

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİNDE
TEMEL İŞLEMLER VE PROSESLER - I
LABORATUARI DENEY FÖYÜ

PROF. DR. YÜKSEL ARDALI

GRUP-I

ARŞ. GÖR. BİLGE AYDIN ER
ARŞ. GÖR. HANDAN ATALAY

GRUP-II

ARŞ. GÖR. SEVDE ÜSTÜN ODABAŞI
ARŞ. GÖR. SEVDA ESMA AKKAYA

SAMSUN-2018

İÇİNDEKİLER

Laboratuar Deney Çalışmalarında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	3
Deney Raporu Yazım Kılavuzu	6
Deney Notunun Hesaplanması Kategori Puanları	8
Temel İşlemlerde Kullanılan Kirlilik Parametreleri	9
Flotasyon	11
Koagülasyon (Jar Testi)	13
Kimyasal Çöktürme	18
Adsorpsiyon	20
Dolgulu Kolon ile Amonyak Tayini	24
Nötralizasyon	27
Taneli Çökelme	29
Sedimentasyon	32
Birim Dönüştürme Tabloları	35

1. LABORATUAR DENEY ÇALIŞMALARINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR

Laboratuar çalışmalarının güvenilirliği, kullanılan deney yöntemlerinin hassasiyeti kadar çalışanların dikkat ve özenlerine de bağlıdır. Bu yüzden çalışmalar esnasında aşağıdaki kurallara uyulması çalışanların kendisi ve çevresindeki arkadaşları için olduğu kadar yapılan deneyin güvenilirliği bakımından da son derece önemlidir. Bu nedenle laboratuar deneyleri esnasında aşağıdaki kurallara uyulmasına azami derecede dikkat edilmesi gerekmektedir.

1.1. KİŞİSEL TEDBİRLER

a) Her türlü laboratuar çalışması esnasında mutlaka beyaz ve temiz bir önlük giyilecektir. Böylece çalışma esnasında olabilecek sıçrama ve bulaşmalardan elbiselerin zarar görmesi önlenmiş olacaktır. **Laboratuar önlüğü olmayanlar laboratuar çalışmalarına kesinlikle alınmayacaklardır.**

b) Laboratuar çalışmaları sırasında ve laboratuara giriş çıkış esnasında koridorlarda son derece sessiz olunacak, etrafı rahatsız edecek gürültü ve aşırı hareketlerden kesinlikle kaçınılacaktır.

c) Palto, pardösü, ceket, şapka gibi giyim eşyaları ile çanta ve kitaplar laboratuar çalışması yapılan masaların üzerine bırakılmayacak, bunlar için ayrılan yerlere konacaktır.

d) Laboratuarda yiyecek yenmeyeceği gibi sigara içmek, sakız çiğnemek kesinlikle yasaktır. Lüzumsuz hareket ve davranışlardan kaçınılmalıdır.

e) Laboratuara gelmeden önce o gün yapılacak deney okunmalı ve deneye hazırlıklı gelinmelidir. Föylerden anlaşılmayan noktalar deneye başlanmadan önce deney sorumlularına sorulabilir.

1.2. ÇALIŞMA ESNASINDA;

a) Çalışma esnasında temizlik ve düzene azami derecede dikkat edilecektir. Kullanılan malzemenin üzerine etiket yapıştırılarak ne oldukları, hangi gruba ait oldukları ve deney günü yazılacaktır.

b) Deneyde kullanılacak cam v.s. malzemeler deneyden önce masalarda hazır bulundurulacaktır. İlave olarak gerekecek alet ve malzemeler ilgili görevlilerden istenecek,

masa ve dolaplar karıştırılmayacaktır. Yerlerinden alınan malzeme ve reaktif şişeleri kullanıldıktan sonra teslim edilecektir.

c) Seyreltme yaparken özellikle **asitler su üzerine ilave edilirler**, kesinlikle **asit üzerine su ilave edilmez**. Aksi takdirde ani sıçrama ve patlamalara yol açabilir.

d) Çalışma esnasında masa üzerine asit dökülmesi halinde kâğıt havlu ile asit emdirilir. Takiben karbonat dökülür ve yıkanır. Eğer asit seyreltik ise sadece su ile yıkanıp kurulanır. Bazların dökülmesi halinde seyreltik asetik asitle nötrleştirilir.

e) Herhangi bir kimyasal madde koklanacaksa elle yelpazelenerek koklanmalıdır. Buruna direkt yaklaştırılarak koklanmamalıdır.

f) Yüze veya gözlere herhangi bir kimyasal madde sıçrayacak olursa hemen bol suyla yıkanmalıdır. Hatta mümkünse bütün yüz musluğun altına sokularak uzun süre yıkanmalı ve bu arada hemen deney sorumlularına haber verilmelidir.

g) Deneyde kullanılan cam eşyalar masaların uç kısımlarına konulmamalıdır.

h) Kuvvetli asit ve bazlar pipetle çekilirken ağızla emilmez. Aksi halde ağza kaçan bu gibi maddeler büyük zararlar verebilirler. Buna benzer bir durumda ağız su ile çalkalanarak uzun süre yıkanmalı ve deney sorumlularına haber verilerek ağza kaçan asit ise zayıf bir bazla, baz ise zayıf bir asitle ağzın çalkalanması sağlanmalıdır.

i) Deneysel çalışma sırasında laboratuvar içinde gezinmek, aletleri kurcalamak yasaktır. Deney sorumlularından izin alınmaksızın deney yapılan kısmın dışına çıkılmamalıdır.

1.3. CİHAZLARLA ÇALIŞIRKEN;

a) Çalışma şekli bilinmeyen hiçbir elektrikli cihaz kullanılmamalıdır.

b) Çalışmakta olan bir cihazın kontrol ve ayar düğmeleri ile kesinlikle oynanmamalıdır.

c) Gaz tüplerine çok dikkat edilmeli ve deney sorumlularından habersiz dokunulmamalıdır.

1.4. ÇALIŞMA SONLANDIĞINDA;

a) Deneysel çalışma bittiğinde deneyde kullanılan bütün malzemeler önce deterjanla yıkanmalı, sonra birkaç kez su ile çalkalanmalıdır. Daha sonra distile su ile durulanmalı ve eski yerlerine konulmalıdır.

b) Çalışma yapılan masalar, ait olduğu grup tarafından temiz bir bezle silinerek bir sonraki çalışmaya hazır halde bırakılmalıdır.

c) Deney sonunda eller sabunla iyice yıkanmalıdır.

d) Deney bittikten sonra laboratuarda kesinlikle önlük bırakılmamalıdır.

e) Yapılan deney, föydeki bilgilere ilaveten laboratuarda anlatılanlarla birlikte deney rapor yazım planına uygun olarak yazılacak ve ilgili deney sorumlularına teslim edilecektir.

f) Söz konusu raporlar kontrol edilecek ve laboratuvar dersi notlarında etkili olacaktır.

2. DENEY RAPORU YAZIM KILAVUZU

Deney raporları, öğrencinin yapmış olduğu deneyi anlayıp anlamadığını ölçmede olduğu kadar deney hakkında bilinmesi gereken temel kavram ve bilgileri de içerdiğinden önemli bir temel kaynak olacak nitelikteki belgelerdir. Bu nedenle, yazılan raporların düzenli olması kadar içeriğinin dolgun ve tatmin edici doğru bilgilerle de dolu olması sonraları açıp okuduklarında faydalı bir kaynak olabilmeleri açısından son derece önemlidir. Bundan dolayıdır ki deney raporları hafife alınmamalı, yazılırken gereken hassasiyetin, titizliğin ve önemin verilmesi gereklidir.

Deney raporu yazılırken, rapordaki bilgilerin tam ve eksiksiz olmasına; eksik veya yanlış ya da fazla veya tekrar bilgilerin yer almamasına; Türkçe imlâ kurallarına uyulmasına ve kurulan cümlelerde geniş zaman edilgen yüklemelerin kullanılmasına azamî derecede dikkat edilmelidir. Aşağıda bir deney raporu için örnek olarak genel bir şablon verilmiştir.

DENEY RAPORU

DERSİN ADI :

GRUP NO :

DENEY NO :

DENEY ADI :

DENEY TARİHİ :

ÖĞRENCİ NO :

ÖĞRENCİ ADI :

2.1. DENEYİN AMACI

Bu başlık altına kısa, sade ve net bir biçimde deneyin amacı yazılır.

2.2. DENEYİN ANLAM VE ÖNEMİ

Bu bölümde deneyin anlam ve önemi üzerinde durulur, Çevre Mühendisliğindeki kullanım amaçlarından, faydalarından ve diğer gerekli temel bilgilerden bahsedilir. Bu bölüme yazılanlar konunun temelini teşkil etmeli, fazla, gereksiz ve tekrar bilgilerden kaçınılmalı, sade ve net bir şekilde yazılmalıdır. Bu bölüme deney hakkında bilinmesi gereken temel bilgiler de yazılabilir.

3. DENEY DÜZENEĞİ

3.1. Kullanılan araç ve gereçler:

Deneyde kullanılan aletlerin isimleri yazılır.

3.2. Kullanılan kimyasallar:

Deneyde kullanılan kimyasal maddeler kimyasal formülleri ile birlikte verilir.

