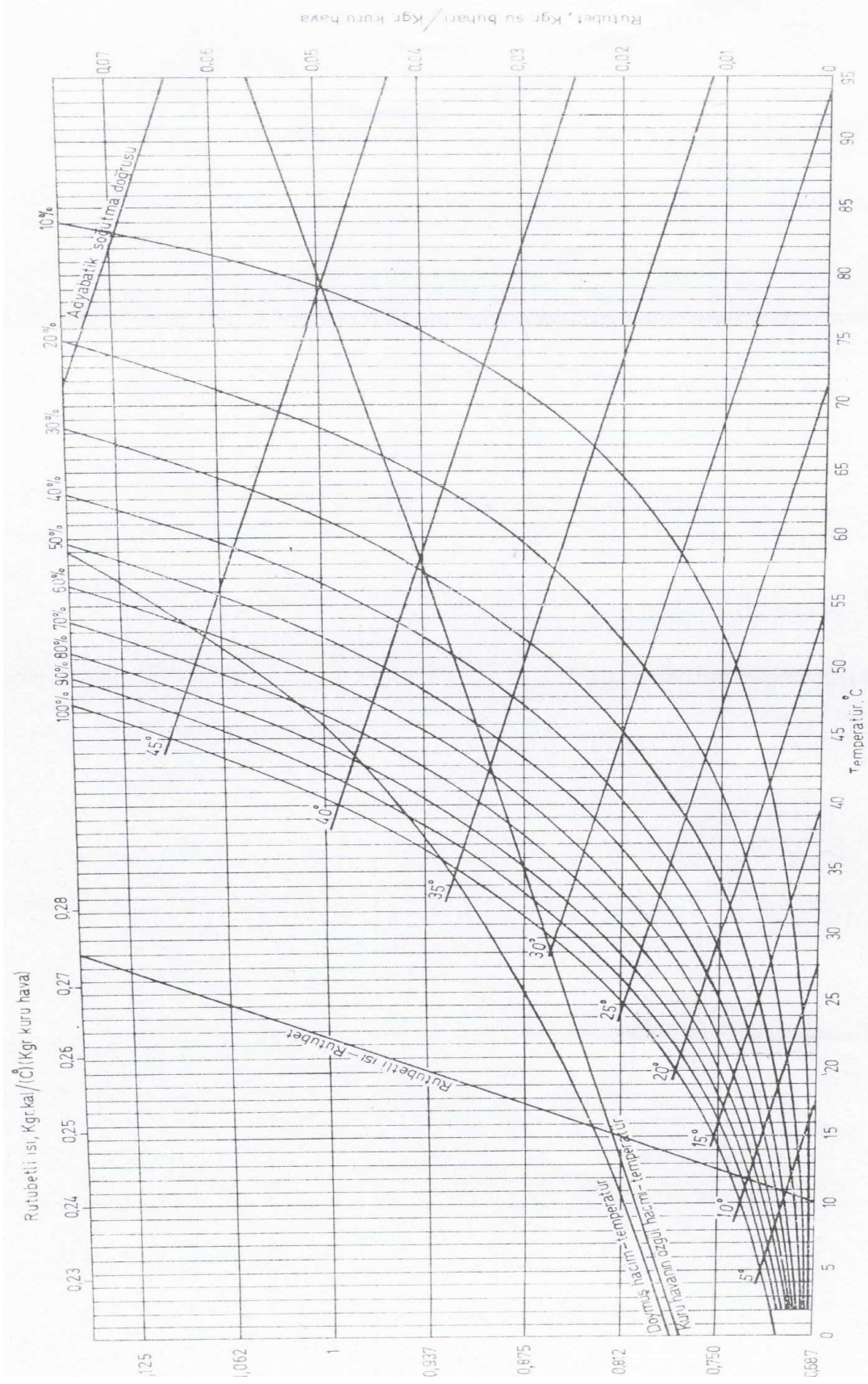
Nem ölçümü deney düzeneği (Şekil 1) nem ölçüm tüneli, fan, kuru termometre ve yaş termometreden oluşmaktadır.

5. DENEYİN YAPILIŞI

Şekil 1'deki düzenekte görüldüğü gibi bir fan yardımıyla tünele hava yollarır. Tünelin sonundaki yaş ve kuru hazne termometrelerinden kuru ve yaş hazne sıcaklıkları okunur. Nem diyagramları kullanılarak havanın doygunluk nemi, bağıl nemi, % nemi, nem hacmi ve çiğlenme noktası bulunur.

