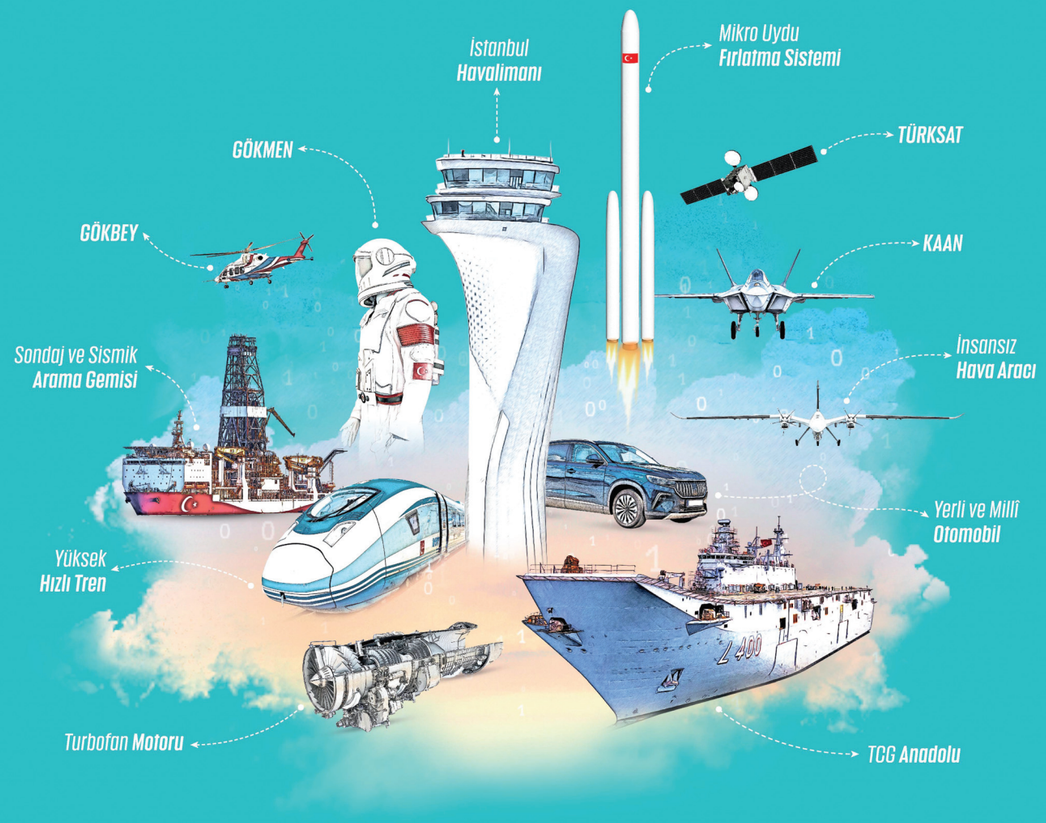
July 1, 2025 13:29:04
212960_Sinai_Kimya-10_KAPAK.pdf

Bu kitaba sığmayan daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr

Karekodu okut, bu kitapla ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.

ISBN: 978-975-11-6330-1

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşıması Zorunlu Değildir.

KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

SINAİ KİMYA 10

DERS MATERYALİ

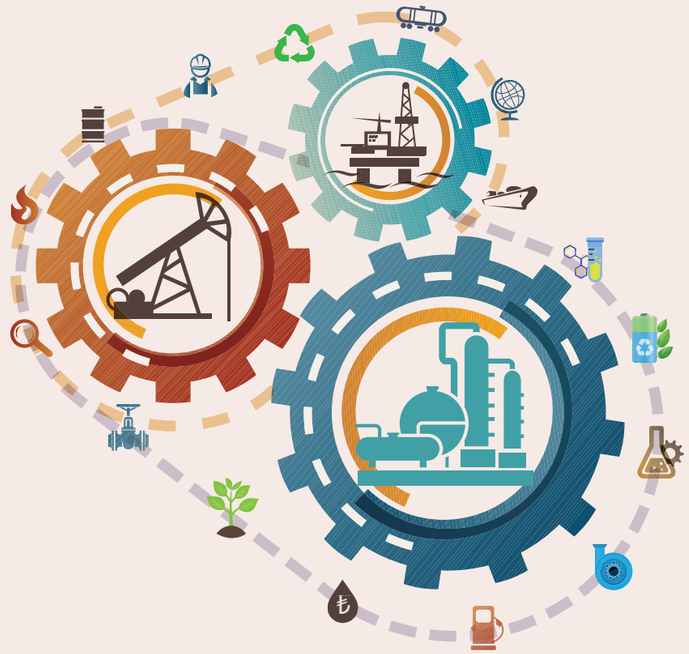
MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

SINAİ KİMYA

10

DERS MATERYALİ



T.C. CUMHURİYETİ MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ

KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

SINAİ KİMYA

10

DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Emral EVREN
Levent GÜZEL
Mehmet İlhami ATAMAN

MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI.....: 8050
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ.....: 1978

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

Editör
Prof. Dr. Memduh Sami TANER

Dil Uzmanı
Hüseyin KAPSON

Program Geliştirme Uzmanı
Erkan AKGÜN

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı
Fatma YILMAZ

Rehberlik Uzmanı
Serpil GÜLER

Görsel Tasarım Uzmanı
Ahmet Arif ÖZEN
Asiye Canan KELEŞ
Burcu ÖZTÜRK

ISBN: 978-975-11-6330-1

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.

BASKI
Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20
Kahramankazan/Ankara
Sertifika No: 49599

İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

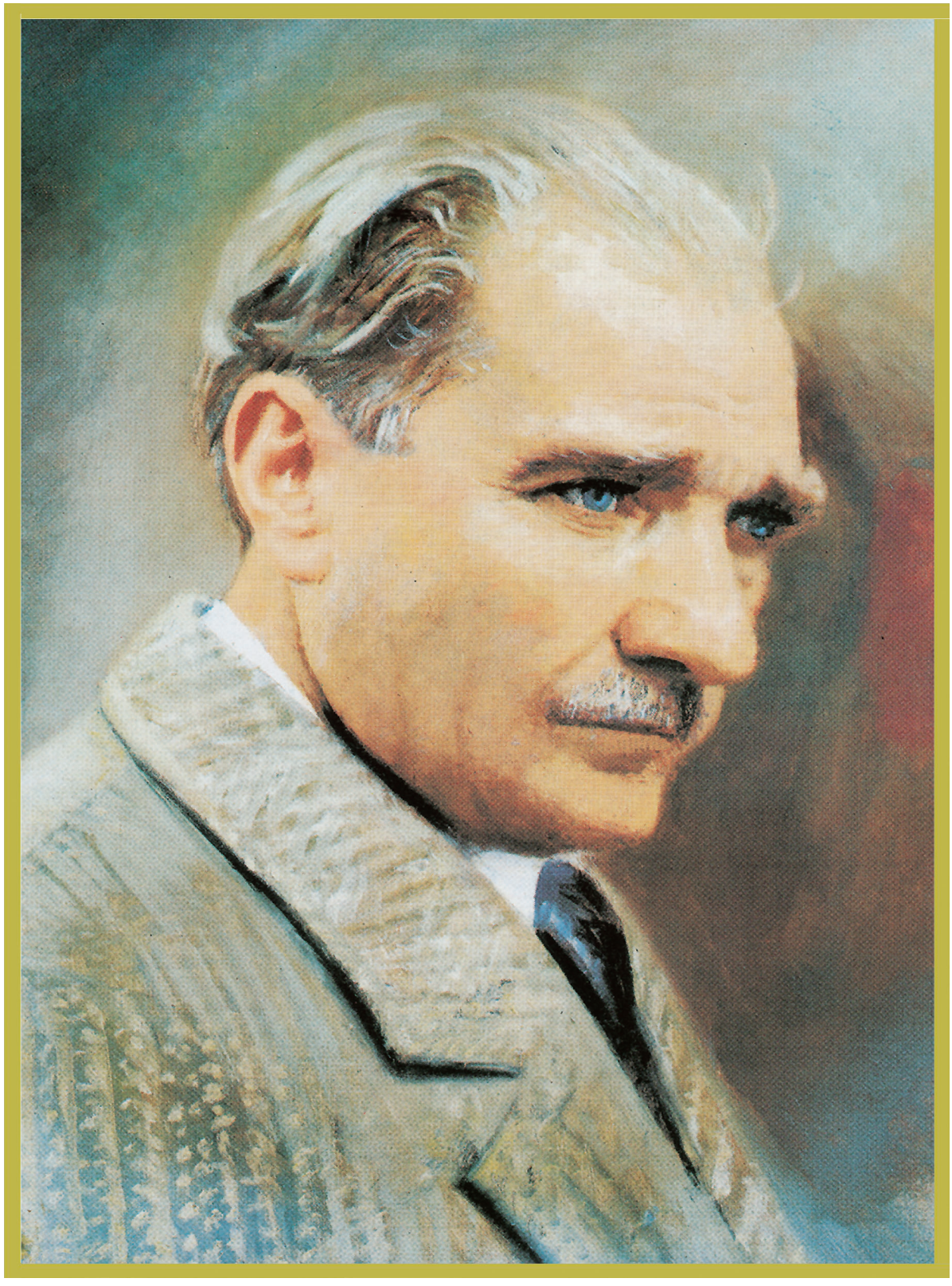
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

DERS MATERYALİNİ TANIYALIM....11
LABORATUVAR GÜVENLİK İŞARETLERİ....13

1

1.ÖĞRENME BİRİMİ: REÇETEYİ UYGULAMA....14
1.1. REÇETEYE GÖRE HAM MADDE VE YARDIMCI KİMYASALLARI HAZIRLAMA.... 16
1.1.1. Reçete Nedir?....16
1.1.2. Reçete Hesaplamaları....17
1.1.3. Ham Madde Seçimi....19
1.1.4. Ölçüm Araçları....20
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....21
2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....22
1.2. HAM MADDE VE YARDIMCI KİMYASALLARI REAKTÖRE YÜKLEME....24
1.2.1. Kimyasal Reaktörler ve Reaktör Türleri....24
1.2.2. Ham Maddelerin Reaktöre Yüklenmesi....25
3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....26
4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....28
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....31