4. DENEYİN YAPILIŞI

Bu bölümde deneyin yapılışı anlatılır. Yapılan her bir deneyin bir standart yapılıő şekli ile genel bir anlatım ve yazım şekli vardır. Bunlar deney esnasında deney sorumluları tarafından öğrenciye anlatılmaktadır. Gerekirse literatürden araştırma yapılabilir. Deney esnasında anlatılan genel deney yapılıő şekli bu bölüme aynen yazılır. Genel yapılıő şekli anlatıldıktan sonra yapılmıő olan deneye ait yapılıő bilgileri verilir.

Örnek:

“Ön çöktürme havuzundan yeterli miktarda atık su numunesi alınarak behere konur. Ardından pH ölçümü yapılır ve istenilen sayıda eşit hacimlere bölünerek deney için hazırlanır.” ifadesi ile deneyin genel yapılışı anlatıldıktan sonra “ Alınan numunenin pH’sı 6,3 olarak ölçülmüő ve numune 500’er ml’lik 6 adet behere eşit olarak bölünmüőtür.” ifadesi yazılarak yapılan deneyin sayısal ve özel bilgileri verilir.

5. HESAPLAMALAR

Bu bölüme gerekirse deney esnasında yapılan, yapılmasına ihtiyaç duyulan hesaplamalar ve grafikler verilerek açıklamalarda bulunulur.

6. DEĞERLENDİRME VE YORUM

Bu bölüm öğrencinin yapılmıő olduğu deneyi anlama ve özümsemesini ölçtüğü için oldukça önemlidir. Deney sonucunda elde edilen verilerin değerlendirilmesi de bu bölümde yapılır. Öğrenci yapılan deneyi ve çıkan sonuçları kendi gözüyle değerlendirir. Sebep-sonuç açıklamasında bulunur. Deney yapılırken kafalarda oluşan soruların cevapları aranır ve yazılır.

6.1. DENEY NOTUNUN HESAPLANMASI KATEGORİ PUANI

- Deneyden önce quiz yapılarak öğrencinin hazırlıklı olup olmadığı belirlenecektir. Quiz her deneyden önce 5 dakikalık süre içerisinde yapılacaktır. Quiz soruları hazırlanan bir öğrencinin rahatlıkla yapabileceği düzeyde olacaktır.
- Quize yetişemeyen öğrenci deneye alınacak, ancak quiz notu 0 (sıfır) olacaktır.
- Deneylere önlüksüz gelen öğrenci derse alınmayacaktır.
- Deneyler öğrenciler tarafından yapılacaktır.
- Deney raporları deney sorumlularına en geç 7 gün içerisinde teslim edilecektir aksi durumda geç teslim edilen raporlardan her geç getirilen gün için belirli oranlarda puan kırılacaktır. Değerlendirilen raporlar öğrencilere geri verilecektir.

Sonuç olarak, gerçekleştirilen quiz sınavları sonucunda alınan puanlar, deney sırasındaki öğrenci performans notu ve deney raporları notu değerlendirilmesi yapılacaktır.

TEMEL İŞLEMLERDE KULLANILAN KİRLİLİK PARAMETRELERİ

Sıcaklık: Isısal dengenin bir ölçüsüdür.

pH: Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimidir. Hidrojen konsantrasyonunun eksi logaritması olarak da tanımlanabilir.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

Çözünmüş Oksijen (ÇO): Su veya atıksu içinde çözünmüş halde bulunan oksijen miktarıdır.

Bulanıklık: Su içinde askıda bulunan kil, silis, organik maddeler, mikroskobik organizmalar gibi maddelerin suyun içinden geçen ışığı engellemesi sonucu oluşan bir parametredir.

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ): Organik maddenin ölçüsü olarak, biyokimyasal oksidasyon (karbonlu maddelerin oksitlenmesi) sırasında harcanan oksijen miktarı olarak tanımlanır. Biyokimyasal oksidasyon, su içinde bir yanma olayı olup, bu yanma esnasında suda çözünmüş (erimiş) oksijen kullanılır. Ne kadar fazla oksijen sarf edilirse, sudaki organik madde miktarı da o kadar fazla demektir.

BOİ₅: Organik madde ihtiva eden sularda suların oksijen ihtiyacı BOİ₅, karbonlu maddelerin, tamamen CO₂'ye dönüşmesine kadar artar. Teorik olarak sonsuz, pratik olarak yaklaşık olarak 10 gün kadar bir müddet sonunda, bütün karbonlu maddeler ayrışır. Bu esnada sarf edilen oksijene, birinci kademe nihai biyokimyasal oksijen ihtiyacı denir ve BOİ_u ile gösterilir. Evsel atıksular için BOİ₅ ile BOİ_u arasında BOİ₅/BOİ_u ≈ 0,68 bağıntısı vardır.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ): Kimyasal olarak oksitlenebilen organik maddelerin oksijen ihtiyacı KOİ ile ifade edilir. KOİ asit ortamda kuvvetli bir kimyasal oksitleyici (potasyum dikromat gibi) vasıtasıyla ölçülür. Kimyasal olarak oksitlenebilecek bileşikler, biyolojik olarak oksitlenebileceklerden daha fazla olduğundan, kimyasal oksijen ihtiyacı, biyolojik oksijen ihtiyacından daha büyüktür. Tasfiye edilmemiş atıksular için BOİ₅/KOİ = 0,4-0,8 (ortalama 0,65) alınabilir.

Toplam Organik Karbon (TOK): Özellikle çok küçük organik madde konsantrasyonları için uygun bir parametredir. Bu parametre, bilinen konsantrasyonlarda bir numuneyi yüksek sıcaklıkta bir fırına enjekte ederek saptanmaktadır. $BOI_5/TOK= 1-1,6$ alınabilir.

Toplam Oksijen İhtiyacı (TOİ): TOİ deneyi, numuneyi platinle katalizlenen bir yanma odasında kararlı son ürünlere çevirmeyi ve bu esnada sarf edilen oksijen miktarını bulmayı hedef alır.

Teorik Oksijen İhtiyacı (TeOI): Verilen bir organik bileşiği molekül oksijenle tamamen yükseltgeyebilmek (okside edebilmek) için stokiyometrik denkleme göre gerekli olan oksijen miktarı olarak tanımlanır.

Askıda Katı Madde (AKM): Ölçüm prensibine göre su numunelerinin standart cam elyafı filtreden süzülmesi ve filtrenin kurutulması sonucu elde edilen kalıntılar askıda katı maddeler olarak adlandırılır.

Uçucu Askıda Katı Maddeler (UAKM): Askıda katı maddelerin organik fraksiyonu uçucu organik katı maddeler olarak tanımlanmaktadır.

Toplam Kjeldahl Azotu (TKN): Analiz yolu ile organik azot ile amonyak azotu birlikte ölçülebilmekte ve Toplam Kjeldahl Azotu (TKN-N) şeklinde ifade edilmektedir.

Amonyak Azotu (NH₃-N): Büyük oranda organik azot içeren bileşiklerin deaminasyonu ve ürenin hidrolizi sonucunda meydana gelen azottur.

Nitrit azotu (NO₂-N): Amonyak azotunun oksidasyonu ile oluşan azottur.

Nitrat Azotu (NO₃-N): Nitrit azotunun oksidasyonu ile oluşan azottur.

Fekal Koliform ve Toplam Koliform: Su ve atıksuda fekal bir kirliliğin göstergesi olan mikroorganizma grubunu ifade etmektedir.

DENEY-1: FLOTASYON

Deneyin Amacı

Su ve atıksularda emülsiyon halinde bulunan maddelerin flotasyon işlemi kullanılarak giderilmesi.

Genel Bilgiler

Katı-sıvı veya sıvı-sıvı ilkesine dayanan flotasyon prosesinde atıksuda bulunan hafif batmayan ince veya kaba askıda katı maddeler, askıda organik veya inorganik bileşikler ve yağ cinsi maddeler mikroskobik gaz kabarcıkları aracılığıyla yüzeye kadar getirilip tabaka halinde bırakılmaktadır. Daha sonra sıyırıcılar aracılığıyla yüzen tabaka alttaki su tabakasından ayrılır. Parçacıkların su yüzeyine çıkabilmesi için özgül ağırlıklarının sudan daha az olması gerekmektedir.

Flotasyon işleminde temel olay sıvı ortam içinde askıda veya emülsiyon halinde bulunan maddelerin bir hava baloncuğuna bağlanarak yukarıya doğru taşınıp köpükte tutulmasıdır.

Hava kabarcıklarının elde edilmesine göre flotasyonun 3 şekli vardır:

1. Hava flotasyonu
2. Vakum flotasyonu
3. Çözünmüş hava flotasyonu

Hava flotasyonu atmosferik basınç altında suyun havalandırılması yoluyla gerçekleşir. Vakum flotasyonunda arıtılacak su önce atmosferik basınç altında havalandırma suretiyle havaya doymuş hale getirilir. Daha sonra kısmi vakum uygulanarak hava ile doymuş suda hava kabarcıklarının açığa çıkmasıyla flotasyonun gerçekleşmesi sağlanır. Çözünmüş hava flotasyonu sistemlerinde ise hava atıksuda uygulanan birkaç atmosfer basınç altında çözünür ve atıksu hava ile doyurulur. Daha sonra sudan basınç kaldırılarak su atmosfer basıncına getirilir. Bu esnada açığa çıkan hava kabarcıkları ile flotasyon işlemi gerçekleştirilir.