6. HESAPLAMALAR ve VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Yaş ve Kuru hazne sıcaklıkları okunarak havanın doygunluk nemi, bağıl nemi, % nemi, nem hacmi ve çiğlenme noktası nem diyagramı (Şekil 2) yardımıyla hesaplanacaktır. Kimya endüstrisinde, yoğunlaşabilen buhar ve yoğunlaşmayan gaz karışımları ile sık karşılaşılır. Örneğin, havanın sıcaklık ve neminin ayarlanması ve yaş katıların kurutulmasında hava-su buharı karışımı söz konusudur. Bu nedenle kimya mühendislerinin nemlendirme ve nem giderme işlemleri hakkında yeterli bilgiye sahip olmaları gerekir. Bu deneyin sonuçları değerlendirilirken nemlendirme ve nem giderme işlemlerinde kullanılabilecek tünele farklı koşullarda gönderilen havanın doygunluk nemi, bağıl nemi, % nemi, nem hacmi ve çiğlenme noktası özellikleri, nem diyagramları kullanılarak, belirlenip tartışılacaktır.



Şekil 2. Hava-su buharı sistemi için 1 atm basınçta nem diyagramı

Kaynaklar

Basic Principles and Calculations in Chemical engineering, D.M. Himmelblau, 6th Edtn, 1996.

HAVAYLA SIYIRMA İLE AMONYAK GİDERİMİ

1. AMAÇ

Amonyak azotunun havayla sıyırma (air stripping) yöntemi ile giderilmesi.

2. GENEL BİLGİLER

Havayla sıyırma, bir sıvının uçucu bileşenlerinin hava akımına aktarılması esasına dayanır. Genellikle uçucu bileşenler içeren yeraltı sularının ve atık suların arıtımı ve koku giderimi için kullanılan bir kimya mühendisliği uygulamasıdır. Kimya Mühendisliği uygulamalarında su içerisinde bulunan bazı kirleticiler daha uçucu formlara dönüştürülerek hava yardımıyla su ortamından bu şekilde uzaklaştırılır. Bu durum, pH değişimi ve sıcaklığın artırılması ile verimli hale getirilebilir. NH_3 , H_2S , HAc , VOCs (Volatile Organic Compounds: Uçucu organik bileşikler) gibi uçucu maddelerin bu şekilde su ortamından uzaklaştırılarak geri kazanılmaları mümkündür.

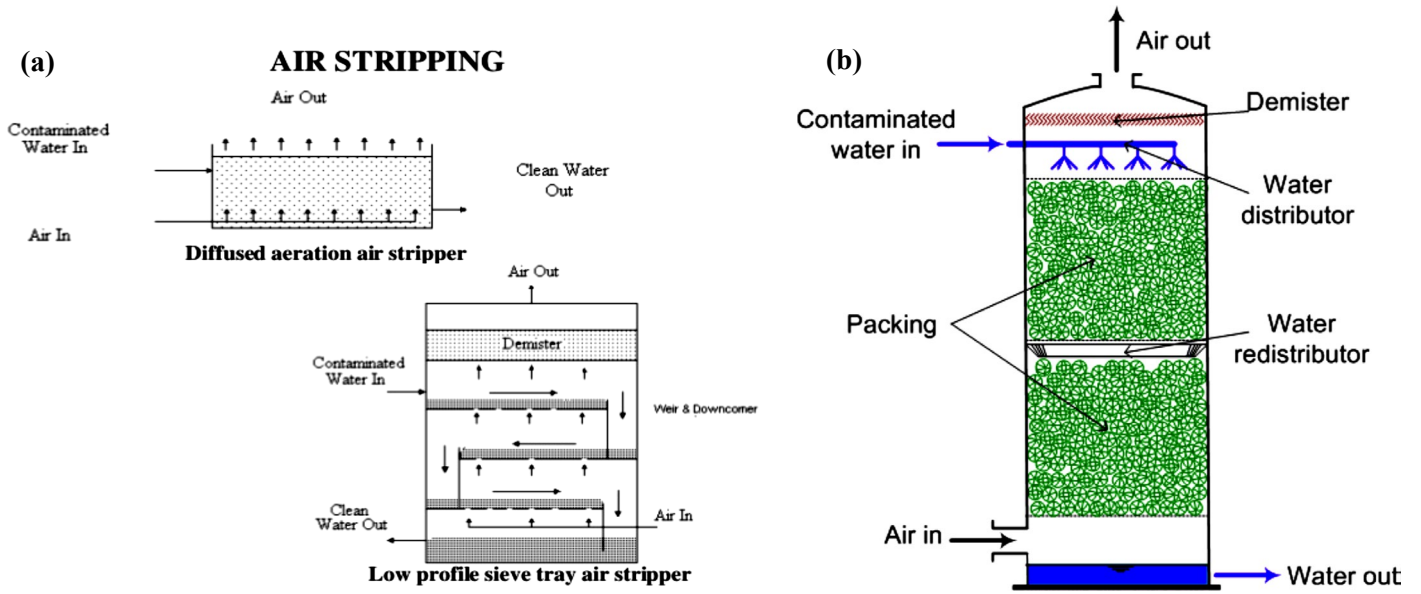
Uçucu bileşenler yüksek buhar basıncına ve düşük çözünürlüğe sahiptir. Havadaki çözünen konsantrasyonunun sudaki konsantrasyona oranı Henry sabiti ile gösterilir ve yüksek Henry sabitine sahip bileşenler sudan, etkili ve ekonomik biçimde sıyrılabilir. Henry sabiti sıcaklıkla arttığından sıyırma işlemi yüksek sıcaklıklarda daha kolay gerçekleşir. Sıyırma işlemi için genellikle su ile havanın zıt yönlerde aktığı dolgu veya tepsili kolonlar kullanılır. Diğer bir yöntem ise karıştırmalı bir tanka sıkıştırılmış hava göndererek baloncuklar oluşturmaktır.