2

2.ÖĞRENME BİRİMİ: ÜRETİMDE MADDE TRANSFERİ....32
2.1. KİMYASALLARIN TAŞINMASI VE DEPOLANMASI SIRASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KURALLAR....34
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....36
2.2. KATILARI TAŞIMA SİSTEMLERİ....38
2.2.1. Katı Madde Transferine Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerin Etkisi....38
2.2.2. Konveyörler (Taşıma Şeritleri)....40
1. UYGULAMA FAALİYETİ....42
2.2.3. Elevatörler (Yerden Yükselticiler)....44
2.2.4. Pnömatik Taşıma....44
2.2.5. Katı Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması....45
2.3. SIVILARI TAŞIMA SİSTEMLERİ....47
2.3.1. Sıvı Madde Transferine Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerin Etkisi....47
2.3.2. Pompa, Kullanım Alanları ve Çeşitleri....49
2. UYGULAMA FAALİYETİ....52
2.3.3. Vana, Kullanım Alanları ve Çeşitleri....54
2.4. GAZLARI TAŞIMA SİSTEMLERİ....56
2.4.1. Gazların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri....56
2.4.2. Gazların Taşınması....59
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....65

3

3.ÖĞRENME BİRİMİ: ORGANİK VE ANORGANİK MADDE ÜRETİM PROSESLERİ....66
3.1. ALİFATİK HİDROKARBONLARIN ÜRETİMİ....68
3.1.1. Alifatik Hidrokarbonlar....69
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....76
3.2. ALKALİ, TOPRAK ALKALİ VE TOPRAK ELEMENTLERİNİN ÜRETİMİ....77
3.2.1. Elektrolitik Yöntemle Alüminyum Eldesi....77
3.2.2. Elektrolitik Yöntemle Magnezyum Eldesi....79
2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....80
3.3. ANORGANİK ASİTLERİN ÜRETİMİ....82
3.3.1. Sülfürik Asit Üretimi....82
3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....83
4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....84
3.3.2. Nitrik Asit Üretimi....86
3.3.3. Hidroklorik Asit Üretimi....87
5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....89
3.4. ANORGANİK MADDELERİN ÜRETİMİ....90
3.4.1. Tuz Üretimi....90
3.4.2. Rafine Tuz Üretimi....92
6. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....93
3.4.3. Sodyum Karbonat (Soda) Üretimi....94
7. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....97
3.4.4. Klor ve Sodyum Hidroksit Üretimi (Klor-Alkali Yöntemi)....98
3.4.5. Kalsiyum Bileşikleri ve Portland Çimentosu....100
3.4.6. Amonyak Sentezi....102

8. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....103
3.4.7. Kimyasal Gübreler....104
3.4.8. Anorganik Pigmentler....108
3.4.9. Kimya Endüstrisinde Yenilikçi Yaklaşımlar ve Modern Ürünler....111
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....119

4

4.ÖĞRENME BİRİMİ: ISITMA SİSTEMLERİNİN KONTROLÜ....120
4.1. ISI DEĞİŞTİRİCİ SİSTEMLER VE ISI KONTROLÜ....122
4.2. SERPANTİNLİ ISITMA SİSTEMLERİ....123
4.3. CEKETLİ ISITMA SİSTEMLERİ....124
1. UYGULAMA FAALİYETİ....126
4.4. ISI DEĞİŞTİRİCİ SİSTEMLERDE ÇEVRE DONANIMLARI....128
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....129

5

5.ÖĞRENME BİRİMİ: SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN KONTROLÜ....130
5.1. KONDENSER (YOĞUŞTURUCU) SİSTEMİ....132
5.1.1. Kondenser Çeşitleri....132
5.1.2. Kondenserin Soğutma Kapasitesine Etki Eden Faktörler....133
5.2. ÇİLLER SOĞUTMA SİSTEMİ....134
1. UYGULAMA FAALİYETİ....136
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....139

6

6.ÖĞRENME BİRİMİ: REAKTÖR KULLANMA....140
6.1. REAKTÖRÜ ÜRETİME HAZIRLAMA....142
6.2. REAKTÖRÜ DEVREYE ALMA....143
6.3. ÜRÜNÜ REAKTÖRDEN BOŞALTMA....144
6.4. REAKTÖRÜN TEMİZLENMESİ....145
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....149
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....151

7

7.ÖĞRENME BİRİMİ: FİZİKSEL DEĞİŞKENLERİN ÖLÇÜMÜ VE KONTROLÜ....152
7.1. BASINÇ KONTROLÜ....154
7.1.1. Basınçölçerlerin Türleri....154
7.1.2. Basınç Kontrolünün Üretimdeki Önemi....156
7.2. SICAKLIK KONTROLÜ....157
7.2.1. Sıcaklıkölçerlerin Türleri....157
1. UYGULAMA FAALİYETİ....160
2. UYGULAMA FAALİYETİ....162
7.2.2. Sıcaklık Kontrolünün Üretimdeki Önemi....163
3. UYGULAMA FAALİYETİ....164
7.3. DEBİ ÖLÇÜMÜ....165
7.3.1. Debiölçerlerin Türleri....165
7.3.2. Debi Takibinin Üretimdeki Önemi....166
7.4. SEVİYE ÖLÇÜMÜ....167
7.4.1. Seviyeölçerlerin Türleri....167
7.4.2. Seviye Ölçümünün Üretimdeki Önemi....169
4. UYGULAMA FAALİYETİ....170
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....171

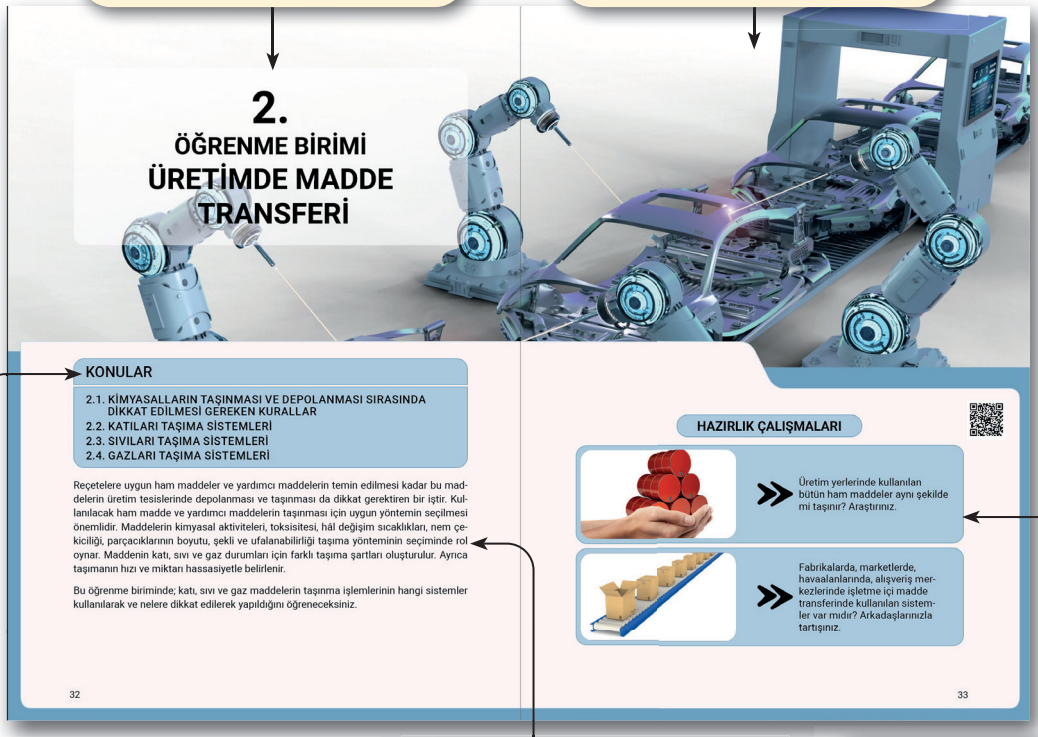
8

8.ÖĞRENME BİRİMİ: PROSES ATIKLARINI ARITMA....172
8.1. PROSES ATIKLARINI ARITMA....174
8.2. PROSES ATIKLARININ DEPOLANMASI VE TAŞINMASI....175
8.2.1. Sanayi Atık Sularının Temizlenmesi....176
8.2.2. Atık Su Arıtımında Kullanılan Yöntemler....177
1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI....182
8.2.3. Sürdürülebilirlik ve Yeşil Kimya....183
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME....185

KAYNAKÇA....186
CEVAP ANAHTARLARI....188
PERİYODİK TABLO....192
BAZI BİRİMLER VE DÖNÜŞÜMLERİ....194

Öğrenme biriminin adını ve numarasını gösterir.

Öğrenme birimine giriş görselini gösterir.



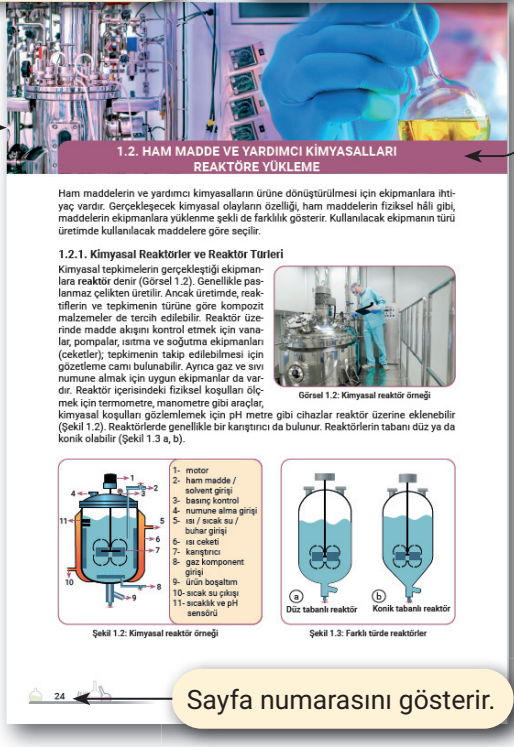
Öğrenme biriminde öğrenilecek konuları gösterir.

Öğrenme birimi tanıtım yazısını gösterir.

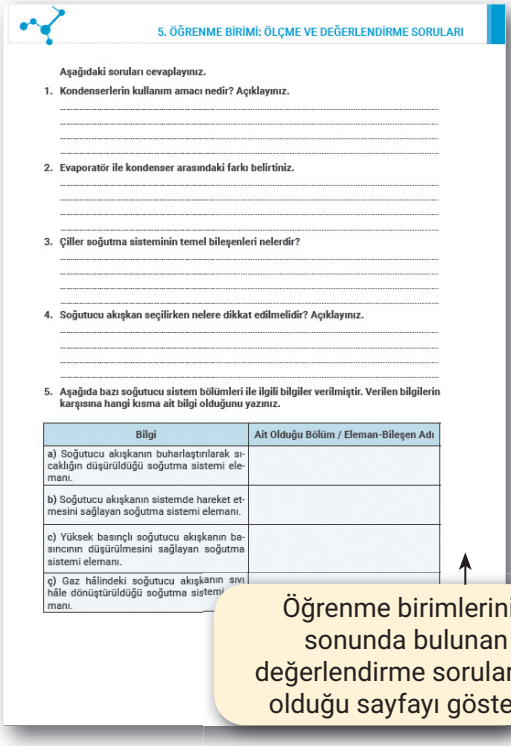
Öğrenme birimi hazırlık sorularını ve bunlara ait görselleri gösterir.