Flotasyonun çevre mühendisliğindeki uygulama alanları:

- a- Yoğunluğu sudan az olan yağ, gres gibi yüzücü maddelerin ayrılması için kullanılır.
- b- Yoğunluğu sudan biraz fazla olan katı maddelerin ayrılması için çöktürme işleminin bir alternatifi olarak kullanılır.

c- Aktif çamur sistemlerinde oluşan arıtma çamurlarının yoğunlaştırılmasında kullanılır.

Deneyin Yapılışı

Numunenizin başlangıç AKM derişimini ölçünüz. Belirli debide flotasyon tankına gönderiniz. Hidrolik kalma süresinin sonunda çıkış suyu AKM derişimini ölçünüz ve AKM giderme verimi hesabı yapınız. Bu işlemleri hidrolik bekleme süresi, havalandırma miktarını ve çeşidini değiştirerek tekrarlayınız ve sistem için uygun parametreleri bulunuz.

Hidrolik bekleme süresi=Reaktör hacmi/Debi

DENEY-2: KOAGÜLASYON (JAR TESTİ)

1. Deneyin Amacı

Tabii yüzeysel sulardaki süspansiyon madde veya rengin giderilmesi için kullanılan pıhtılaştırıcı maddelerden olan alüminyum sülfat (alüm) ve demir (III) sülfatın en uygun miktarlarının/en uygun Ph'ını/en uygun karıştırma süre ve şiddetini kavanoz deneyi (Jar test) ile belirlenmektedir.

2. Deneyin Anlam Ve Önemi

Koagülasyon (pıhtılaştırma) ve flokülasyon (yumaklaştırma) birbirine bağlı, ısı, bulanıklık, renk, Ph, alkalilik, karıştırma şiddeti ve süresi ve kullanılan kimyasal reaktifin karakteristikleri gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu nedenle optimum pıhtılaştırma dozu suyun analizlerinden tayin edilemez, ancak fiili dozaj deneyleri ile bulunabilir. Bu deneylere pıhtılaştırma-yumaklaştırma deneyi veya jar testi (kavanoz deneyi) denir.

Pıhtılaştırıcı Olarak Kullanılabilecek Maddeler:

- Alüminyum Sülfat [$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$]
- Demir (III) Klorür [$FeCl_3$]
- Demir Sülfat [$FeSO_4$]
- Demir (III) Sülfat [$Fe_2(SO_4)_3$]
- Sodyum Alüminat [$Na_2Al_2O_4$]
- Amonyaklı Alüminyum Sülfat [$(NH_4)_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$]

Pıhtılaştırıcı Yardımcıları: Kendileri pıhtılaştırıcı madde olmadıkları halde, pıhtılaştırıcı madde ile birlikte kullanıldıklarında pıhtılaştırmayı kolaylaştırırlar.

- Kil
- Kalsit
- Polielektrolit
- Aktif Silika
- Asitler ve Alkaliler
- Soda
- Sönmemiş Kireç
- Sönmüş Kireç

3. Deney Düzenegi

3.1. Kullanilan Araç ve Gereçler

- ❖ Jar testi düzenegi
- ❖ 1 litrelik karıştırıcı pedal sayısınca cam beher
- ❖ 50 ve 100 ml'lik tek dereceli pipet
- ❖ 5 ve 10 ml'lik pipet
- ❖ Yumaklaştırıcı çözeltisini hazırlamak için 2 adet 1 litrelik balon joje
- ❖ Puar
- ❖ Hassas terazi
- ❖ Ph metre (Ph deneyi için)
- ❖ Spektrofotometre (Bulanıklık deneyi için)
- ❖ Alkalinite deney malzemeleri
- ❖ Colormetre (renk deneyi için)
- ❖ Termometre
- ❖ Kronometre



Ek bilgi:

Bulanıklık Tayini

Genel bilgi

Bulanıklığa sulardaki kil, silt, ince bölünmüş organik ve inorganik maddeler, çözünür renkli organik bileşikler, plankton ve diğer b sorbe bik organizmalar neden olur. Bulanıklık ölçümünün temel prensibi, numuneye gelen ışığın bulanıklık tarafından b sorbe edilmesine ve dağılmasına dayanır.

Bulanıklığın içme suyu arıtımında özel bir önemi vardır:

a-Estetik bakımdan: Herkes içeceği suyun berrak görünüşlü olmasını istemektedir. Zira bulanıklığı meydana getiren askı halindeki maddeler üzerinde, sağlığa zarar veren mikroplar bulunabilir.

b-Filtre edilme bakımından: Suyun bulanıklığı ne kadar fazla olursa filtre edilmesi o kadar güç olur. Fazla bulanık sularda çökeltme işi daha pahalıya mal olmaktadır.

c-Dezenfeksiyon: Bulanıklığı fazla olan sulardaki canlı organizmalar, askı halindeki bulanıklık maddeleri üzerinde bulduklarından klorun bunlara tesiri daha zordur ve daha fazla klor kullanılmasına sebep olur.

Ölçüm Yöntemleri

Formazin Yöntemi

Bu yöntemde formazin polimeri standart bulanıklık süspansiyonu olarak kullanılır. Deney için hazırlanan Formazin süspansiyonunun verdiği bulanıklık 400 NTU ile ifade edilir.

Girişim

Bulanıklılığın tayin edilecek su ve atıksu numunelerinde hızla çökelen kaba ve serbest partiküllerin bulunmaması istenir. Kullanılacak numune kabı içinde hava kabarcığının ve cam yüzeyinde lekelerin olması hatalı okumalara neden olur.

Suda “gerçek rengin” bulunması da bulanıklık ölçümünün düşük değer vermesine sebep olur. Suyun renkli olmasına neden olan çözünmüş maddeler ışığı bir miktar absorblar ve sonuçta ölçülen bulanıklık değerleri gerçek değerden daha düşük olur.

Ayrıca deneyde kullanılan numune tüplerinin içi ve dışı çok temiz olmalıdır. Üzerinde leke ve toz varsa yumuşak kağıt ile temizlenmelidir. Aletle okuma sırasında numune tüpleri içinde hava kabarcıkları olmamalıdır.

Çözeltiler

a. Bulanıklık içermeyen distile su veya demineralize su.

b. *Stok Bulanıklık Çözeltisi:*

- Çözelti 1 : 1 gr hidrazin sülfat $-(NH_2)_2.H_2SO_4-$ distile suda çözülür ve 100 ml'ye tamamlanır.

- Çözelti 2 : 10 gr hegzametilentetramin $-(CH_2)_6N_4-$ bir miktar distile suda çözülür ve 100 ml'ye seyreltilir.

100 ml'lik ölçülü kapta bu iki çözeltilerden 5'er ml alınıp karıştırılır. $25\pm 3^\circ C$ 'de 24 saat bekletilir ve daha sonra 100 ml'ye tamamlanır, karıştırılır. Bu çözeltilerin bulanıklığı 400 NTU (*Nefelometric Turbidity Unit: Nefelometrik Bulanıklık Birimi*)'dir. Bu çözeltiler bozulmadan bir ay kullanılabilir.

Deneyin Yapılışı

a) *Türbidimetre Kalibrasyonu* (MERCK SQ-118 ölçüm için hazırlanacak): 0 – 1000 NTU bulanıklık farkını ölçebilecek hassasiyette olan türbidimetre, numunenin bulanıklık durumuna göre 0-9.99 veya 0 – 99.9 veya 0 – 999 aralığı için sıfırlanır ve kalibrasyon çözeltisi yardımıyla kalibre edilir. Kalibrasyon çözeltisi için standart Formazin çözeltisi veya benzeri bulanıklık verici maddeler (örn. Kil) kullanılır.

b) *Bulanıklık Ölçümü:*

— Numuneyi iyice karıştırın. Hava kabarcıkları gidinceye kadar bekleyin.

— Türbidimetre tüpüne (25 ± 1 ml) numune koyun. Tüpü iyice kurulayın ve türbidimetre cihazındaki yerine yerleştirip üstünü ışık almaması için kapatın.

— Bulanıklık değerini doğrudan doğruya aletin dijital ekranından veya kalibrasyon eğrisinden okuyun.

c) *1000 NTU Bulanıklık Biriminden Yüksek Numunelerde:*

— Numune iyice karıştırın.

— Belirli bir hacim alın ve bulanıklık içermeyen su ile seyreltin (böylece bulanıklık 1000 NTU'den daha düşük değere düşürülür).

— Seyreltme faktörünü göz önüne alarak numunenin bulanıklığını hesaplayın.

Hesaplama

400. 1000 NTU'dan düşük değerlerde aletten direkt okuma yapılır.

b. 1000 NTU'dan büyük değerlerde:

$$A(B + C)$$

$$\text{Bulanıklık (NTU)} = \frac{\text{-----}}{C}$$

C

A: Seyreltik numunede okunan bulanıklık, NTU.

B: Seyreltme suyu hacmi, ml.

C: Numune Hacmi, ml.

Tablo. Bulanıklık Okumalarındaki Hata Payları (Hassasiyet)

Bulanıklık Aralığı (NTU)	Hata Payı (Hassasiyet) (NTU)
0 – 1	0.05
1 – 10	0.1
10 – 40	1
40 – 100	5
100 – 400	10
400 – 1000	50
> 1000	100

d) Deney prosedürü;

400 Ml atıksu beherlere alınır. Her birine farklı konsantrasyonlarda %5'lik alüm çözeltisinden 0, 5, 10, 15, 20 Ml eklenir ve 90-120 rpm arası 2 dakika hızlı karıştırma işlemi yapılır. Ardından herbirine 3 Ml polielektrolit eklenir ve 1 dakika daha hızlı karıştırma işlemi devam edilir. Ardından 30-40 rpm arası 10 dakika yavaş karıştırma işlemi gerçekleştirilir. 30 dakika çökelme işleminden sonra 420 nm'de absorbansı okunur.