Amonyak yapay gübre ve nitrik asit üretiminin hammaddesi olduğu kadar birçok sanayi dalında da önem taşımaktadır. Yaygın olarak gübre sanayinde, eczacılık sektöründe, boya üretiminde, kozmetik sanayinde, temizlik malzemesi üretiminde, kimya sanayinde, beyaz eşya sanayinde (soğutucu gaz olarak), kuru pil üretiminde, otomotiv sanayinde, plastik, lastik ve naylon üretiminde amonyak kullanılmaktadır.

Amonyak; zayıf baz özelliği gösteren ve canlılar için zehirli bir gaz bileşiğidir. Piyasada amonyak adı altında satılan maddeler amonyağın sulu çözeltisi olan Amonyum Hidroksittir. Yüzey sularında ve atık sularda 10 g $\text{NH}_3\text{-N/L}$ -30 mg/L'ye değişen oranlarda bulunabilen amonyak çoğunlukla organik azotun deaminasyonu ve ürenin hidrolizinden meydana gelir. Suyun pH'ı 7'den 12'ye yükseltildiğinde gaz fazındaki amonyak konsantrasyonu artar ve havalandırma ile giderim sağlanabilir.

Amonyak sıyırma, amonyak içeriği 10-100 mg/l arasında değişen atık sularda iyi sonuçlar vermektedir. Daha yüksek amonyak konsantrasyonu (>100 mg/l) içeren atık sular için buhar sıyırma veya biyolojik yöntemlerin kullanılması daha ekonomik olmaktadır.

Bu amaca yönelik olarak Şekil 1a ve b'de gösterilen iki farklı teknik uygulanır;



Şekil 1. Havayla sıyırma teknikleri **a)** Elek tepsi yöntemi, **b)** Dolgulu kule yöntemi

Hava ile sıyırma bir arıtım değildir, kirletici maddeleri diğer bir faza aktarmanın bir yoludur. Kirlenmiş hava, toplanana veya salınana kadar kolonun veya tankın üstünde depolanır. Yeni kirlenmiş havanın gaz fazında karbon adsorpsiyonu ile filtrelenmesi veya VOC'leri bertaraf etmek için yakılması gerekecektir.

Sıyırıcının altına akan arıtılmış su:

- Tatlı su kaynağına geri bırakılabilir.
- Yönetmeliklere uyacak şekilde daha fazla işlenebilir.
- Atık su arıtma tesislerine sevk edilebilir.

3. DENEYDEN ÖNCE YAPILMASI GEREKENLER

Air Stripping yöntemi; Spektrofotometre ve pH metre kullanımı hakkında bilgi sahibi olunmalıdır.

4. DENEY ÖNCESİ HAZIRLIKLAR

Nessler reaktifi 5.b'de anlatıldığı şekilde önceden hazırlanmalıdır.