Bölüm görselini gösterir.

Bölüm adını ve numarasını gösterir.



Sayfa numarasını gösterir.

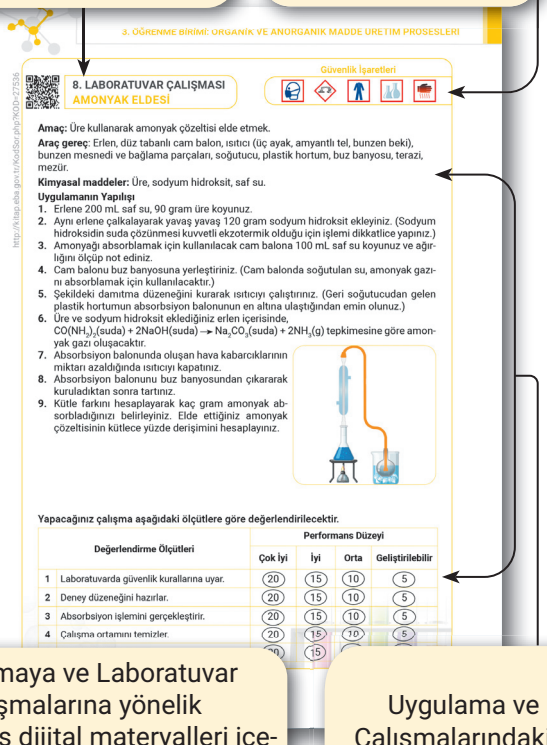


Öğrenme birimlerinin sonunda bulunan değerlendirme sorularının olduğu sayfayı gösterir.

Uygulama ve Laboratuvar Çalışmalarının adını gösterir.

Güvenlik işaretlerini gösterir.

Ufku geliştirmek ve ilgi çekmek için hazırlanmış kısmı gösterir.


3. ÖĞRENME BİRİMİ: ORGANİK VE ANORGANİK MADDE ÜRETİM PROSESLERİ

8. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
AMONYAK ELDESİ

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Üre kullanarak amonyak çözeltisi elde etmek.

Araç gereç: Erlen, düz tabanlı cam balon, ısıtıcı (üç ayak, amyantlı tel, bunzen beki), bunzen mesnedi ve bağlama parçaları, soğutucu, plastik hortum, buz banyosu, terazi, mezür.

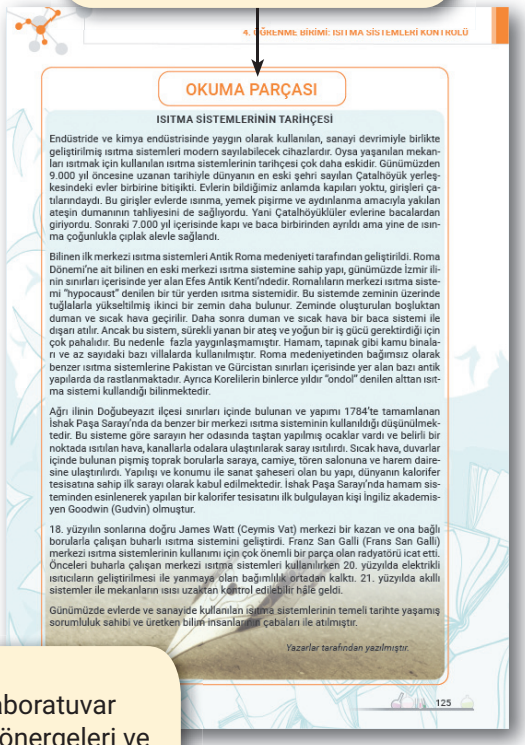
Kimyasal maddeler: Üre, sodyum hidroksit, saf su.

Uygulamanın Yapılışı

1. Erlene 200 mL saf su, 90 gram üre koyunuz.
2. Aynı erlene çalkalayarak yavaş yavaş 120 gram sodyum hidroksit ekleyiniz. (Sodyum hidroksidin suda çözünmesi kuvvetli ekzotermik olduğu için işlemi dikkatlice yapınız.)
3. Amonyağı absorblamak için kullanılacak cam balona 100 mL saf su koyunuz ve ağırlığını ölçüp not ediniz.
4. Cam balonu buz banyosuna yerleştiriniz. (Cam balonda soğutulan su, amonyak gazını absorblamak için kullanılacaktır.)
5. Şekildeki damıtma düzeneğini kurarak ısıtıcıyı çalıştırınız. (Geri soğutucudan gelen plastik hortumun absorbsiyon balonunun en altına ulaştığından emin olunuz.)
6. Üre ve sodyum hidroksit eklediğiniz erlen içerisinde, $CO(NH_2)_2(suda) + 2NaOH(suda) \rightarrow Na_2CO_3(suda) + 2NH_3(g)$ tepkimesine göre amonyak gazı oluşacaktır.
7. Absorbsiyon balonunda oluşan hava kabarcıklarının miktarı azaldığında ısıtıcıyı kapatınız.
8. Absorbsiyon balonunu buz banyosundan çıkararak kuruladıktan sonra tartınız.
9. Kütle farkını hesaplayarak kaç gram amonyak absorbladığınızı belirleyiniz. Elde ettiğiniz amonyak çözeltisinin kütlece yüzde derişimini hesaplayınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Deney düzeneğini hazırlar.	20	15	10	5
3	Absorbsiyon işlemini gerçekleştirir.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5


4. ÖĞRENME BİRİMİ: ISITMA SİSTEMLERİ KONUKULÜ

OKUMA PARÇASI

ISITMA SİSTEMLERİNİN TARİHÇESİ

Endüstride ve kimya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan, sanayi devrimiyle birlikte geliştirilmiş ısıtma sistemleri modern sayılabilecek cihazlardır. Oysa yaşanılan mekânları ısıtmak için kullanılan ısıtma sistemlerinin tarihçesi çok daha eskidir. Günümüzden 9.000 yıl öncesine uzanan tarihiyle dünyanın en eski şehri sayılan Çatalhöyük yerleşkesindeki evler birbirine bitişikti. Evlerin bildiğimiz anlamda kapıları yoktu, girişleri çatılarındaydı. Bu girişler evlerde ısınma, yemek pişirme ve aydınlanma amacıyla yakılan ateşin dumanının tahliyesini de sağlıyordu. Yani Çatalhöyüklüler evlerine bacalardan giriyordu. Sonraki 7.000 yıl içerisinde kapı ve baca birbirinden ayrıldı ama yine de ısınma çoğunlukla çıplak alevle sağlandı.

Bilinen ilk merkezi ısıtma sistemleri Antik Roma medeniyeti tarafından geliştirildi. Roma Dönemi'ne ait bilinen en eski merkezi ısıtma sistemine sahip yapı, günümüzde İzmir ilinin sınırları içerisinde yer alan Efes Antik Kenti'ndedir. Romalıların merkezi ısıtma sistemi "hypocaust" denilen bir tür yerden ısıtma sistemidir. Bu sistemde zeminin üzerinde tuğlalarla yükseltilmiş ikinci bir zemin daha bulunur. Zeminde oluşturulan boşluktan duman ve sıcak hava geçirilir. Daha sonra duman ve sıcak hava bir baca sistemi ile dışarı atılır. Ancak bu sistem, sürekli yanan bir ateş ve yoğun bir iş gücü gerektirdiği için çok pahalıdır. Bu nedenle fazla yaygınlaşmamıştır. Hamam, tapınak gibi kamu binaları ve az sayıdaki bazı villalarda kullanılmıştır. Roma medeniyetinden bağımsız olarak benzer ısıtma sistemlerine Pakistan ve Gürcistan sınırları içerisinde yer alan bazı antik yapılarda da rastlanmaktadır. Ayrıca Korelilerin binlerce yıldır "ondol" denilen alttan ısıtma sistemi kullandığı bilinmektedir.

Ağrı ilinin Doğubeyazıt ilçesi sınırları içinde bulunan ve yapımı 1784'te tamamlanan İshak Paşa Sarayı'nda da benzer bir merkezi ısıtma sisteminin kullanıldığı düşünülmektedir. Bu sisteme göre sarayın her odasında taştan yapılmış ocaklar vardı ve belirli bir noktada ısıtılan hava, kanallarla odalara ulaştırılarak saray ısıtılırdı. Sıcak hava, duvarlar içinde bulunan pişmiş toprak borularla saraya, camiye, tören salonuna ve harem dairesine ulaştırılırdı. Yapılışı ve konumu ile sanat şaheseri olan bu yapı, dünyanın kalorifer tesisatına sahip ilk sarayı olarak kabul edilmektedir. İshak Paşa Sarayı'nda hamam sisteminden esinlenerek yapılan bir kalorifer tesisatını ilk bulgulayan kişi İngiliz akademisyen Goodwin (Gudvin) olmuştur.

18. yüzyılın sonlarına doğru James Watt (Ceymis Vat) merkezi bir kazan ve ona bağlı borularla çalışan buharlı ısıtma sistemini geliştirdi. Franz San Galli (Frans San Galli) merkezi ısıtma sistemlerinin kullanımı için çok önemli bir parça olan radyatörü icat etti. Önceleri buharla çalışan merkezi ısıtma sistemleri kullanılırken 20. yüzyılda elektrikli ısıtıcıların geliştirilmesi ile yanmaya olan bağımlılık ortadan kalktı. 21. yüzyılda akıllı sistemler ile mekanların ısısı uzaktan kontrol edilebilir hâle geldi.

Günümüzde evlerde ve sanayide kullanılan ısıtma sistemlerinin temeli tarihte yaşamış sorumluluk sahibi ve üretken bilim insanlarının çabaları ile atılmıştır.

Yazarlar tarafından yazılmıştır.

125

Uygulamaya ve Laboratuvar Çalışmalarına yönelik hazırlanmış dijital materyalleri içeren karekod ve bağlantı adresini gösterir.