Sonuç ve Hesaplamalar

- 1- Herbir konsantrasyon için verimi bulunuz ve yeterli olup olmadığını açıklayınız.
- 2- Optimum $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ konsantrasyonu belirleyiniz.
- 3- Bu değer için gerekli Al^{3+} miktarını hesaplayınız.

DENEY-3: KİMYASAL ÇÖKTÜRME

Deneyin Amacı

Fosfatın kimyasal madde ilavesiyle çöktürülerek sulardan gideriminin incelenmesi.

Genel Bilgiler

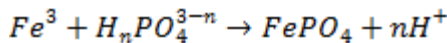
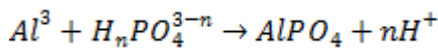
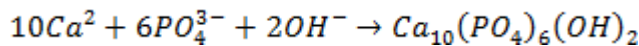
Fosfat tayini çevre mühendisliği uygulamalarında gittikçe önem kazanmaktadır. İçme ve kullanma sularında polifosfatlar korozyonu gidermek amacıyla suya eklenebilir. Aynı zamanda su yumuşatma işlemlerinde de fosfat eklenerek CaCO₃'ün ortamdaki çökmesiyle uzaklaştırılması kolaylaştırılır. Evsel atıksular da fosfor bileşiklerince zengindir.

Evsel atık sularındaki başlıca fosfor kaynağı insan atığı (%50-65) ve sentetik deterjanlar (%30-50) olup fosfor konsantrasyonu 10-30 mg/L arasında değişmektedir. Evlerden gelen atıksuların fosfor içeriğinin yaklaşık %60'ının deterjanlardan kaynaklandığı söylenmektedir. Deterjan katkı maddesinin %12-13'ü fosfor ve %50'den fazlası polifosfatlar olup, sentetik deterjan tüketiminin artışı ile birlikte yüzeysel sulara fosfor karışması önemli hale gelmiştir.

Sularda aşırı miktarda fosfor bulunması sonucunda alg büyümesi artmakta ve bunun sonucu denge bozulmaktadır. Sudaki orto, poli ve organik fosfor miktarının tayini oldukça önemlidir. Kompleks polifosfatların tayininde suya derişik sülfirik asit eklenerek yeterince kaynatmak sureti ile ortofosfata dönüştürmek ve ortofosfat tayinini standart yöntemle yapmak gerekir. Böylece bulunan toplam anorganik fosfordan asitle kaynatma sonucu bulunan ortofosfat fosforu çıkarılırsa aradaki fark hidrolize olmuş polifosfatları verir.

Atık sudaki fosfat giderimi için geliştirilmiş birçok yöntem mevcuttur. Bunlar; fiziksel yöntem, biyolojik yöntem, kimyasal yöntem, kimyasal ve biyolojik yöntem birlikte, stabilizasyon havuzları ve arazide arıtım yöntemi sayılabilir.

Çeşitli çok değerlikli metal iyonları kimyasal çöktürme yolu ile fosfat gideriminde kullanılmaktadır. Ca²⁺, Al³⁺ ve Fe³⁺ iyonları ile olan fosfat giderme reaksiyonları aşağıda verilmiştir.



Bu çöktürme reaksiyonları oldukça basit olup alkalinite, pH, suda bulunan iz elementler ve ligandlar ile ilişkilidir.

Deneyin Yapılışı

- 1.** Kalibrasyon eğrisi hazırlanır.
 - a. 5 mg/l fosfor içeren sularda çözüldüden aşağıdaki miktarlar alınır ve 100 ml'lik balon jöjeye konur (2, 5, 10, 15 ve 20 ml).
 - a- 4 ml amonyum molibdat çözüldü ve 0,5 ml (10 damla) kalay klorür çözüldü ilave edilir ve 100 ml'ye seyreltilir.
 - b- 10 dak. sonra 690 nm'de çözüldünün absorbansı okunur.
- 2-** İşlem görmemiş evsel atıksu numunesinin ortafosfat içeriği ölçülür.
- 3-** Seri halde beherlere 100'er ml evsel atıksu konur. Böylece 6 adet beher hazırlanmış olur.
- 4-** Her bir behere 0'dan başlanarak gittikçe atılarak çeşitli dozlarda $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ilave edilir. Kullanılan standart çözüldü 25 mg/ml konsantrasyonundadır.
- 5-** 30 sn elle hızlı bir şekilde karıştırılır ve belirli bir süre çökelmeye bırakılır.
- 6-** Çökeltilmiş numunelerin berrak üst sıvısından bir miktar alınır, arıtılmış numunenin ortofosfat konsantrasyonu ölçülür.

Sonuç ve Hesaplamalar

- 1-** Numunenin konsantrasyonunu kalibrasyon eğrisi yardımı ile belirleyiniz.
- 2-** Fosfat gideriminde etkili olan $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ konsantrasyonunu belirleyiniz. Bu değer için gerekli Al^{3+} miktarını hesaplayınız.
- 3-** Deneyde sağlanan arıtım verimini hesaplayın ve yeterli olup olmadığını belirtiniz.

DENEY-4: ADSORPSİYON

Deneyin Amacı

Granül aktif karbonun su arıtımında kullanılabilirliğinin incelenmesi.

Genel Bilgiler

Adsorpsiyon sıvı yada gaz fazında çözülmüş halde bulunan maddelerin katı bir yüzey üzerinde kimyasal ya da fiziksel kuvvetlerle tutulmaları işlemidir. Adsorpsiyon fiziksel bir olaydır. Katı maddelerin yüzeyinde meydana gelen çekme kuvvetlerine dayanmaktadır. Suya uygun bir adsorban katıldığında suyu kirleten birçok organik maddeler bu adsorban maddenin yüzeyi tarafından çekilir. Bu olayın yüzeyin arttırılması ile daha etkili olacağı açıktır. Yani adsorpsiyon bir yüzey veya ara kesit üzerinde maddenin birikimi ve derişiminin artması olarak tanımlanabilir.

Bu temel işlemin kullanılma amaçları;

- 1- İstenmeyen tat ve koku gideriminde
- 2- İnsektisit, bakterisit ve bunun gibi pestisitler biyolojik arıtma sistemlerinde girişim meydana getirebilirler ve arıtılmadan tesisten çıkarlar. Bu gibi maddelerin alıcı sulara gitmemesi için üçüncül arıtma olarak adsorpsiyon işlemi,
- 3- Küçük miktarlarda toksik bileşiklerin sudan uzaklaştırılmasında
- 4- Deterjan kalıntılarının sudan uzaklaştırılmasında
- 5- Endüstriyel atıksularda bulunan kalıcı organiklerin ve rengin gideriminde
- 6- Nitro ve kloro bileşikleri gibi organik maddelerin sudan uzaklaştırılmasında
- 7- TOK ve klor ihtiyacının azaltılmasında
- 8- Klor giderme amacıyla
- 9- İleri arıtımda organik madde gideriminde

olarak özetlenebilir.

Adsorpsiyon işleminde etkili olan kriterler;.

1. Adsorbanın özellikleri,
 - a) Yüzey alanı
 - b) Gözeneklerin yapısı ve gözenek büyüklüğü dağılımı
 - c) Parçacık büyüklüğü
 - d) Üretim esnasında yüzeyde oluşan fonksiyonel gurplar

2. Adsorbatın özellikleri

- a) Sıvı içerisindeki çözünürlük
- b) Molekül büyüklüğü
- c) Molekül fonksiyonel gruplar ya da molekülün yapısı

3. Ortamın karakteristiği

- a) Sıcaklık
- b) pH
- c) Ortamdaki diğer çözünmüş maddeler

Genel olarak adsorpsiyon işlemi için toz ve granül aktif karbon kullanılmaktadır. Toz karbonun ekipman maliyeti düşük reaksiyonu hızlıdır. Granül karbon ise rejenerasyon bakımından üstündür. Birim saatte geçirebileceği su miktarı kapasitesi fazladır.

Kirli su arıtımı için aktif karbon kolonları denge varsayımı yöntemi ile dizayn edilirler. Bu yöntem sistemde önemli biyolojik aktivite yoksa ve izoterm denklemi uygunsa kullanılır. Denge varsayımı yöntemine göre dizayn denklemi;

$$\theta_R \cdot Q \cdot c_0 = \theta_R \cdot Q \cdot c_R + \rho_B \cdot A \cdot (q_0 - q_r) \cdot L \quad (1)$$

Burada;

θ_R : Rejenerasyon süresi

Q: Hacimsel akış hızı

A:Kolon kesit alanı

q_0 : C_0 ile dengedeki karbon miktarı

q_r : Atığın konsantrasyonu C ile dengedeki karbon miktarı

ρ_B : Karbonun yoğunluğu dur.

Denge varsayımı tekniği ile yapılan dizaynın doğruluğu pilot kolon deneyleri ile geliştirilebilir.