5. DENEY DÜZENEGİ

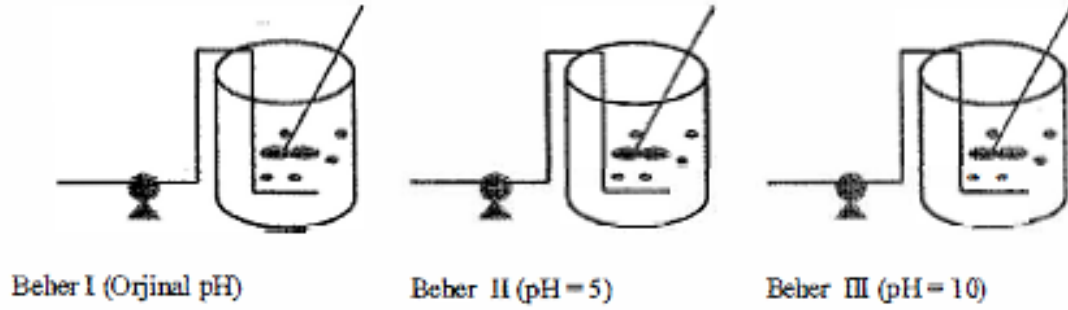
a) Kullanılacak Araçlar

Hava pompası
 Ph metre
 Pipet (1 mL)
 beher (500 mL)
 Balon joje (25 mL)
 Spektrofotometre
 Manyetik karıştırıcı

b) Kullanılacak Kimyasallar

Nessler Reaktifi: 143 g NaOH, 700 mL saf suda çözülür. 50 g kırmızı civa iyodür ve 40 g potasyum iyodür, 200 mL saf suda çözülerek hazırlanan iyodür çözeltisi hidroksit çözeltisi ile karıştırılır ve 1000 mL'ye tamamlanır.

Amonyum tuzu

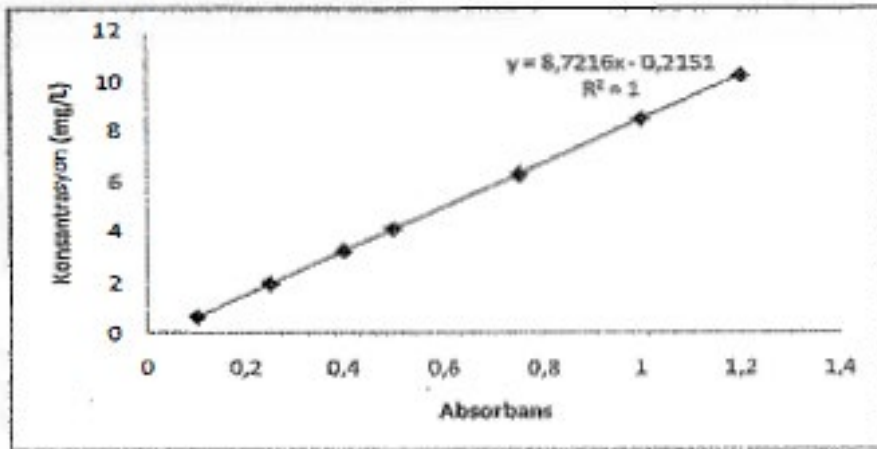


Şekil 2. Deney düzeneği

6. DENEYİN YAPILIŞI

150 mL, 100 mg NH_4^+ /L konsantrasyonunda numune alınır. 3 behere aynı konsantrasyon ve hacimdeki amonyak çözeltileri konur. 1. Beherin pH'ı orjinal değeri olacaktır. 2 ve 3 no'lu beherler pH'ı sırasıyla 5 ve 10 olacak şekilde ayarlanır. Her bir beher hava pompası kullanılarak eşit oranlarda 15 dakika boyunca havalandırılır. Amonyak konsantrasyonu 1/25 oranında seyreltilmiş numuneden 25 mL alınır, üzerine 1 mL Nessler reaktifi ilave edilir. 10'ar dakikalık farklı zaman aralığında alınan örnekler 20 dakika sonra 425 nm'de spektrofotometrede okunur. Elde edilen absorbans değerleri kullanılarak kalibrasyon eğrisi yardımıyla amonyak konsantrasyonu hesaplanır.

7. HESAPLAMALAR VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ



Şekil 3. Örnek kalibrasyon doğrusu (1 cm ışık yolu küvet kullanılmış)

Zaman (dakika)	Absorbans			Konsantrasyon
	Beher I	Beher II	Beher II	
1. Örnek: 0. dakika				
2. Örnek: 10. dakika				
3. Örnek: 20. dakika				
4. Örnek: 30. dakika				
5. Örnek: 60. dakika				

*Spektrofotometrede Dalga Boyu Taraması ve kalibrasyon eğrisi çizimi hakkında bilgi alınız.