Uygulama ve Laboratuvar Çalışmalarındaki yönergeleri ve değerlendirme bölümünü gösterir.

Bilgi Kutusu

Kazanımlarla ilgili ek bilgilerin verildiği kısımdır.

Örnek

Kazanımlarla ilgili öğrenilenleri pekiştirmek amacıyla hazırlanmış örnekler bulunur.

Meraklısına

Kazanımlarla ilgili merak edilen, ilgi çekici bilgileri içerir.

Hatırlatma Kutusu

Geçmişte edinilen bilgilerin tazelenmesi amacıyla hazırlanmış kısımdır.

Sıra Sizde

Konunun hemen arkasından konuyu pekiştirmek amacıyla hazırlanan sorular yer alır.

Teknik Gezi

Üretimdeki uygulamaları yerinde görmek amacıyla düzenlenecek gezileri içerir.

Araştıralım, Not Alalım, Paylaşalım

Bireysel araştırmayı ve edinilen bilgilerin paylaşımını teşvik etmek amacıyla hazırlanmış kısımdır.

GÖRSEL KAYNAKÇASI

http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=1526

Görsel kaynakçaya ulaşabileceğiniz karekodu gösterir.

Korozif (aşındırıcı) madde

Patlayıcı madde

Tahriş edici madde

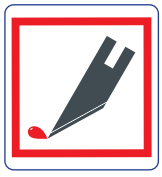
Basınçlı tüp

Yanıcı madde

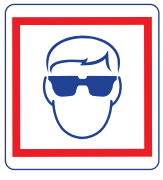
Yakıcı (oksitleyici) madde

Çevreye zararlı madde

Zehirli (toksik) madde


Kesici cisim güvenliği

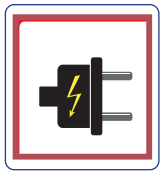
Isı güvenliği


Göz güvenliği

Elbise güvenliği

Kırılabilir cam güvenliği

Sıcak cisim güvenliği


Elektrik güvenliği

Maske güvenliği

1.
ÖĞRENME BİRİMİ
REÇETEYİ UYGULAMA

KONULAR

1.1. REÇETEYE GÖRE HAM MADDE VE YARDIMCI KİMYASALLARI HAZIRLAMA
1.2. HAM MADDE VE YARDIMCI KİMYASALLARI REAKTÖRE YÜKLEME

Günümüzde ihtiyaçların artmasıyla birlikte ürün çeşitliliği ve üretim kapasiteleri de artmış, ürünlerin raf ömrünün uzun olmasına ihtiyaç duyulmuştur. Ürünlerin özgünlüğü, kalitesi, dayanım süresi önem kazanmıştır. Bu konuda çalışma yapan bilim insanları ürünlerin içeriği hakkında bilgi veren belgeler hazırlamıştır. Hazırlanan bu belgelerde üretim sırasında maddelerin miktar hesaplarının nasıl yapılacağı, tepkimelerin gerçekleşme şartları verilmiştir. Ayrıca madde taşıma işlemleri ve araçların kullanımı hakkında bilgiler yer almıştır.

Bu öğrenme biriminde, ürünlerin tüketiciye ulaşmadan önceki aşamalarda nasıl hazırlandığını, hangi işlemlerden geçtiğini öğreneceksiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

Piyasada bulunmayan bir ürün tasarlamak isteseydiniz ne tür çalışmalar yapardınız? Arkadaşlarınızla tartışınız.

Satın alınan ürünlerin ambalajının üzerinde hangi bilgiler yer alır? Araştırınız.

1.1. REÇETEYE GÖRE HAM MADDE VE YARDIMCI KİMYASALLARI HAZIRLAMA

Üretimde kullanılan işlem görmemiş materyaller ve maddelere **ham madde**; ürüne ek özellikler kazandıran, ürünü iyileştiren maddelere ise **yardımcı kimyasal** denir. Örneğin sabun üretiminde kullanılan yağ ve kostik ham madde; boya, parfüm, cilt yumuşatıcı, ağartıcı gibi maddeler ise yardımcı kimyasaldır.

Kaliteli ve tüketiciyi memnun edecek bir ürüne ulaşmak için hazırlanacak formüller uzun zamanlı ve maliyetli olabilmektedir. Bunun için üretim sürecine başlamadan önce, kullanılacak ham maddeler ve yardımcı kimyasallarla üretimi yapılacak malzemelerin özellikleri ve karışma oranları belirlenir.

1.1.1. Reçete Nedir?

Üretimde kullanılan ham maddeleri, karışım oranlarını, hazırlama süreçlerini içeren formülasyonlara **reçete** denir. Reçete bir ürünün formülasyonudur (Şekil 1.1). Üretim süreçlerinin planlanabilmesi için reçetenin doğru bir şekilde hazırlanması gerekir. Reçete uygulanırken ve uygulandıktan sonra tepkimenin tamamlanıp tamamlanmadığı kontrol edilir. Ürünün kalitesini etkileyen basınç, pH, sıcaklık gibi değişkenlerin kontrolü önemlidir. Reçetelerin doğru hazırlanması, uygulanması ve özgünlüğünü kaybetmemesi için sır gibi saklanması üreticinin gelecekte de piyasada var olup olmayacağını belirler.

Tıraş Kremi

Formül Numarası: C01-21-01A

Ham Maddenin Adı	Kütlece Yüzde (%)
stearik asit ($CH_3(CH_2)_{16}COOH$)	10
parafin	16
gliserin ($C_3H_8O_3$)	6
trietanolamin ($C_6H_{15}NO_3$)	2
saf su	66
esans	az miktarda

Hazırlama Prosedürü

1	Parafini 75 ^{0}C'taki su banyosunda eritiniz, üzerine stearik asit ekleyiniz.
2	Karışımın üzerine trietanolamin ilave ederek pH kontrolü yapınız. (pH 5,5 -7 arasında olmalıdır.)
3	Aynı sıcaklıkta karışıma gliserin ekleyiniz.
4	Karışımı su banyosundan çıkararak 40 ^{0}C'a kadar soğutunuz ve üzerine esans ekleyiniz.
5	Soğuyuncaya kadar karıştırmaya devam ediniz.

Şekil 1.1: Reçete örneği

1.1.2. Reçete Hesaplamaları

Reçete hazırlanırken ya da uygulanırken yapılacak bir hata büyük maddi kayıplara yol açar. Bu yüzden reçete hazırlanırken ham maddelerin kimyasal özelliklerinin bilinmesi, hesaplamaların doğru şekilde yapılması gerekir.

Ham madde miktarları reçetelerde yüzde oran şeklinde verilmişse hesaplanması, ***ham madde miktarı (g) = ürün miktarı (G) x ham madde yüzdesi (%H)*** formülü kullanılarak yapılır. *(g = G x %H)*

Örnek

İlaç ve antiseptik olarak kullanılan lugol çözeltisinin reçetesi aşağıda verilmiştir. **Lugol çözeltisinden 1000 gram hazırlamak isteyen bir eczacının reçete içeriklerinde belirtilen maddelerden kaçar gram kullanması gerektiğini hesaplayınız.**

Lugol Çözeltisi

Formül Numarası: M01-19-14B

Ham Maddenin Adı	Kütlece Yüzde (%)
iyot	4
potasyum iyodür	9
distile su	87

Çözüm

Her bir madde için gereken miktar,

ham madde miktarı (g) = ürün miktarı (G) x ham madde yüzdesi (%H) formülü kullanılarak hesaplanır.

İyot için, g = 1000 x 4/100 **g = 40 gram,**

potasyum iyodür için, g = 1000 x 9/100 **g = 90 gram,**

distile su için, g = 1000 x 87/100 **g = 870 gram bulunur.**

1. Sıra Sizde

Kulak temizliğinde kullanılan ve mantar oluşumunu engelleyen alkol-borik asit doymuş çözeltisinin reçetesi; kütlece %5 borik asit (H_3BO_3) ve %95 etil alkol (C_2H_5OH) içermektedir. **500 gram alkol-borik asit doymuş çözeltisi hazırlamak için verilen maddelerden kaçar gram kullanılması gerektiğini hesaplayınız?**

Bazen belirli bir miktarda üretim için reçetelerde ham maddelerin kütle ve hacimleri verilir. Reçetede öngörülenden farklı miktarda üretim yapılacaksa ham madde miktarları hesaplanan katsayı (k) ile çarpılarak belirlenir:

$$k = \frac{\text{ürün miktarı (G)}}{\text{reçetedeki ürün miktarı (R)}}$$

Reçetelerde karışım hacminin belli bir değere tamamlanması istenebilir. Reçete içeriğinde y.m (yeterli miktarda) ve k.m (kâfi miktarda) gibi kısaltmalar kullanılabilir. Bu tür durumlarda karışımın hacmi, belirtilen çözücü ile verilen değere tamamlanır.

Örnek

Bir işletme aşağıdaki reçeteye göre 8 litre tentürdiyot hazırlamak istemektedir. **Kullanılacak ham madde miktarlarını hesaplayarak reçetenin hazırlanışını kısaca açıklayınız.**

Tentürdiyot

Formül Numarası: M01-19-13C

Ham Maddenin Adı	Miktarı
katı iyot (I_2)	4 g
potasyum iyodür (KI)	5 g
etil alkol (C_2H_5OH) (%50)	y.m 200 mL

Hazırlama Prosedürü

1	İyot ve potasyum iyodürü cam havanda eziniz. (Metal ve porselenle temas ettirmeyiniz.)
2	Toz hâline gelen karışımı %50'lik alkolün bir kısmı ile çözünüz.
3	Çözeltiyi huni yardımıyla mezüre aktarınız.
4	Cam havanı alkol çözeltisi ile yıkayıp çözeltiyi mezüre dökünüz.
5	Alkol çözeltisi ile toplam hacmi 200 mL'ye tamamlayınız.
6	Karışımı koyu renkli cam şişeye alarak etiketleyiniz.

Çözüm

Reçetedeki ürün miktarı (R) 200 mL'dir. Ancak ürün miktarının (G) 8 L olması istenmektedir. (8 L = 8000 mL)

$k = \frac{8000}{200}$

$k = 40$

iyot için, $m_{I_2} = 40 \times 4 \longrightarrow \mathbf{m_{I_2} = 160 \text{ gram},}$

potasyum iyodür için, $m_{KI} = 40 \times 5 \longrightarrow \mathbf{m_{KI} = 200 \text{ gram bulunur.}}$

160 gram iyot ve 200 gram KI havanda ezilir. Toplam hacim 8000 mL oluncaya kadar üzerine %50'lik alkol çözeltisi ilave edilir.