Pilot kolon test teknikleri şöyle özetlenebilir:

1. Kısa periyotlu adsorpsiyon izoterm test yöntemi
2. Yatak derinliği hizmet süresi yöntemi
3. İşletme zamanı yöntemi

Bunlar arasında kısa süreli adsorpsiyon dalga yöntemi normal bir deney süresi içinde gerekli bilgiyi verir. Yöntem birkaç örnek alma noktası olan bir kolon gerektirir. Dolgu kısmının uygun bir miktar aşağısına yerleştirilmiş olan bir örnek noktasından elde edilen adsorpsiyon dalgası düzeltme faktörünün eldesinde kullanılır. Bu düzeltme faktörü denge varsayım yöntemi ile elde edilen kolon derinliği miktarına eklenir.

$$\Delta L = \frac{Q(c_0 - c_r)\theta_b}{A(q_0 - q_r)\rho_B} \quad (2)$$

Burada;

θ_b : Adsorpsiyon dalgasının başlangıcı ile adsorpsiyonun sonu (breakthrough) arasında geçen zamandır.

Deneyin Yapılışı

- 1- $t=0$ anında kolona kirli suyu yüklemeye başlayınız. 1. örnek alma musluğundan alınan örneğin konsantrasyonunu ölçünüz. (1. musluk karbon seviyesinin 1 ft (=0,304 m) aşağısında olmalıdır). 1. musluktan eşit zaman aralıklarında örnek alıp konsantrasyonlarını ölçünüz.
- 2- Konsantrasyon ölçümüne breakthrough seviyesine gelinceye kadar devam ediniz. Breakthrough noktası, kirlilik konsantrasyonunun adsorban tarafından tutulamamaya başladığı noktadır.

Adsorpsiyon kapasitesi, 1 g. adsorbanın yüzeyde tuttuğu mg olarak ya da mol olarak kirletici madde miktarı olarak tanımlanır (mg/g veya mol/g adsorban).

3- Adsorpsiyon dalgasının başlangıcındaki süreyi ve breakthrough konsantrasyonunun gözleendiği zamanı kaydediniz.

Sonuç ve Hesaplamalar

- 1-** Zamana karşı konsantrasyonu grafiğe alınız.
- 2-** Denge varsayımı yöntemine göre düzeltme miktarını hesaplayınız.

DENEY-5: DOLGULU KOLON İLE AMONYAK TAYİNİ

Deney Amacı

Atmosferik ortamda amonyak miktarını tayin etmek.

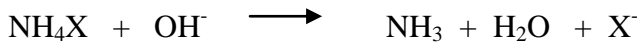
Genel Bilgiler

Azot ve azotlu maddeler çevre kimyasının en önemli alanlardan birini oluşturur. Hava kirlenmesi, su kirlenmesi olaylarının çoğunda azotlu maddeler ilk aranması gereken kirlilik unsurları olmaktadır. Azot dolanımı olan, bakteriler tarafından tüketilmek suretiyle veya kimyasal yollardan değişik oksidasyon kademelerinde bileşik oluşturabilen bir maddedir.

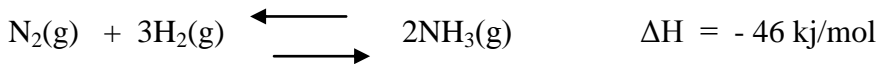
Gerek canlı bünyesinde gerekse besin maddelerinde ve ölü organizmalarında bulunan azot, doğada azot döngüsü içerisinde sürekli dinamik bir haldedir. Endüstriyel tesislerden de endüstri türüne bağlı olarak önemli miktarda azot ortama verilmektedir. Başlıca endüstri kuruluşları; gübre, nitroselüloz, gıda, deri, bira, su endüstrileri ve mezbahalardır.

Genel olarak atmosferde NH_3 miktarı azdır. Daha çok organik maddelerin oksijensiz koşullarda parçalanması ile bataklık, çöplük ve ahırlardan, plastik ve lifli madde üretimleri sonucu, amonyak ve azotlu gübre üreten tesislerden, protein ve diğer azotlu bileşiklerin bozunması sonucu atmosfere karışmaktadır. Bazı sanayi tesislerinden de atmosfere fazla miktarda amonyak karışmaktadır. Atmosferik ortamda amonyak SO_2 miktarını azaltacak yönde etki eder. Amonyum iyonları (NH_4^+) pH >7 iken büyük oranda amonyağa dönüşmektedir. Bu dönüşüm pH = 9,5 civarında neredeyse tamamen gerçekleşmektedir.

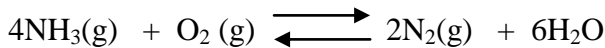
Amonyum tuzlarının baz ile reaksiyonu sonucunda elde edilir.



Endüstriyel olarak Haber-Bosch yöntemi ile elde edilir. Bu reaksiyon $400-500^\circ\text{C}$ 'de 10^2-10^3 atm basınç altında katalizör varlığında gerçekleşir.



Amonyak gazı havada yanar



Amonyakın atmosferde ömrü çok azdır. Amonyak, azot ve hidrojenlerden oluşan renksiz, insanın gözünü yaşartan ve burnunun akmasına neden olan keskin kokusu ile havadan hafif, suda kolayca eriyebilen bir gazdır. NH_3 $20-40 \text{ mg/m}^3$ konsantrasyonunda

kokusundan tanınır. Havadan hafif olduğundan kapalı yerlerde üst bölgelerde toplanır. Genellikle doğal kaynaklardan gelen amonyak safsızlığı serbest veya amonyum bileşikleri şeklindedir. Suda kolay çözüldüğü için yağmur sularında amonyum sülfat bulunur. Azot içeren organik bileşiklerin parçalanma ürünü olup üre ve ürik asitten enzimlerin etkisi ile ortaya çıkar.

NH_3 sanayide birçok amaç için ve sıvı şekilde soğutma işleminde kullanılır. Ticari amaçlarla kullanılan ve amonyak olarak bilinen sıvı amonyak gazı değildir. Bu aslında amonyağın su içinde erimiş durumda olduğu amonyum hidroksittir. Amonyum hidroksit çok kuvvetli bir alkalidir. Evlerde temizlik işlerinde oldukça yararlıdır.

Amonyak gazı iki farklı yöntemle elde edilir. Sanayide yaygın olarak kullanılan yöntemde azot ve hidrojen sıkıştırılarak kızgın demir veya platinyum üzerinden geçirilir. İkinci yöntem ise fabrikaların bacalarından çıkan dumanın arıtılmasıdır. Amonyak, havagazı fabrikalarında elde edilen yan ürünlerden biridir.

Amonyak gazının insan sağlığına etkisi çok büyüktür. Uzun süre amonyak gazı solumak zorunda kalanlarda zehirlenmeler hatta ölümler görülmektedir. Azotlu bileşiklerden amonyak amonyuma göre daha zehirlidir. Hafif asitli veya düşük alkali sularda ($\text{pH} < 7,3$) amonyak zehirlenmesi riski yok gibidir. Su alkalileştikçe zararsız amonyum amonyağa dönüşür ve ortamı olumsuz yönde etkiler. Bunların dışında cilt ile temas ettiğinde bazı yanmalar, tenefüs sonucu solunum sisteminde tahriş, akut öksürük, akciğerlerde ödem, kronik bronş nezlesi, salyalanma ve idrar kesilmesi vakalarına rastlanır. Ppm derişimleri geçici körlük ve ciddi göz tahribine neden olur. 5000-10000 ppm'lik miktarları ise kısa sürede ölüme neden olmaktadır.

Deneyin Yapılışı

I. Aşama

NH_3 ü HCl çözeltisinin içine absorplanır ve geriye kalan HCl konsantrasyonu ölçülür.

- Yıkama şişesinin içine 200 ml 0.1N HCl konulur.
- Köpük balonu kolonuna bir miktar köpüklü su konulur.
- Yıkama şişesinin içine bir miktar su konur (buharlaşıma olsun diye) ve üzerine birkaç damla amonyak eklenir.
- Düzenek hazırlandıktan sonra pompa yardımıyla sistem 15 dakika boyunca çalıştırılır.
- 15 dakika sonra 50 ml erlene alınır ve üzerine birkaç damla fenolfteyln eklenir.

- Daha sonra 0.2 M NaOH ile titre edilir.

II. Aşama

- Yıkama şişesinin içine 200 ml 0.1N HCl konulur.
- Dolgulu kolon düzeneği hazırlandıktan sonra pompa yardımıyla sistem 10 dakika boyunca çalıştırılır.
- Yıkama şişesindeki HCl'den 10 dakika sonra 50 mL numune alınır ve birkaç damla fenolfteyln eklenir.
- Daha sonra 0.2 M NaOH ile titre edilir. Uçuk pembe renk olunca sarfiyat kaydedilir.
- 200 L HCl yıkama şişesine konur. Yıkama kolonlu sistemden 15 dakika boyunca geçirilir. 50 mL numune alınır ve
- Formülde veriler yerine yazılır ve birkaç damla fenolfteyln eklenir.
- Daha sonra 0.2 M NaOH ile titre edilir.

Sonuç ve Hesaplamalar

$$\mu\text{gNH}_3 / \text{m}^3 = \frac{V_s \times (M_{\text{HCl}} \times V_{\text{numune}} - M_{\text{NaOH}} \times V_{\text{sarfiyat}})}{V_g \times V_{\text{numune}}} \times 17 \times 10^6$$

DENEY-6: NÖTRALİZASYON

Deney Amacı

Atıkların nötralizasyon eğrilerinin belirlenmesi

Genel Bilgiler

Nötralizasyon aşırı alkalinite ve asiditenin giderimi için kullanılan bir yöntemdir. Endüstriyel atıkların çoğu alıcı ortama veya arıtma tesislerine verilmeden önce nötralize edilmesi gereken asidik veya alkali maddeler içerirler. Nötralizasyon sistemlerinin tasarımında tasarımcının göz önünde bulundurması gereken faktörler aşağıda sıralanmıştır.