8. KAYNAKLAR

C.J. Geankoplis, "Transport Processes and Separation Process Principles", Pearson Education, 2003.

W.J McCabe, J.G. Smith, P.Harriott, "Unit Operations of Chemical Engineering", McGraw-Hill Chem. Eng. Series, 1985.

SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

1. AMAÇ

Çeşitli sıcaklık ölçüm aletlerinin çalışma prensiplerinin ve aralarındaki ilişkilerin anlaşılması.

2. GENEL BİLGİLER

Basınç, hacim, elektriksel direnç, genleşme katsayısı gibi özellikler maddenin temel moleküler yapısına bağlıdır. Bu özellikler sıcaklıkla değiştiğinden sıcaklık ölçümlerinde kullanılırlar. Sıcaklık bir sistemin ortalama moleküler kinetik enerjisinin bir ölçüsüdür. Sıcaklık, tüm fiziksel bileşenleri etkileyen bir parametredir; ölçülmesi ve sürekli izlenerek kontrol edilmesi gerekmektedir. Sıcaklık ölçümü için çeşitli cihazlar kullanılmaktadır.

Direnç Termometreleri: Metallerin direncinin sıcaklık ile değişmesi ilkesine dayanır. Özellikle hassas ölçüm alınmak istenen düşük sıcaklıklarda tercih edilirler. Direnç termometresinde esas olarak sıcaklıkla elektriksel direncin değişiminden yararlanılır. Teller uzun miktarlarda bir ölçüm ucuna bobin şeklinde sarılırlar. Sarımlı direnç sıcaklığı ölçülmek istenen ortama daldırılır, üzerinden sabit akım geçirilir. Sıcaklığın değişmesi ile sarımlı direncin direnç değeri değişir ve üzerinden geçen sabit akımla değişen bir gerilim elde edilir. Sıcaklığın -200°C den +850 °C'ye kadar çeşitli proseslerde yaygın olarak kullanılırlar. Standartlarda en çok kullanılan Pt-100 ve Ni-100 gibi rezistans termometrelerin 0°C'deki direnç değeri standart 100 Ohm'dur.

Bi-Metal Termometre: Farklı iki metalin bir şerit halinde birleştirilmesi ile bi-metal termometreler üretilmiştir. Aynı sıcaklıkta iki metal farklı genleşir ve metalde kıvrılma oluşur.

Termocouple (ısıl Çift): İki farklı metal alaşımının uçlarının kaynaklanması (birleştirilmesi) ile oluşturulan basit bir sıcaklık ölçü elemanıdır. Kaynak noktası sıcak nokta, açık kalan iki uç ise soğuk nokta (referans nokta) olarak adlandırılır. Bu iki nokta arasındaki sıcaklık farkına orantılı olarak oluşan ve termoelektrik voltaj yada Seebeck voltajı da denen mV seviyelerindeki bir gerilimin varlığı ısı çiftlerinin sıcaklık ölçümünde geniş bir şekilde kullanılmasını sağlamıştır. Bu gerilim günümüzde kullanılan metal alaşımların türlerine göre 1 °C başına 1 ile 70 µV düzeylerinde olmaktadır. Isıl çiftler, belli bir noktadaki sıcaklığı değil, iki nokta arasındaki sıcaklık farkını ölçerler.

Termocouple olayı sıcak nokta ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkından doğar. Bu sıcaklık farkıyla orantılı, soğuk nokta uçlarında mV mertebesinde gerilim üretilir. Termocouple sıcak noktası ve soğuk noktası arasındaki sıcaklık dağılımı nasıl olursa olsun üretilen gerilim, sıcak ile soğuk nokta arasındaki sıcaklık farkıyla orantılıdır. Dolayısıyla soğuk noktanın sıcaklığı önemlidir. Sıcak nokta aynı kalmak kaydı ile soğuk nokta sıcaklığı değiştiği takdirde farklı sıcaklıklar okunacaktır. Bu sebeple termocouple mV tablolarındaki değerlerde standardizasyon sağlamak için ölçülen sıcaklık karşılığı mV değerleri soğuk noktanın 0°C'de tutulması ile elde edilmiştir. Soğuk nokta yani referans ucun 0°C de tutulması ile üretilen gerilim ile sıcaklık arasında $\log E = A \log t + B$ eşitliği ile verilen bağıntı vardır. Burada, E, Emk (mikrovolt); t; sıcaklık (°C), A ve B ise ısıl çift malzemesi ile ilgili katsayılarıdır.