2. Sıra Sizde

Bir işletme aşağıdaki reçeteye göre 20 litre kolonya hazırlamak istemektedir. **Kullanılacak ham madde miktarlarını hesaplayarak reçetenin hazırlanışını kısaca açıklayınız.**

Kolonya

Formül Numarası: C01-19-02A

Ham Maddenin Adı	Miktarı (mL)
etil alkol (C_2H_5OH) (%96)	833
esans	15
saf su	y.m 1000

Hazırlama Prosedürü

1	Alkolün buharlaşmaması için karıştırma işlemini vida kapaklı şişede yapınız.
2	Etil alkolü karıştırma kabına alıp üzerine esans ekleyiniz.
3	Karışıma saf su ekleyerek toplam hacmi 1 litreye tamamlayınız.

1.1.3. Ham Madde Seçimi

Reçete oluşturulurken en önemli unsur ürünün içeriğinde bulunan ham maddelerin seçimidir. Ham maddenin kaliteli olması, istenmeyen ya da toksik safsızlıklar içermemesi, zaman içerisinde özelliğinin değişmemesi istenir.

Endüstriyel ölçekte üretim yapıldığında büyük miktarlarda ham maddeye ihtiyaç duyulur. Aynı ya da benzer ürünü üretebilmek için farklı ham maddeler kullanılabileceği gibi, aynı ham madde farklı kaynaklardan da temin edilebilir. Ham madde seçiminde en önemli faktör, kullanılacak ham maddenin fiyatıdır. Ham madde fiyatları, ürünün fiyatına etki eder. Ham maddenin kaynağıyla üretim tesisi arasındaki mesafe de ham madde seçiminde bir diğer önemli faktördür. Ham madde kaynağı ile üretim tesisi arasında iyi bir ulaşım ağının bulunması istenir. Bu nedenle üretim tesisleri genellikle ham madde kaynağına yakın yerlerde kurulur. Ham maddenin üretim tesisinde depolanması ise başka bir maliyet unsurudur. Bu maliyetten kurtulabilmek için ham madde, depolanmak yerine istenildiği zaman, kolayca, istenilen miktarda temin edilebilmelidir.

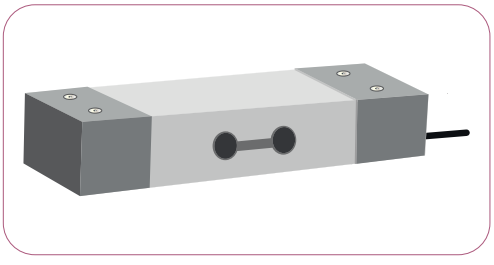
1.1.4. Ölçüm Araçları

Reçeteye uygun üretim yapabilmek için reçetedeki maddelerin miktarlarının belirlenmesi gerekir. Kesikli üretim yapılan küçük işletmelerde, ölçü kapları ve değişik türde kütle ölçen cihazlar kullanılır. Ancak sürekli üretim yapılan tesislerde ise kesintisiz bir madde akışı vardır. Bu tesislerde madde miktarları, elektronik cihazlar ve bilgisayar kontrollü sistemlerle anlık olarak ölçülür. Sürekli üretimde kullanılan katı maddelerin miktarı, birim zamanda kütle ölçülerek belirlenir. Birim zamanda kullanılan sıvı ve gazların hacmini belirlemek için ise debi ölçülür.

Kütle Ölçümü

Sürekli çalışan sistemlerde katı kütleler yük hücreleri yardımıyla anlık olarak takip edilebilir. Yük hücreleri, üzerlerine uygulanan kuvveti elektrik sinyallerine dönüştürür (Görsel 1.1). Çalışma ilkesi genellikle gerilim ölçümüne dayanır. Malzemelerin boyu, üzerlerine basınç uygulandığında kısalır; çekme kuvveti uygulandığında ise uzar. Boyu değişen malzemenin elektriksel direnci de değişir. Yük hücresinde kuvvet etkisiyle malzeme boyutunda meydana gelen değişimler cihaza uygulanan voltajın da değişmesine sebep olur. Söz konusu voltaj değişimleri çok küçük olduğu için sinyali yükseltmek amacıyla amplifikatör (yükselteç) kullanılır. Amplifikatörde yükseltilen elektrik sinyali bir algoritma sayesinde kuvveti oluşturan kütleyi belirler.

Yük hücreleri, taşıyıcı bant sistemiyle birleştirilerek taşınan katı kütlenin anlık olarak ölçülmesine olanak verir.



Görsel 1.1: Çift kirişli yük hücresi

Debi Ölçümü

Belirli bir kesit alanından birim zamanda geçen akışkan miktarına **debi** denir. Debi birimi olarak genellikle m^3/s kullanılır. Kesintisiz çalışan tesislerde sıvı ve gazların hacmi debi ölçümü ile belirlenir. Bir borudan akan akışkanın debisini ölçmek için venturimetre, rotametre vb. mekanik cihazlar kullanılabileceği gibi, ultrasonik debi ölçer türü elektronik cihazlar da kullanılabilir. Modern üretim tesislerinde, debi ölçülerek aktarılan sıvı ve gazların hacmi anlık olarak takip edilebilir.

Hatırlatma Kutusu

Çözeltiler, çözücü eklenerek seyreltildiğinde veya su buharlaştırılarak derişimi arttırıldığında son derişimi, $C_1V_1 = C_2V_2$ formülü kullanılarak hesaplanır. (C: Derişim, V: Hacim)

Derişimleri farklı birden fazla çözelti karıştırıldığında son karışımın derişimi $C_1V_1 + C_2V_2 + ... = C_sV_s$ formülü yardımı ile bulunur.

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
REÇETEYİ UYGULAMA

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Reçete örneği üzerinden 100 mL limon kolonyası hazırlamak.
Araç gereç: 250 mL'lik erlen, mezür veya sıvı ölçüm kabı, huni, tıpa.
Kimyasal maddeler: Etil alkol, saf su, limon esansı.
Uygulamanın Yapılışı

1. Aşağıda limon kolonyası üretimi için bir reçete verilmiştir. Reçeteyi inceleyiniz.

Limon Kolonyası

Formül Numarası: C01-19-03A

Ham Maddenin Adı	Miktarı (mL)
etil alkol (C_2H_5OH) (%96)	833
limon esansı	15
saf su	y.m 1000

Hazırlama Prosedürü

1	Alkolün buharlaşmaması için karıştırma sırasında kullacağınız kabın kapağını kapalı tutunuz.
2	Etil alkolü karıştırma kabına alıp üzerine limon esansını ekleyiniz.
3	Karışıma saf su ekleyerek toplam hacmi 1 litreye tamamlayınız.

2. Reçetede 1000 mL kolonya üretimi için madde miktarları verilmiştir. 100 mL ürün elde etmek için gereken madde miktarlarını hesaplayınız.
3. Reçetedeki talimatları uygulayarak 100 mL kolonya hazırlayınız.
4. Hazırladığınız kolonyayı şişelere koyarak uygun biçimde etiketleyiniz.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Etil alkol ve limon esansının hacimlerini ölçerek su ile hacim tamamlama işlemini yapar.	20	15	10	5
3	Etiket hazırlar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
REÇETEYİ UYGULAMA

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Reçete örneği üzerinden grup çalışması ile 1 L el dezenfektanı hazırlamak.

Araç gereç: 1 litrelik vida kapaklı cam veya plastik şişe, 5 litrelik saydam su bidonu, mezür veya sıvı ölçüm kabı, huni, 100 mL'lik sızdırmaz kapaklı plastik şişeler.

Kimyasal maddeler: İzopropil alkol (%99,8) veya etil alkol (%96), hidrojen peroksit, gliserin, steril distile su.

DİKKAT: Saf etil alkol ve izopropil alkol yanıcıdır. Alevden ve ısı kaynağından uzak tutulmalıdır. El dezenfektanı üretimi sırasında hijyen kurallarına uyulmalı, eldiven ve maske kullanılmalıdır.

İşlem sonunda çözelti kullanılmadan önce, alkol konsantrasyonu mutlaka alkolmetre (alkolölçer) ile ölçülmelidir.

Hazırlanan karışım uygun koşullarda saklanmalıdır. (20 ^{0}C altındaki sıcaklıkta)

Son kullanma tarihini dolum tarihine 180 gün ekleyerek etikete yazınız.

Reçete içeriğindeki alkol etken maddedir. Hidrojen peroksit, ortamdaki mikroorganizmaları yok etmek için, gliserin ise yumuşatıcı olarak kullanılır. İstenildiği takdirde nane, kekik, lavanta esansı kullanılabilir.

Uygulamanın Yapılışı

1. Aşağıda el dezenfektanı için Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO / DSÖ) önerdiği bir reçete verilmiştir. Reçeteyi inceleyiniz. [10 litrelik üretim için 7250 mL izopropil alkol yerine 8350 ml etil alkol (%96) kullanabilirsiniz. Reçetenin diğer bileşenlerini değiştirmeyiniz.]

El Dezenfektanı

Formül Numarası: M01-20-04B

Ham Maddenin Adı	Miktarı
izopropil alkol (C_3H_8O) (%99,8)	7520 mL
hidrojen peroksit (H_2O_2) (%3)	420 mL
gliserin ($C_3H_8O_3$) (%98)	150 mL
steril distile su	y.m 10 L

Hazırlama Prosedürü

1	İzopropil alkolden 7520 mL alarak 10 litrelik kaba koyunuz.
2	Alkolün buharlaşmaması için vida kapaklı karıştırma kabı kullanınız. Madde ilavesinin ardından karıştırma kabının kapağını daima kapalı tutunuz.
3	Karıştırma kabına 420 mL hidrojen peroksit ilave ediniz.
4	150 mL gliserin ölçerek karıştırma kabına ilave ediniz. Ölçü kabını distile suyla çalkalayarak elde ettiğiniz çözeltiyi karıştırma kabına koyunuz.
5	Karışıma son hacim 10 L olacak şekilde steril distile su ekleyiniz.
6	Karışımı uygun bir araç kullanarak karıştırınız.
7	Kullanmadan önce 72 saat bekleyiniz.