1. Giriş pH'sı kısa sürede değişkenlik gösterebilir.
2. pH değişirken debide değişebilir
3. Çıkış pH'sı bazı noktalarda reaktif ilavesine çok hassastır.
4. Reaktif farklılığı reaktifin reaksiyona giriş hızı üzerinde değişimlere neden olabilir.
5. Nötralizasyon için seçilen reaktifin fiyatı, besleme düzeneği maliyeti ve saklama sistemleri maliyeti hesaplanırken reaktif seçimide göz önünde bulundurulmalıdır.

Nötralizasyon sistemlerinin tasarımı için gerekli bilgiler aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

1. Nötralize edilecek atıksu debisi bilinmelidir.
2. Atıksuyun asidite ve alkalinitesi bilinmelidir.
3. Nötralize edilecek atıksuyun nötralizasyonu için gerekli asit veya baz miktarı ile pH arasındaki ilişki belirlenmeli ve atıksuyun titrasyon eğrisi belirlenmelidir.
4. Giriş ve çıkış sularının pH değerleri belirlenmelidir.
5. Nötralize edilmiş atıksuyun asidite, alkalinite ve pH değerleri belirlenmelidir.

Asitli atıksuların nötralizasyonunda en uygun yöntem kireçle nötralizasyondur. Kireç hem maliyet hem de bulunabilirlik açısından uygun bir materyaldir. Kullanılan kireç türleri;

- Kireç taşı (CaCO_3)
- Sönmemiş kireç (CaO)
- Sönmüş kireç (Ca(OH)_2)

olarak sayılabilir.

Alkali suları etkili bir şekilde nötrale etmek için herhangi bir kuvvetli asit kullanılabilir. Ekonomik koşullar nedeniyle genellikle sülfirik veya hidroklorik asit kullanılır.

Deneyin Yapılışı

1000 ml' lik behere 500 ml atıksu konur. Artan dozlarda sönmüş kireç ilave edilir. Kireç ilavesi ile birlikte yaklaşık olarak dengeye ulaşana kadar pH değerleri kontrol edilir. Çözelti sürekli olarak stabilizasyon sağlanana kadar karıştırılır. pH değeri 10-11 olana kadar kireç ilavesine devam edilir. Yapılan deneyde alınan sonuçlardan faydalanarak pH değerine karşılık kireç/ml atıksu grafiği çizilir.

DENEY-7: TANELİ ÇÖKELME

1.1. Genel Bilgiler

Tanelerin yerçekiminin etkisiyle tek tek birbirinden bağımsız olarak hareket ettiği çökeltme tipidir. Taneler arasında floklaşma olmaz. Bu yüzden çökeltme hızı yükseklikle değişmez. Yani yüksekliğin çökeltme hızına etkisi yoktur. Çöken tane üzerinde etkili olan kuvvetler yerçekimi kuvveti (F_G) ve sürtünme kuvveti (F_S) olarak gösterilebilir. Tanecik üzerinde etkili olan net kuvvet bu kuvvetlerin bileşkesidir ve denklem 1.1 deki gibidir.

$$F_{net} = F_G - F_S \quad (1.1)$$

Yukarıdaki denklemde F_G , F_B ve F_S ifadeleri yerine açılımları yazılacak olursa;

$$F_{Net} = ma = (\rho_p - \rho_w)gV_p - \frac{1}{2}C_D\rho_w A_p s^2 \quad (1.2)$$

ifadesi ortaya çıkar. Burada;

ρ_p : partikülün yoğunluğu,

g : yerçekimi ivmesi,

V_p : partikül hacmi,

C_D : direnç katsayısı

ρ_w : Suyun yoğunluğu

A_p : partikülün yüzey alanı

s : çökeltme hızını göstermektedir.

Tane bu kuvvetlerin bileşkesi olan F_{Net} kuvvetinin etkisiyle tabana doğru hareket eder. Bu hareketi esnasında bir noktadan sonra tüm bu kuvvetlerin bileşkesi sıfır olur, ve tane kazandığı s çökeltme hızının etkisiyle çökmeye başlar. $F_{net} = 0$ olduğu düşünülerek (1.2) denklemi düzenlenecek olursa çökeltme hızı (s);

$$s = \sqrt{\frac{2g(\rho_p - \rho_w)V_p}{C_D\rho_w A_p}} \quad (1.3)$$

olarak hesaplanır. Denklem (1.3)'de partikülün hacmi olan V_p ile partikülün yüzey alanı olan A_p düzenlenecek olursa;

$$\frac{V_P}{A_P} = \frac{\frac{4}{3}\pi r^3}{\pi r^2} = \frac{4}{3}r = \frac{2}{3}D \quad (1.4)$$

Denklem (1.4)'de bulunan değer denklem (1.3)'de yerine konursa;

$$s = \sqrt{\frac{4g(\rho_P - \rho_W)D}{3C_D\rho_W}} \quad (1.5)$$

denklemini elde edilir. Reynolds sayısı 1'den küçük olduğunda çökme hızının formülü denklem (1.6)'daki gibi olur.

$$s = \frac{1}{18} \frac{g(\rho_s - \rho_w)}{\nu \rho_w} D^2 \quad (1.6)$$

Burada ;

ν : kinematik viskozitedir.

Görüleceği üzere bir partikülün çökme hızına etki eden faktörler yerçekimi ivmesi, partikülün ve sıvının yoğunluğu, partikülün çapı ve kinematik viskozitedir. Ayrıca sıcaklık arttıkça kinematik viskozite azalacağından çökme hızı artmış olur.

1.2. Çökme Hızları Toplam Dağılım Eğrisinin Çizilmesi

Taneli çökmenin gerçekleştiği havuzlarda çok değişik çökme hızlarına sahip bir sürü partikül tipi vardır. Bu tip havuzlarda çökme verimini etkileyen en önemli husus yüzey yükünün ne olarak seçileceğidir. Seçilen yüzey yükü istenen verimde partikülün çökmesini sağlayacak şekilde olmalıdır. Bu yüzden yüzey yükü seçilmeden önce partiküllerin çökme hızlarının bilinmesi gerekir. Bu amaçla yapılan bir takım deney sonuçları kullanılarak havuzdaki partiküllerin çökme hızlarının bir eğrisi çizilir. Çizilen bu eğrinin yardımıyla seçilen bir yüzey yükü için havuzdaki çökme veriminin ne olacağı hesaplanabilir.

1.2.1. Araçlar

1. Çeşitli yüksekliklerden numune alınmasına olanak tanıyan bir çökme kolonu
2. Askıda katı madde ölçebilmek için gerekli deneysel düzenek ya da bulanıklık ölçen bir türbidimetre

1.2.2. Prosedür

1. Öncelikle çökeltme kolonuna belli bir seviyeye kadar numune konur.
2. Numune iyice çalkalanarak kolonun her bölgesinde eşit konsantrasyonlar olacak şekilde dağıtılır.
3. Çalkalama işlemi bittikten hemen sonra belli bir yükseklikten numune alınarak bu numunenin AKM konsantrasyonuna bakılır ve bulunan değer t_0 anındaki AKM konsantrasyonu olarak Tablo 1.1'e kaydedilir. Numuneler kolonun hangi yüksekliğinden alınır alınsın, çökeltme hızı yükseklikten bağımsız olduğu için çökeltme hızları toplam dağılım eğrisini değiştirmeyecektir.
4. Yine bu işlemle birlikte numune kolonda çökeltmeye bırakılır ve zaman tutulmaya başlanır. Belli zaman aralıklarında aynı yükseklikten numune alınarak AKM değerlerine bakılır ve bulunan her değer Tablo 1.1'e işlenir.
5. Tablo 1.1'deki çökeltme hızı kolonuna numunelerin alındığı noktanın numunenin üst noktasına mesafesi olan h değerinin her numune alınışı için gereken t süresine bölünmesiyle ortaya çıkan h/t değerleri yazılır. Örneğin numune üst noktasına 0,5 m uzaklıktaki bir noktadan numuneler alınıyorsa; $t = 5$ dk süresindeki çökeltme hızı değeri $0,5/(5 \times 60)$ eşitliğinden $1,67 \times 10^{-3}$ m/s, $t = 15$ dk süresindeki çökeltme hızı değeri $0,5/(15 \times 60)$ eşitliğinden $0,56 \times 10^{-3}$ m/s olarak bulunur. t_0 anında çökeltme hızı sıfır olarak alınır.
6. P kolonuna her seferinde ölçülen AKM değeri C 'nin başlangıçtaki C_0 değerine bölünmesiyle elde edilen değerler yüzde olarak yazılır. t_0 anında bu değer 100 olacaktır.
7. Tablo 1.1 yardımıyla x-ekseni çökeltme hızı kolonu ve y-ekseni %P kolonu olacak şekilde noktalar belirlenir ve bu noktalara göre çökeltme hızları toplam dağılım eğrisi çizilir.