Soğuk nokta sıcaklığı 0°C'den farklı ise teorik olarak ispatlanabilen $\log E = A(t_1 - t_2) + B(t_{12} - t_{22})$ bağıntısı geçerlidir. Burada t_1 = Sıcak uç sıcaklığı (°C); t_2 =Soğuk (Referans) uç sıcaklığı (°C)'dır. Sabit değerler iki farklı bilinen sıcaklık aralıkları için üretilen gerilim değerlerinin ölçülmesi ile elde edilecek iki bilinmeyenli iki denklemin çözümü ile bulunabilir. Mesela A ve B değerleri bakır-constantan çifti için A=1.14, B=1.36'dır. Yukarıda açıklandığı gibi ölçü ucunu sıcaklığı ölçülecek ortama koyarak ve

referans ucunu bilinen bir sabit sıcaklıkta tutarak ölçülebilecek bir gerilim üretilebilir. Buradaki problem referans ucu sıcaklığını sabit tutmaktır. Laboratuvar ölçmelerinde ergimekte olan buz kullanılır. Endüstride ise T_2 sıcaklığı bir kere seçilir ve bu sıcaklıktaki değişmeler termo-eleman devresine elektriksel ilaveler yapılarak giderilir.

Başlıca iki tür termoelektrik olayı vardır:

Peltier Olayı: Bu olay iki değişik metalin dokunumu sırasında bir akımın geçtiği durumda ısı alışverişini içerir. Eğer olayda akımın yönü değiştirilirse ısı etkisinin işareti de değişir. Isı alışverişinin hızı geçen akımla orantılıdır ve orantı sabiti sıcaklığa ve ısı çifti oluşturan metallere bağlıdır.

Thomson Olayı: Bu olay sıcaklık gradienti olan homojen bir metalden akım geçtiğinde ısı alışverişini içerir. Olay tersinirdir. Akımın yönü değiştirildiğinde ısı etkisinin işareti de değişir. Thomson ısısının oluşumu akımla ve sıcaklık gradienti ile orantılıdır ve orantı katsayısı sıcaklığa ve ısı çifti oluşturan metallere bağlıdır.

Isıl çift, Peltier olayı prensibiyle çalışan tersinir bir ısı makinasıdır. Isıl çiftin dokunum noktalarındaki ısı alışverişi nedeniyle dokunum noktaları arasında sıcaklık farkı oluşur ve bu da termal e.m.k yaratır. Isıl çiftin bir ucu referans olarak sıcaklığı bilinen ve sabit kalan bir ortamda tutulurken diğer uç sıcaklığı ölçülerek ortama yerleştirilir ve oluşan emk ile ortam sıcaklığı milivoltmetre yardımıyla hesaplanır. Bir ısı çifti yüksek emk oluşturacak ve emk artan sıcaklıkla artacak şekilde tasarlanmalıdır. Isıl çift uçları çeşitli amaçlar için paralel ve seri bağlanabilirler.

Çeşitli sıcaklık aralıklarında en çok kullanılan termo-eleman teli çeşitleri olan J tipi (Demir-Constantan), K tipi (Chromel-Alumel) ve T tipi (Bakar-Constantan) termo-eleman teli çeşitleri mevcut olup Şekil 1'de gösterilen sıcaklık ölçüm düzeneği üzerinde bulunan farklı sıcaklık ölçüm noktalarında daldırılmak suretiyle kullanılabilir, Termo-eleman tellerinin kabloları farklı renklerde kodlanmıştır.

J tipi: Sarı ve Mavi K tipi: Kahverengi ve Mavi T tipi: Beyaz ve Mavi

Dolgulu termometreler: En bilinen sıcaklık ölçüm cihazı termometrelerdir. Termometreler maddenin sıcaklıkla değişen özelliklerinden yararlanılarak yapılmaktadırlar. Volumetrik (alkol veya civa dolgulu) ve Basınç ilkelisi (buhar veya gaz dolgulu) olmak üzere iki gruba ayrılır. Mevcut olan civalı cam termometreler farklı sıcaklık ve ölçüm noktalarına 100 mm daldırılacak şekilde tasarlanmıştır. Bir cam içindeki sıvı veya bir metal içindeki sıvı termometreye skala üç kademede yapılır.