2. Reçetede 10 litre el dezenfektanı üretimi için madde miktarları verilmiştir. 1 litre ürün elde etmek için gereken madde miktarlarını hesaplayınız.
3. Reçetedeki talimatları uygulayarak 1 litre ürün hazırlayınız.
4. Ürünü 5 litrelik kaba aktarıp hafifçe sallayarak veya uygun bir araç kullanarak karıştırınız.
5. Karıştırılan ürünü 100 mL hacimli kapaklı şişelere aktarınız ve kullanmadan önce 72 saat bekletiniz. (Bekletme, boş kapta veya çözeltide olası mikroorganizmaların ortadan kaldırılmasını sağlar.)
6. Ürünü aşağıda verilen bilgileri içerecek şekilde etiketleyiniz. (**Etiketleme:** En önemli aşamalardan biridir. Kullanılan bütün malzemeler ve ürünler beyaz, yardımcı maddeler ise kırmızı etiketle etiketlenmelidir.)

Ürün Adı:	**Kullanımı ve Saklanması ile İlgili Uyarılar** DSÖ tarafından önerilen el antiseptiğidir. Sadece haricî kullanım içindir. Göze temastan kaçınınız. Çocukların ulaşamayacağı yerde muhafaza ediniz. **Kullanımı:** Bir avuç dolusu el antiseptiği alınır, ellerin bütün yüzeylerine uygulanır ve kuruyana kadar eller ovalanır. **Yanıcı:** Ateş ve sıcaktan uzak tutunuz.
Kurum Adı:	
Bileşimi:	
Miktarı	
	Üretim / Son Kullanım Tarihi:.....

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	**Performans Düzeyi**			
		Çok İyi	**İyi**	**Orta**	**Geliştirilebilir**
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	10	8	5	3
2	İzopropil alkol, hidrojen peroksit ve gliserinin hacimlerini ölçer.	20	15	10	5
3	Reçetedeki tarife uygun şekilde karıştırır.	20	15	10	5
4	Hijyen kurallarına uyar.	10	8	5	3
5	Etiket hazırlar.	20	15	10	5
6	Çalışma ortamını temizler.	10	8	5	3
7	Rapor hazırlar.	10	8	5	3

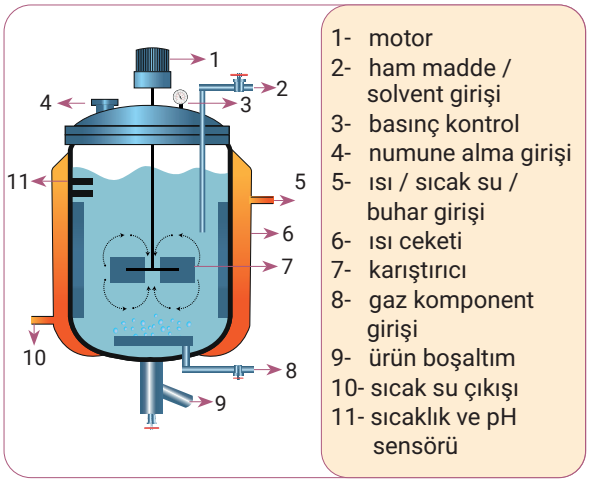
1.2. HAM MADDE VE YARDIMCI KİMYASALLARI REAKTÖRE YÜKLEME

Ham maddelerin ve yardımcı kimyasalların ürüne dönüştürülmesi için ekipmanlara ihtiyaç vardır. Gerçekleşecek kimyasal olayların özelliği, ham maddelerin fiziksel hâli gibi, maddelerin ekipmanlara yüklenme şekli de farklılık gösterir. Kullanılacak ekipmanın türü üretimde kullanılacak maddelere göre seçilir.

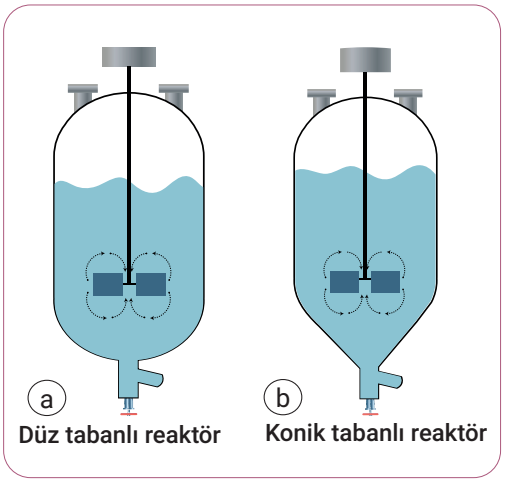
1.2.1. Kimyasal Reaktörler ve Reaktör Türleri

Görsel 1.2: Kimyasal reaktör örneği

Kimyasal tepkimelerin gerçekleştiği ekipmanlara **reaktör** denir (Görsel 1.2). Genellikle paslanmaz çelikten üretilir. Ancak üretimde, reaktiflerin ve tepkimenin türüne göre kompozit malzemeler de tercih edilebilir. Reaktör üzerinde madde akışını kontrol etmek için vanalar, pompalar, ısıtma ve soğutma ekipmanları (ceketler); tepkimenin takip edilebilmesi için gözetleme camı bulunabilir. Ayrıca gaz ve sıvı numune almak için uygun ekipmanlar da vardır. Reaktör içerisindeki fiziksel koşulları ölçmek için termometre, manometre gibi araçlar, kimyasal koşulları gözlemlemek için pH metre gibi cihazlar reaktör üzerine eklenebilir (Şekil 1.2). Reaktörlerde genellikle bir karıştırıcı da bulunur. Reaktörlerin tabanı düz ya da konik olabilir (Şekil 1.3 a, b).



Şekil 1.2: Kimyasal reaktör örneği



Şekil 1.3: Farklı türde reaktörler

Bilgi Kutusu

En az iki farklı malzeme birleştirilerek oluşturulan yeni malzemeye **kompozit malzeme** denir. Kompozit malzemeler, bileşenlerinin özelliklerini taşımanın yanı sıra daha farklı özelliklere de sahip olur. Örneğin beton ve çeliğin birleştirilmesiyle elde edilen betonarme kompozit bir malzemedir. Betonun çekme dayanımı düşük, basınç dayanımı yüksektir. Çeliğin ise basınç dayanımı düşük, çekme dayanımı yüksektir. Betonarmede ise hem basınç hem de çekme dayanımı yüksektir.

Reaktörler, ham maddeleri ürüne dönüştüren ekipmanlar oldukları için kimyasal üretim süreçlerinde çok önemli bir yere sahiptir. En düşük maliyetle en yüksek verimi elde etmek için tank ya da boru şeklinde tasarlanabilir.

Kimyasal reaktörler, çalışma prensiplerine göre; kesikli ve sürekli reaktörler olmak üzere ikiye ayrılır. Kesikli reaktörlerde tepkime tamamlanıncaya kadar reaktöre madde giriş ve çıkışı yoktur. Sürekli çalışan reaktörlere sürekli olarak belirli miktarda ham madde ilave edilir ve reaktörden sürekli olarak ürün alınır.

1.2.2. Ham Maddelerin Reaktöre Yüklenmesi

Ham maddelerin reaktöre ne şekilde yükleneceği reaktörün türüne, tasarım özelliğine, reaktörde gerçekleşen tepkimeye göre farklılık gösterir. Katı ve sıvı hâldeki ham maddeler tank tipi reaktörlere, genellikle reaktörün üst kısmında bulunan bağlantılar yardımıyla yüklenir. Buhar ve gaz fazındaki maddeler ise reaktöre üstten yüklenebileceği gibi reaktörün altından ya da karıştırıcı içerisindeki kanallar yardımıyla da yüklenebilir. Katı hâldeki ham maddeler genellikle bağlantı elemanları ve yer çekimi yardımıyla reaktöre yüklenir. Sıvı ve gaz hâlindeki ham maddelerin reaktöre yüklenmesinde pompalar ve vanalar kullanılır. Reaktörde elde edilen ürün genellikle sıvı faz içerisindedir ve reaktörün alt kısmından yer çekimi yardımıyla alınır.

Ham maddelerin reaktöre yüklenme sırası ve hızı da reaktör ve tepkimenin türüne göre farklılık gösterir.

Meraklısına

Kullanım alanlarına göre çok sayıda metal alaşımı vardır. Üretici ve tüketicilerin birbirlerini kolayca anlayabilmeleri için ülkeler farklı kodlama sistemleri kullanır. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan kodlama sistemi **birleşik numaralandırma sistemi**dir **(UNS).** UNS kod sisteminde bakır alaşımları C00001 ila C99999 aralığında, paslanmaz çelikler ise S00001 ila S99999 aralığında numaralandırılır. Kimya sektöründe yüksek korozyon dayanımından ötürü yaygın kullanılan paslanmaz çelik türü S31600 kodu ile gösterilir. Bu kod sanayide **316 çeliği** olarak bilinir.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27518

3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
REÇETEYİ UYGULAMA

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Reçete örneği üzerinden sabun üretmek.

Araç gereç: 1 adet 500 mL'lik erlen, 2 adet 100 mL'lik erlen, cam baget, mezür, ısıtıcı, huni, süzgeç kâğıdı, terazi.

Kimyasal maddeler: Sodyum hidroksit (NaOH), etil alkol (C_2H_5OH), sofra tuzu (NaCl), bitkisel sıvı yağ.

DİKKAT: NaOH katısının suda çözünmesi ekzotermiktir ve çözeltisi aşındırıcıdır. Cilde ve göze sıçramaması için dikkatli çalışılmalıdır.

Uygulamanın Yapılışı

1. Aşağıda sabun üretimi için bir reçete verilmiştir. Reçeteyi inceleyiniz.

Sabun

Formül Numarası: C01-21-01A

Ham Maddenin Adı	Miktarı
NaOH	10 g
saf su	40 mL
bitkisel sıvı yağ	50 mL
etil alkol	40 mL
doygun NaCl çözeltisi	100 mL
seyreltik NaCl çözeltisi	25 mL

Hazırlama Prosedürü

1	NaOH katısını saf su içine yavaş yavaş ekleyerek çözünüz.
2	Bitkisel sıvı yağı 500 mL'lik erlen içerisine alınız.
3	Erleni ısıtıcı üzerine koyarak ısıtıcıyı düşük ayarda çalıştırınız.
4	Sıvı yağın üzerine önce alkolü sonra hazırladığınız NaOH çözeltisini ilave ediniz.
5	Cam bagetle yağ damlacıkları kaybolup karışım beyaz bir bulamaç hâlini alıncaya kadar sürekli karıştırarak ısıtınız.
6	Karışım puding kıvamını alınca ısıtıcı üzerinden alarak soğumaya bırakınız.
7	Karışım üzerine doygun tuzlu su çözeltisini dökünüz. Karıştırarak sabunu çöktürünüz.
8	Karışımı huni içerisine yerleştirdiğiniz süzgeç kâğıdı yardımıyla süzünüz.
9	Süzgeç kâğıdında kalan katıyı farklı bir süzgeç kâğıdına alıp önce seyreltik tuzlu su çözeltisi ile sonra saf su ile yıkayınız.
10	Elde ettiğiniz katıyı uygun bir kalıba alarak kurutunuz.