Tablo 1.1. Çökeltme Hızları Ve Çökeltme Verimleri

t (dk.)	Çökeltme hızı, h/t ($10^{-3} \times m/s$)	AKM (mg/l)	P, C/C_0 (%)
0			
10			
15			
20			
30			
30			
45			
60			
90			
120			

DENEY-8: SEDİMANTASYON

Deneyin Amacı

Sedimentasyon ile katı sıvı ayırımı ve çökeltme hızının belirlenmesi

Genel Bilgiler

Sedimentasyon Tankı Hidrolik Özelliklerinin İncelenmesi

Çökeltme ve berraklaştırma işlemi aynı fiziksel ilkenin, çöktürme (sedimentasyon) işleminin uygulamaları olup, katı parçacıkların dibe çökerek berrak sıvı fazdan ayrılması esasına dayanır. Berraklaştırmadan esas amaç üstte duru su elde edilmesi olup, su arıtma tesislerinde daha yaygın uygulama alanı bulur. Çökeltme daha çok birincil atıksu arıtımında kullanılır. Burada amaç çamurun berrak su fazından çökeltme yoluyla ayrılmasıdır.

Çökeltme işlemi, çökeltme havuzu adı verilen ünitelerde yapılmaktadır. İyi projelendirilmiş ilk çöktürme havuzları; katı maddelerin %50-70'ini ve BOİ₅'nin %25-40'ını sudan uzaklaştırabilir. Çökebilir katı maddeleri içeren atıksu, yerçekimi ile maddelerin çökmelerine izin verecek yeterli derecede düşük hızda ve yeterli bir sürede havuz içinde tutulacaktır. Daha hafif maddeler yüzeye yükselerek bir köpük oluşturmakta ve köpük sıyırma mekanizmasıyla çökeltme havuzundan uzaklaştırılmadadır. Yerçekimi gücü, katı cismin özgül ağırlığı ile sıvının özgül ağırlığı ile arasındaki farkla orantılı olarak tanecik üzerinde etkili olmaktadır. Çökeltme hızı, sıvının viskozitesinden, taneciklerin büyüklüğünden, şeklinden ve ağırlığından etkilenir.

Çöktürme Havuzlarındaki Bölgeler ve Akım Şekilleri: Çöktürme tankı, işlevine göre dört bölgeye ayrılabilir;

- Giriş Bölgesi: Giren suyun sakin bir geçişle çöktürme bölgesinde istenen üniform, kararlı akım şekline dönüşmesini sağlar.
- Çökeltme Bölgesi: Çökelebilen katı maddelerin sudan uzaklaştırıldığı bölgedir.
- Çıkış Bölgesi: Çöktürme Bölgesinden çıkış kanalına suyun sakin bir şekilde geçişini sağlar.
- Çamur Bölgesi: Çökelen katı maddelerin çökeltme işlemini engellemeyecek bir şekilde toplandığı bölgedir.

Çöktürme havuzlarının verimliliği, giderilecek olan askıdaki maddelerin özelliklerine ve çöktürme havuzunun hidrolik karakteristiklerine bağlıdır. Çöktürme havuzlarının hidrolik karakteristiklerini havuzun geometrisi ve suyun havuzdaki akış şekli belirler. İçme suyu tasfiyesinde en çok kullanılan havuzlar yatay akışlı havuzlardır.

Çökelmenin Esası: Basit çöktürme tekil danelerin çökertilmesi işlemidir. Tekil danelerin

$$S = \sqrt{\frac{2.(rs-rw).g.V}{Cd.rw.A}} \quad ; \quad Re = \frac{sd}{\nu}$$

çökeltilmesinde, çökeltme sırasında danelerin çap, ağırlık ve şekilleri değişmez. Eğer bir danecik sakin bir sıvı ortamına bırakılırsa, yoğunluğu sıvının yoğunluğundan fazla ise, aşağı doğru çöker. Bu durumda daneye iki kuvvet tesir etmektedir. Bunlardan biri danenin ağırlığından ileri gelen ağırlık kuvveti ve danenin çökmesine karşı sıvının gösterdiği sürtünme kuvvetidir.

$$W = V(\rho_s - \rho_w) \cdot g$$

Burada;

W = Danenin su içindeki ağırlığı,

V = Danenin hacmi (m³),

ρ_w = Suyun yoğunluğu (kg/m³),

ρ_s = Danenin yoğunluğu (ka/m³),

g = Yerçekimi ivmesi (m/s) dır.

Direnç kuvveti ise sıvı ortamının cinsine, yoğunluğuna, dane şekil ve çökeltme hızına bağlı olup aşağıdaki formülle ifade edilebilir;

$$F_d = C_D \cdot A \cdot \rho_w \cdot S^2$$

Burada;

A = Hareket yönüne dik istikamette danecik kesit alanı,

S = Dane çökeltme hızı,

C_D = Newton Direnç katsayısı dır.

Çökeltme hızı şu formülle hesaplanılır;

$$S = \sqrt{\frac{2.(rs-rw).g.V}{Cd.rw.A}} \quad ; \quad Re = \frac{sd}{\nu}$$

d = Danecik Çapı

Çöktürme havuzunun hacmi V, yüzey alanı A ile gösterilirse, T₀ bekleme süresi olduğundan;

$$V = Q \cdot T_0 \quad ; \quad T_0 = AH/Q \quad \text{olur ve;} \quad S_0 = H/T_0 = HQ/AH = Q/A$$

olarak bulunur. S_0 değerine yüzey yükü denir. S_0 değeri hız boyutundadır. Bu değer çöktürme havuzunun boyutlandırılmasında dikkate alınacak en önemli parametrelerden biridir. Çünkü; çöktürme havuzunun giderme verimi yüzey yüküne bağlıdır. Yüzey yükü arttıkça giderme verimi azalmaktadır.

Deneyin Yapılışı

Farklı katı madde içeriğine sahip numuneler, üç ayrı sedimentasyon kolonuna 650 mm yüksekliğe kadar aktarılır. 3'er dakika aralıklarla 30 dakika boyunca kolonlardaki katı madde yüksekliği okunur.

Çökelme zamanı t (dakika)'ya karşılık çökelme hızı V (mm/dak) eğrileri çizilir. Çökelme hızları farkı yorumlanır. Çökelme zamanı t (dakika)'ya karşılık çökelme yüksekliği h (mm) eğrileri çizilir. Bu grafikten aşağıdaki formül kullanılarak tüm katıların çökmesi için geçmesi gereken süre hesaplanır.

$$C_o \times H_o = C_u \times H_u$$

Sedimentasyon tankının yüzey alanı hesaplanır.

$$A = \frac{Q \cdot t_u}{H_o}$$

DÖNÜŞTÜRME KATSAYILARI

A sütunundaki birimleri B sütunundaki birimlere çevirmek için C deki değerlerle çarpınız

A	B	C
Atmosfer(atm)	Bar (bar)	1,0133
Atmosfer	Mililmetre Hg (mmHg)	760
Atmosfer	Newton/metre/kare (Nm ²) veya Paskal (Pa)	1,0133x10 ⁵
Atmosfer	Paund-kuvvet/inçkare (lbr/inç ²)	14,696
Bar (bar)	Atmosfer (atm)	0,9869
British thermla (Btu)	Kalori (cal)	252
British thermal ümits	Beygir gücü saat (BG.saat)	3,929x10 ⁻⁴
British thermal ümits	Jul (j)	1055,1
British thermal ümits	Fit küp-atmosfer (ft ³ atm)	0,3676
British thermal ümits	Kilovat saat	2,930x10 ⁻⁴
Btu/Paund (Btu/lb)	Kilokalori/gram (kcal/g)	5,55x10 ⁻⁴
Btu/Paund-derece Fahrenheit (Btu/lb°F)	Kalori/gram derece santigrat (cal/g°C)	1
Btu/paund-derece Fahrenheit	kilojul/kiogram/kelvin (kj/kg.K)	4,1868
fit kare (ft ²)	Metre kare (m ²)	0,0929
fit küp (ft ³)	Santimetre küp (cm ³)	28317
fit küp	Galon (gal)	7,481
Fit küp	Litre (l)	28,317
Fut paunds (ft-lbf)	Beygir gücü saat (BG.saat)	5,051x10 ⁻⁷
Fut paunds (ft-lbf)	Kilovat saat	3,766x10 ⁻⁷
Galon (gal)	Metre küp (m ³)	0,003785
Gram (g)	Paund (lb)	0,0022046
Gram/santimetre küp (g/cm ³)	Paund/fitküp (lb/ft ³)	62,43
Gram/santimetre küp (g/cm ³)	Paund/galon (lb/ga)	8,345
İnç kare (inç ²)	Santimetre kare (cm ²)	6,452
Jul (j)	kalori	0,23885
Jul (j)	Litre-atmosfer (l-atm)	0,009869
A	B	C

Kalori (cal)	Jul (J)	4,1867
Kalori (cal)	British Termal Units (Btu)	0,00397
Kalori/gram derece santigrad (cal/g°C)	Btu/paund-derece Fahrenayt (Btu/lb°F)	1
Kilogram	Paund	2,2046
Kilojul (kj)	Kilowatt-saat (kwsaat)	2,7778x10 ⁻⁴
Kilojul (kj)	British Termal Units (Btu)	0,9478
Kilojul/kilogram kelvin (kj/kgK)	Btu/paund-derece Fahrenayt (Btu/lb°F)	0,23885
Kilokalori/gram (kcal/g)	Kilojul/kilogram (kj/kg)	4186,8
Litre (L)	Fitküp (ft ³)	0,0353
Metre kare (m ²)	Fit kare (ft ²)	10,76
Milimetre Civa (mmHg)	Atmosfer	0,00132
Nevton/metre kare (N/m ²)	Atmosfer	9,8687x10 ⁻⁶
Nevton/metre kare (N/m ²)	Paund kuvvet/inç kare (lbf/inç ²)	1,4503x10 ⁻⁴
Paund (lb)	kilogram	0,45353
Paund kuvvet/inç kare (lbf/inç ²)	Atmosfer (Atm)	0,06805
Paund kuvvet/inç kare (lbf/inç ²)	Megapaskal (Mpa)	0,00689
Santimetre kare (cm ²)	İnçkare (İnç ²)	0,155
Santimetre küp (cm ³)	Fit küp (ft ³)	3,53x10 ⁻⁵
Ton	Kilogram (kg)	1000
Ton	Paund (lb)	2204,6
Varil	Galon (gal)	42
Varil	Litre (l)	158,8