- i. Termometrenin sıcaklığa duyarlı kısmı saf buz-su karışımına karıştırılarak daldırılır, termal dengeye geldiği zaman işaret edilen nokta işaretlenir.
- ii. Standart atmosferde termometre bir buhar banyosuna daldırılır. İşaret edilen nokta tekrar işaretlenir (101.3kPa; 760mm-Hg).
- iii. İşaretlenen noktalar arasındaki uzaklık kullanılacak sıcaklık skalasına göre eşit kısımlara bölünür.

3. DENEY DÜZENEGİ



Şekil 1. a) Termometre çeşitleri, b) Isıl çift seti, c) Isıl çift uç çeşitleri

4. DENEY ÖNCESİNDE YAPILACAK ÇALIŞMALAR

- i. Sıcaklık skalaları hakkında kısaca bilgi toplayınız.
- ii. Termometrelerin çalışma esaslarını öğreniniz.
- iii. Termometrelerin zaman katsayıları hakkında bilgi toplayınız.

5. DENEYİN YAPILIŞI

Su banyosunun sıcaklığı yaklaşık 25°C 'ye ayarlanır. Alkollü ve civalı termometreler, metalik genleşme termometresi, elektrik direnç termometresi ve ısıl çift sırasıyla kullanılarak sıcaklık saptanır. Denge sıcaklığına ulaşmak için beklenir. Aynı işlem 35, 45, 55, 65°C sıcaklıklarında tekrarlanır.

6. VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Referans olarak alacağınız bir sıcaklık ölçüm cihazında kaydettiğiniz sıcaklıkları esas alarak diğer termometrelerin her sıcaklıktaki hatalarını bularak tartışınız. Hataları referans aldığınız sıcaklıklara karşı grafiğe geçirerek hatanın sıcaklıkla nasıl değiştiğini tartışınız.

Kaynaklar

Robert H Perry, Don W Green, Perry's Chemical Engineers Handbook, 6.Baskı, Mc Graw-Hill International Editions, Chemical Engineering Series, 1984.

BASINÇ ÖLÇÜMÜ

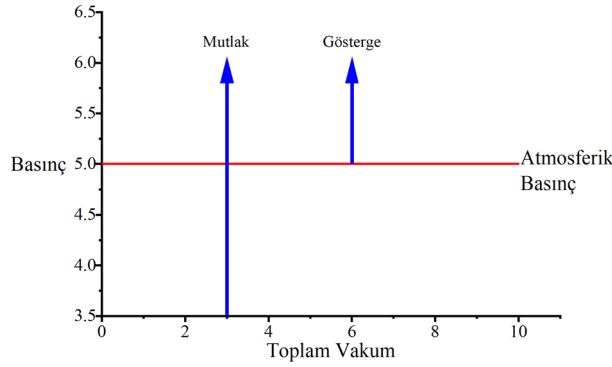
1. AMAÇ

Basınç kavramının irdelenmesi, basınç ölçümünde kullanılan bazı cihazların çalışma prensipleri ve kullanımı hakkında bilgi sahibi olunması.

2. GENEL BİLGİLER

Basınç, birim alana dikey yönde etki eden kuvvet olarak tanımlanır. Sıklıkla kullanılan basınç birimleri paskal (Pa), bar (bar), atmosfer (atm.), tor (mmHg), pound kuvvet/inch²(psi) gibi birçok birimi bulunmaktadır.

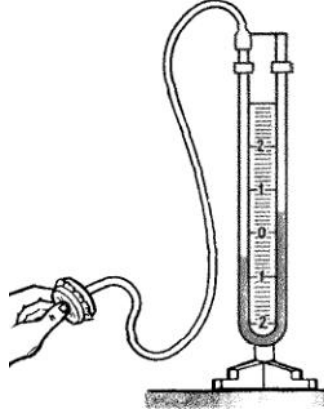
Mutlak basınç, manometreden (atmosfer basıncında sıfır değerine kalibre edilen manometre) ölçülen basınç değeri üzerine atmosfer basıncının eklenmesi ile bulunan basınçtır. Gösterge basıncı ise mutlak basınçtan atmosferik basınç çıkarılarak hesaplanır. Atmosferik basıncın mutlak basınçtan büyük olduğu hallerde, lokal atmosfer basıncı ile mutlak basınç arasındaki fark ise vakum basıncı olarak tanımlanır. Yukarıda tanımlanan bu üç basınç terimi, Şekil 1’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Basınç terimleri arasındaki ilişki

Basınç ölçümlerinde kullanılan çeşitli ölçme aletleri bulunmaktadır. Bunlardan bazılarını örnekler aşağıda sıralanmıştır.