2. Reçetedeki talimatları uygulayarak sabun elde ediniz.

3. Ürettiğiniz sabundan küçük bir miktar alarak bir deney tüpünde, köpürüp köpürmediğini ve pH'ını kontrol ediniz .

4. Sabunu benzer bir yöntemle çok miktarda üretmek isteseydiniz

a) Kesikli reaktör mü yoksa sürekli reaktör mü kullanmanız gerekirdi?

b) Reaktörünüzde karıştırıcı kullanır mıydınız?

c) reaktörü ısıtmak veya soğutmak gerekir miydi?

Arkadaşlarınızla tartışınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	NaOH katısını tartarak suda çözer.	20	15	10	5
3	Süzme ve yıkama işlemlerini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27519

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
REÇETEYİ UYGULAMA

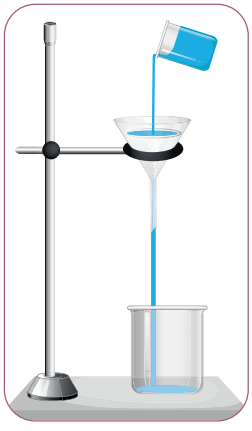
Güvenlik İşaretleri

Amaç: Reçete örneği üzerinden yapıştırıcı üretmek.

Araç gereç: 250 mL'lik beher , ısıtıcı, 250 mL'lik erlen, baget, huni, süzgeç kâğıdı, terazi, dereceli silindir, bunzen mesnedi ve bunzen kıskacı.

Kimyasal maddeler: 50 mL yağsız süt (yağ oranı %1-2), sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$), 0,8 M asetik asit veya beyaz sirke, saf su.

DİKKAT: Deney sırasında oluşan atıkları çevreye zarar vermeyecek şekilde temizleyiniz.



Ürettiğiniz yapıştırıcı hemen kullanılırsa uygulandığı zemini çok ıslatır. Yapışkan etkisi bir süre beklenildiğinde görülür. Bu yüzden iyi sonuç almak için yeterli süre beklenilmelidir.

Yapıştırıcı bir gün bekletilirse daha berrak ve akışkan bir hâl alır, yapıştırıcı özelliği de devam eder.

Kazein, süt proteinine verilen isimdir. Kazein tutkalı ahşap yapıştırıcısı olarak günümüzde de kullanılmaktadır. Sudan etkilenmemesi en önemli avantajıdır. Endüstriyel üretim reçetelerinde toz hâlinde kazein; kalsiyum hidroksit [$Ca(OH)_2$] ve bazı yardımcı kimyasallarla karıştırılarak elde edilir.

Uygulamanın Yapılışı

1. Aşağıda yapıştırıcı üretimi için bir reçete verilmiştir. Reçeteyi inceleyiniz.

Kazein Tutkalı

Formül Numarası: K01-20-01A

Ham Maddenin Adı	Miktarı
yağsız süt (yağ oranı %1-2)	50 mL
sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$)	1 g
0,8 M asetik asit (CH_3COOH)	10 mL
saf su	10 mL

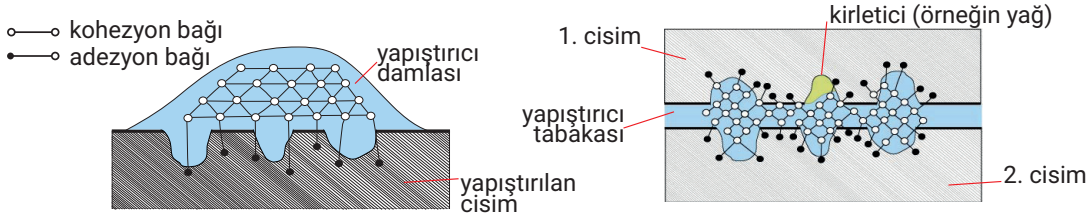
Hazırlama Prosedürü

1	50 mL yağsız sütü ölçerek behere koyunuz.
2	10 mL asetik asidi sütün üzerine ekleyiniz.
3	Karışımı küçük topaklar oluşmaya başlayıncaya kadar sürekli karıştırarak hafif ateşte ısıtınız.
4	Beheri ısıtıcıdan alarak topakların dibe çökmesi için yaklaşık 5 dakika bekleyiniz. (Sıcak beheri, çatlamaması için soğuk zemine koymayınız.)
5	Filtreleme düzeneği yardımıyla karışımı erlene süzünüz.
6	Filtre kâğıdında kalan katıyı boş behere koyunuz. Üzerine, tutkal istediğiniz kıvama gelinceye kadar, saf suyu yavaş yavaş karıştırarak ekleyiniz.
7	Karışımın üzerine nötralleşme için 1 g $NaHCO_3$ katısını karıştırarak ekleyiniz.
8	Tepkimenin tamamlanması için bir süre bekleyiniz. Gaz çıkışı tamamlandığında ürün hazır olacaktır.

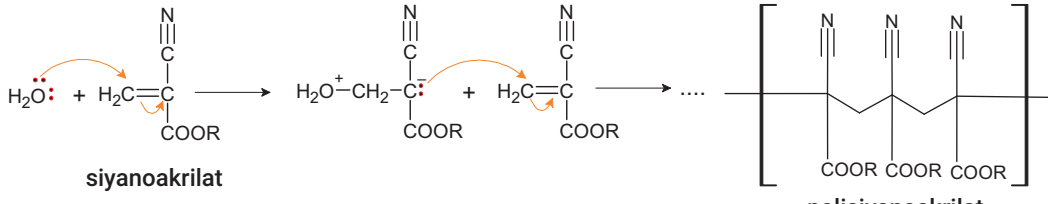
2. Reçetedeki talimatları uygulayarak yapıştırıcı elde ediniz.
3. **Yapıştırıcı üretimi sırasında yapılan işlemlerin sebepleri nelerdir? Arkadaşlarınızla tartışınız.**
4. Ürettiğiniz yapıştırıcıyı piyasada satılan yapıştırıcılarla karşılaştırınız. **Aralarında ne gibi farklar var? Arkadaşlarınızla tartışınız.**

Yapıştırıcılar Nasıl Çalışır?

Yapıştırıcıların çalışma mekanizması adezyon ve kohezyon kuvvetleri ile açıklanır. Yapıştırıcının kendi molekülleri arasındaki kuvvetler kohezyon, yapıştırıcı ile yapıştırılan yüzey arasındaki kuvvetler adezyon kuvvetleridir. Yapıştırılacak yüzeylerdeki yağ ve kir adezyon kuvvetlerinin oluşumunu engeller. Bu nedenle önce yüzeyler temizlenmelidir.



Yapıştırıcılar, çoğunlukla doğal ya da sentetik polimerlerin bir çözücü içinde çözünmesiyle hazırlanır. Yapıştırıcıların bazı türlerinde çözücü buharlaştığında polimer; adezyon ve kohezyon kuvvetleri yardımıyla yüzeyleri birbirine bağlar. Kazein tutkalı böyle çalışır. Bazı yapıştırıcılarda ise çözücü içindeki moleküller, yapıştırıcıya eklenen ikinci bir bileşen veya havada bulunan oksijen, su gibi moleküller sayesinde kimyasal tepkimeye girerek polimerleşir. Oluşan polimer, yüzeyleri birbirine bağlar. Süper yapıştırıcılar (japon yapıştırıcısı) ikinci türe örnektir. Yapıştırıcı içinde bulunan siyanoakrilat bileşiği havada bulunan nem (su molekülü) sayesinde polimerleşir. Oluşan siyanoakrilat polimeri güçlü adezyon ve kohezyon kuvvetlerine sahip olduğu için yüksek mukavemete sahiptir. Tepkime oldukça hızlı gerçekleştiği için süper yapıştırıcılar hızlı yapıştırır.



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	10	8	5	3
2	Süt ve asetik asidi belirtilen hacimlerde karıştırarak çökelti oluşumunu sağlar.	20	15	10	5
3	Filtrasyon işlemini yapar.	20	15	10	5
4	Nötralleşme tepkimesini gerçekleştirir.	20	15	10	5
5	Çalışma ortamını temizler.	10	8	5	3
6	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

OKUMA PARÇASI

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE REÇETELER

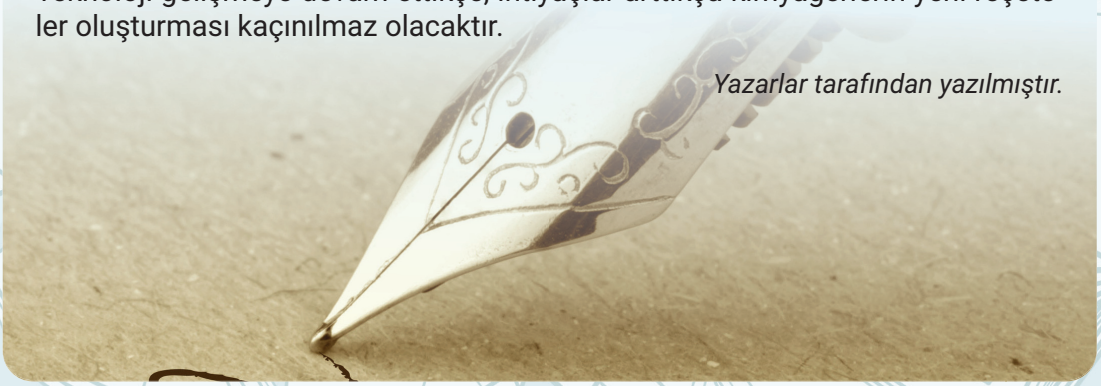
İhtiyaçların artmasıyla birlikte yeni ürün reçetelerinin oluşturulması ve kullanılan ürünlerin reçetelerinde değişimlere gidilmesi gerekmektedir. Bilim insanlarının reçeteler üzerinde yaptıkları çalışmalar canlıların sağlıklı, güvenli bir hayat yaşamalar, doğaya zarar vermeyecek üretimlerin yapılabilmesi için devam etmektedir. Ayrıca bilim insanları, oluşturdukları reçeteler sayesinde üretilen ürünlerin pazarlanması sonucunda da ülkelerinin ekonomik gelişimine büyük katkı sağlamaktadırlar.