BİRİM DÖNÜŞÜM ÇİZELGESİ

	Sİ	CGS	FPS
UZUNLUK	1m	100cm	3.2808 ft
KÜTLE	1kg	1000g	2,2046 lb _m
ZAMAN	1s	1s	1s
HACİM	1m ³	10 ⁶ cm ³	35,3357 ft ³
KUVVET	1N	10 ⁵ din	0,2248 lb _f
BASINÇ	1Nm ⁻² (=pa)	10 din cm ⁻²	0,020886 lb _f ft ²
ENERJİ	1J	10 ⁻⁷ erg	0,73746 ft.lb _f
SICAKLIK	1K	1°C	18°F (°C=1.8 °F+32)

2 - Fiziksel Büyüklük

	Birimin simgesi
Alan	m ²
Hacim	m ³
Yoğunluk	kgm ⁻³
Hız	ms ⁻¹
Açısal hız	rads ⁻¹
İvme	ms ⁻²
Basınç	Nm ⁻² =kgm ⁻¹ S ⁻¹
Dinamik Viskosite	Nsm ⁻² = kgm ⁻¹ S ⁻¹
Kinematik Viskosite	m ² s ⁻¹
Elektrik Alan	Vm ⁻¹

SI Birimlerinin az ve çok katları aşağıdaki simgelerle gösterilir

Azkatlar	Adı	Simgesi	Çokkatlar	Adı	Simgesi
1×10^{-1}	desi	d	1×10	deka	da
1×10^{-2}	santi	c	1×10^2	hekto	h
1×10^{-3}	mili	m	1×10^3	Kilo	k
1×10^{-6}	mikro		1×10^6	mega	M
1×10^{-9}	nano	n	1×10^9	Giga	G
1×10^{-12}	piko	p	1×10^{12}	tera	T

istenen birim	verilen birim	Hacim %	ppm (hacimce)	mol / litre	mg/litre
Hacim %	-	1×10^{-4}	2450	2,45/M	
ppm (Hacimce)	1×10^{-4}	-	$24,5 \times 10^6$	24500/M	
Mol / Litre	$4,1 \times 10^{-4}$	$4,1 \times 10^{-8}$	-	$10^{-3}/M$	
mg / Litre	0,41 M	$4,1 M \times 10^{-8}$	$M \times 10^3$	-	
mg / m ³	410 M	0,041 M	$M \times 10^6$	1×10^3	
mg / ft ³	11,6 M	$1,16 M \times 10^3$	28300 M	28,3	

M: Gaz ya da buharın molekül ağırlığı

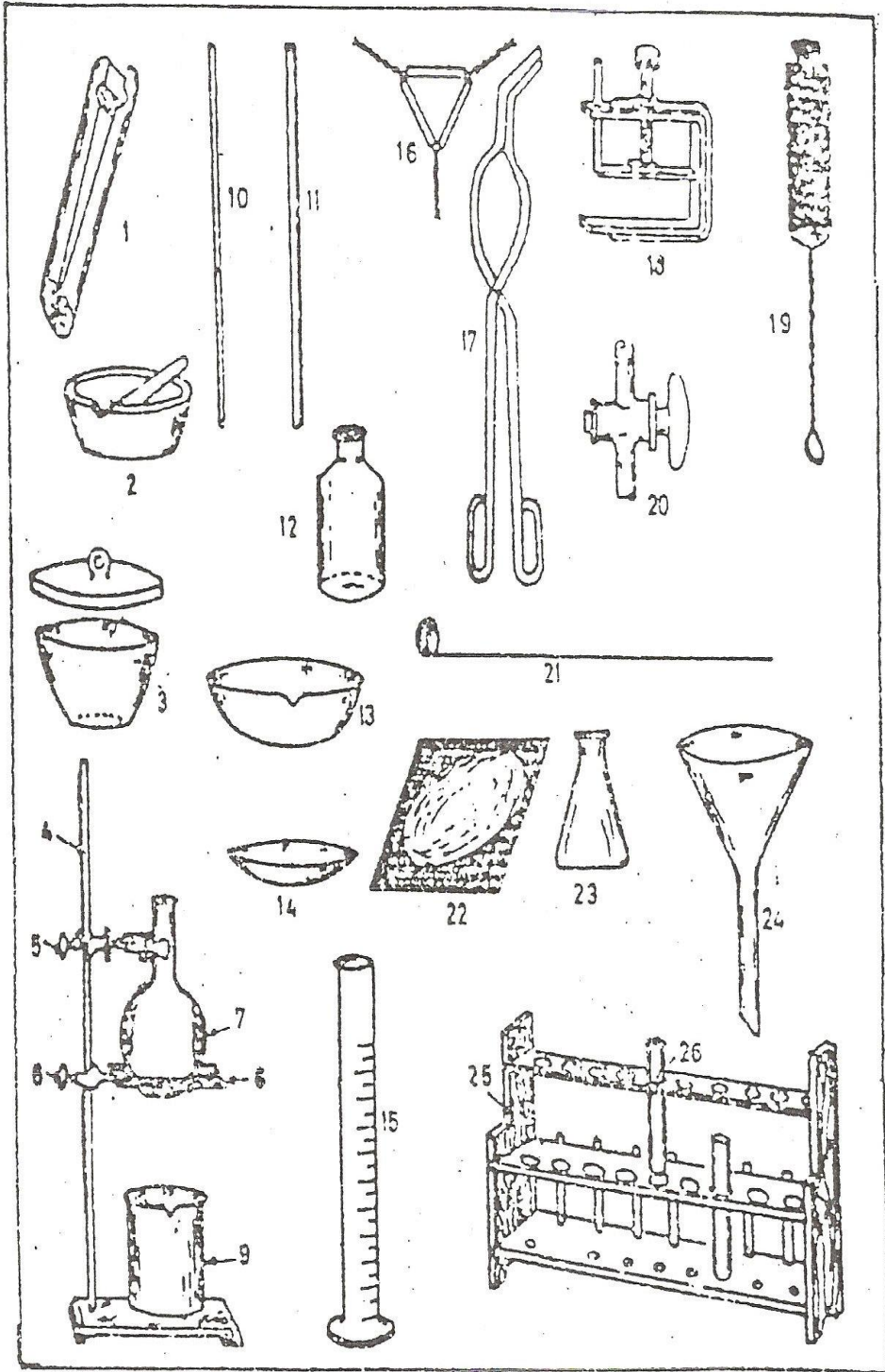
- Kullanma:
1. Verilen birimin bulunduğu sütunu bulun
 2. İstedığınız birimi sol taraftaki satırda bulun
 3. İkisinin kesiştiği kutudaki sayı dönüştürüm katsayısıdır
 4. Verilen sayıyı dönüştürüm katsayısı ile çarpın

LABORATUVAR YIKAMA ÇÖZELTİLERİ LİSTESİ

1. %2'lik deterjan çözeltileri
2. Kromik asit çözeltisi
Konsantre H_2SO_4 'de $K_2Cr_2O_7$
Konsantre HNO_3 'de $K_2Cr_2O_7$
3. Konsantre HNO_3
4. Perklorik asit
5. Etanol-nitrik asit

LABORATUVAR ALETLERİ

1. Maşa
2. Havan
3. Kapaklı kroze
4. Halka çubuk
5. Demir mengene
6. Demir halka
7. Balon erlen
8. Vida
9. Beher
10. Cam çubuk
11. Cam tüp
12. Şişe
13. Buharlaştırma kabı
14. Saat camı
15. Mezür
16. Pipet ve tüp tutucu üçgen
17. Pota demir maşa
18. Vidalı mengene
19. Tüp fırçası
20. Vana
21. Öze
22. Asbest ateş tutucu
23. Erlen
24. Huni
25. Test tüpü rafları
26. Test tüpü



2018/2019 GÜZ DÖNEMİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİNDE TEMEL İŞLEMLER I
UYGULAMA TAKVİMİ

DENEY/UYGULAMA	TARİH
LABORATUVAR GÜVENLİĞİ HAKKINDA BİLGİ VERİLMESİ	25.09.2018
GRUPLARIN BELİRLENMESİ	02.10.2018
FLOTASYON	16.10.2018
KOAGÜLASYON (JAR TESTİ)	23.10.2018
KİMYASAL ÇÖKTÜRME	30.10.2018
ADSORPSİYON	06.10.2018
UYGULAMA DERSİ _1	13.11.2018
ARA SINAV HAFTASI	17.11.2018- 25.11.2018
DOLGULU KOLON İLE AMONYAK TAYİNİ	27.11.2018
NÖTRALİZASYON	04.12.2018
TANELİ ÇÖKELME	11.12.2018
SEDİMENTASYON	18.12.2018
UYGULAMA DERSİ _2	25.12.2018