- U tüplü manometre
- Hazneli manometre
- Eğik manometre
- Ölü ağırlık test cihazı



Şekil 2. U tipi manometre

Bir akışkan ortamın iki farklı noktasındaki basınç farkını ($P_a - P_b$) ölçmek için, yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi U şeklinde camdan bir tüp (manometre) kullanılabilir. Yoğunluğu, basıncı ölçülecek akışkandan daha büyük olan bir sıvı, manometre sıvısı olarak kullanılır. Manometrenin iki ucu, basınçları ölçülecek "a" ve "b" noktalarına bağlandığında, yüksek basınç tarafındaki manometre kolundaki sıvı seviyesi daha aşağıda olacaktır. Sol ve sağ kollarındaki basınç değişimleri aşağıdaki gibi yazılabilir;

Sağ Kol	Sol Kol
$P_2 - P_a = \rho \frac{g}{g_c} (L + h)$	$P_4 - P_b = \rho \frac{g}{g_c} L$
$P_o - P_2 = \rho_m \frac{g}{g_c} H$	$P_o - P_4 = \rho_m \frac{g}{g_c} (h + H)$
+	+
$P_o - P_a = \frac{g}{g_c} [\rho(L + h) + \rho_m H]$	$P_o - P_b = \frac{g}{g_c} [\rho L + \rho_m (h + H)]$

"0" noktası ortak olduğundan ister sol koldan gelinsin ister sağ koldan gelinsin P_o aynı olacağından, bu iki ifadeden aşağıdaki denklem elde edilir.

$$P_a - P_b = P_o - \frac{g}{g_c} [\rho(L + h) + \rho_m H] - P_o + \frac{g}{g_c} [\rho L + \rho_m (h + H)]$$

3. DENEYİN YAPILIŞI

- Farklı çap ve uzunluklardaki üç ayrı ü manometreye farklı yoğunluk ve viskoziteye sahip sıvılar (su, gliserin ve motor yağı) konularak su trompu ya da vakum pompası yardımı ile basınç uygulanır. Manometre seviyesindeki değişim bir cetvel yardımıyla ölçülerek not edilir.
- 2 farklı çap ve uzunluktaki eğik manometrelerde meydana gelen basınç farkını gözlemlemek amacıyla farklı viskozite ve yoğunluğa sahip farklı sıvılar kullanılarak su trompu yardımıyla basınç farkı yaratılır. Eğik manometrelerin kolları arasındaki seviye farkı bir cetvel yardımıyla ölçülerek not edilir.

4. HESAPLAMALAR VE VERİLERİN DEĞERLENDİRİLMESİ

- U Manometreler İçin;

U tüp manometreden okunan seviye farkı kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla basınç farkı hesaplanacaktır.

$$P_{gösterge} = h g (\rho_{sıvı} - \rho_{hava}) \quad (\rho_{hava}: \text{ihmal edilecektir.})$$
$$P_{gösterge} = \Delta P = \Delta h g \rho_{sıvı}$$

Aşağıdaki formül kullanılarak Pa cinsinden mutlak basınç hesaplanacaktır.

$$P_{mutlak} = P_{atm} - P_{gösterge}$$

Pa olarak hesaplanan basınç değeri, atm , bar, psi, mmH₂O ve mmHg birimlerine dönüştürülecektir.

Yukarıda verilen hesaplamalar kullanılan farklı çap ve uzunluktaki manometreler ile farklı yoğunluktaki sıvılar için tekrarlanacaktır.

- Eğik Manometreler İçin;

Eğik manometreden okunan seviye farkı kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla basınç farkı hesaplanacaktır.

$$P_{gösterge} = h g (\rho_{sıvı} - \rho_{hava}) \quad (\rho_{hava}: \text{ihmal edilecektir.})$$
$$P_{gösterge} = \Delta P = \frac{g}{g_c} (\rho_{sıvı} - \rho) l \sin \alpha$$

Tablo 1. Ölçüm Sonuçları

Manometre Sıvısı	(Δh)	(Δh)	(Δh)	(Δh)
Gliserin ($\rho=1033 \text{ kg/m}^3$)				
Su ($\rho=997 \text{ kg/m}^3$)				
Yağ ($\rho=885 \text{ kg/m}^3$)				