Ürünlerin reçetelerinin oluşması çok uzun yıllar hatta asırlar alabilmektedir. Günümüzde kullanılan aspirin, sabun, mürekkep gibi ürünlerin birçoğu tarihsel bir geçmişe sahiptir. Reçetelerin önceleri deneme yanılma yöntemi ile hazırlandığı bilinmektedir. Kimya biliminin gelişmesi ile birlikte yapılan deneyler sayesinde reçeteler güvenilir hâle gelmiş ve sistematik bilgi birikimi oluşmuştur.

Simya döneminde ortaya çıkan birçok reçete günümüzde değişikliğe uğrayarak bilimsellik ve çeşitlilik kazanmıştır. Bu ürünlerden biri olan mürekkebin ilk kullanılan hâlinin milattan önce ortaya çıktığı bilinmektedir. O zaman yumurta, lamba isi, doğal boyar maddeler vb. yardımı ile yapılan mürekkebin günümüzde çeşitli formülasyonları oluşturulmuştur. Zamanla ortamın pH'ını ayarlama, erken ve geç kurumayı engelleme, yüzeye bağlayıcılık özelliği kazandırma vb. ihtiyaçlar için formülasyonlar geliştirilmiştir. Çeşitli organik ve inorganik boyalar, koruyucular gibi birçok yeni kimyasal eklenerek reçeteler hazırlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda toksik özellik gösteren maddeler zamanla reçeteden çıkarılarak yerlerine zararsız ve aynı görevi yapabilen maddeler konulmuştur. Bütün bu özelliklerin yanında maliyeti azaltmak için de ek çalışmalar yapılmıştır. Kullanım alanlarına göre mürekkep formülasyonları da değişiklik göstermiştir.

Günümüzde mürekkebin termokromik, fotokromik, elektronik, manyetik mürekkep gibi bir çok çeşidi vardır. Mürekkep üzerinde çalışan kimyagerler hâlen reçetelerin bazılarını terk etmek ve yeni reçeteler oluşturmak zorunda kalmaktadır. Teknoloji gelişmeye devam ettikçe, ihtiyaçlar arttıkça kimyagerlerin yeni reçeteler oluşturması kaçınılmaz olacaktır.

Yazarlar tarafından yazılmıştır.



Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda verilen reçete örneğini inceleyerek soruları cevaplayınız.

Güneş Yanığı İçin Losyon

Ham Maddenin Adı	Miktarı (g)
kalamin	150
çinko oksit	50
kâfur	10
alkol	100
gliserin	100
gül suyu	590

a) Kullanılan ham maddelerin kütlece yüzdelerini bulunuz.

b) 50 gram ürün hazırlanmak istendiğinde kaç gram kalamin maddesi kullanılmalıdır?

2. Aşağıda vücut ve saç yağı reçetesi verilmiştir. **Buna göre 500 mL ürün elde etmek için kaç mL zeytinyağı kullanılmalıdır?**

Vücut ve Saç Yağı

Ham Maddenin Adı	Hacimce Yüzde (%)
su	51
gliserin	30
panthenol	2
zeytinyağı	4
polisorbat 20	5
peg-12 dimetikon	5
aloe vera yaprağı ekstresi	3

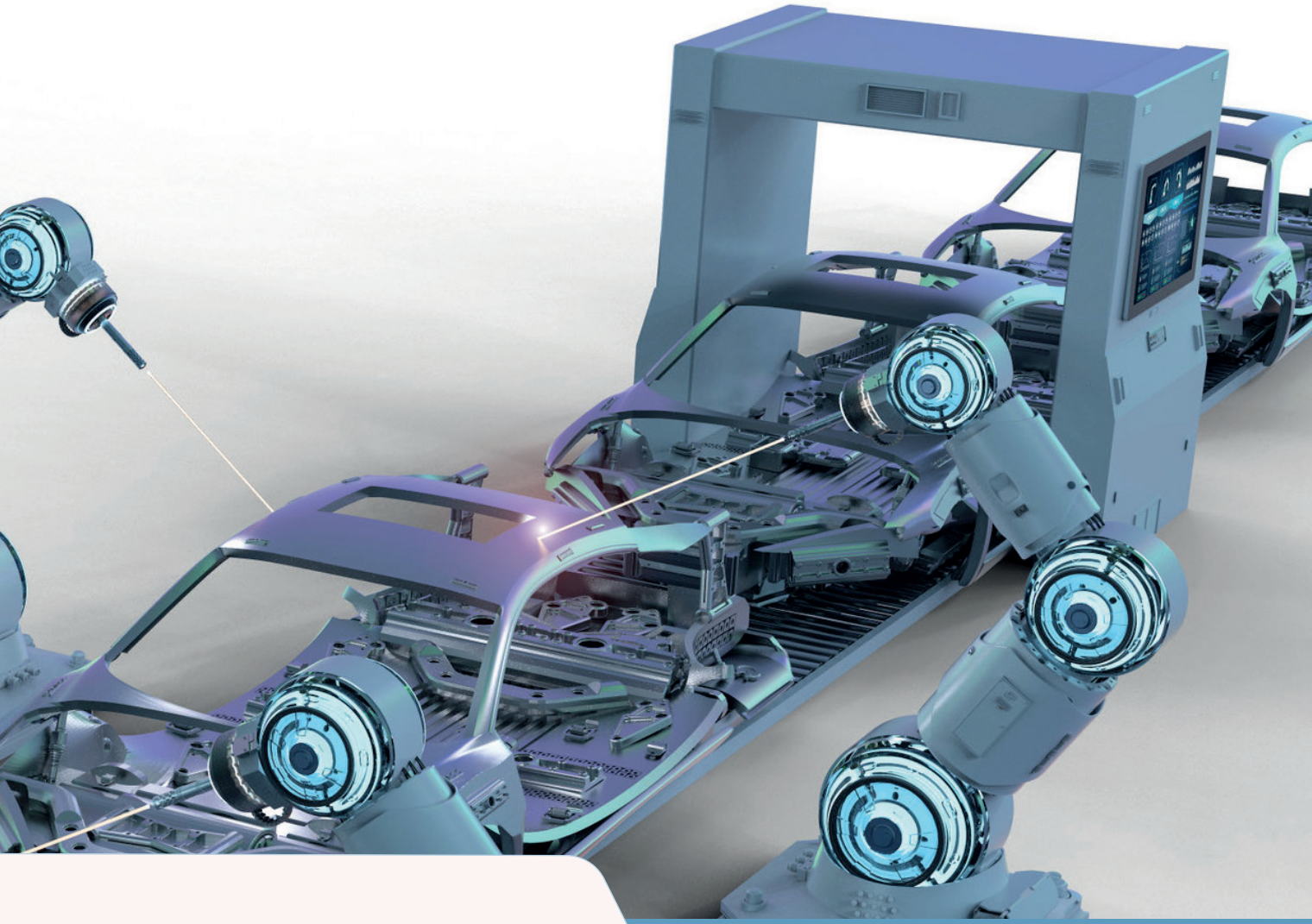
2.
ÖĞRENME BİRİMİ
ÜRETİMDE MADDE TRANSFERİ

KONULAR

2.1. KİMYASALLARIN TAŞINMASI VE DEPOLANMASI SIRASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KURALLAR
2.2. KATILARI TAŞIMA SİSTEMLERİ
2.3. SIVILARI TAŞIMA SİSTEMLERİ
2.4. GAZLARI TAŞIMA SİSTEMLERİ

Reçetelere uygun ham maddeler ve yardımcı maddelerin temin edilmesi kadar bu maddelerin üretim tesislerinde depolanması ve taşınması da dikkat gerektiren bir iştir. Kullanılacak ham madde ve yardımcı maddelerin taşınması için uygun yöntemin seçilmesi önemlidir. Maddelerin kimyasal aktiviteleri, toksisitesi, hâl değişim sıcaklıkları, nem çekiciliği, parçacıklarının boyutu, şekli ve ufalanabilirliği taşıma yönteminin seçiminde rol oynar. Maddenin katı, sıvı ve gaz durumları için farklı taşıma şartları oluşturulur. Ayrıca taşımanın hızı ve miktarı hassasiyetle belirlenir.

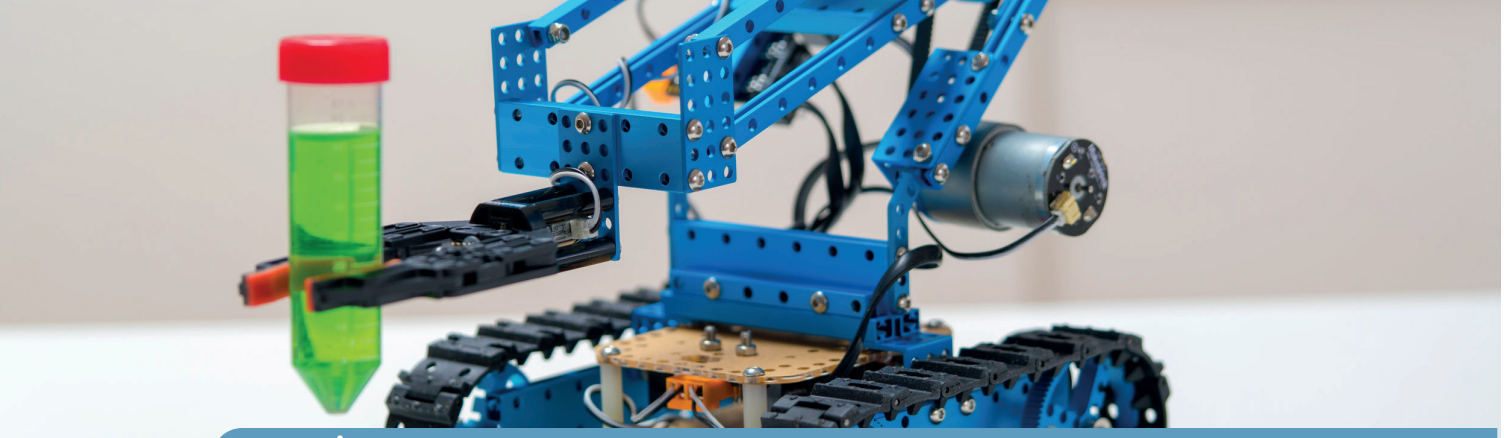
Bu öğrenme biriminde; katı, sıvı ve gaz maddelerin taşınma işlemlerinin hangi sistemler kullanılarak ve nelere dikkat edilerek yapıldığını öğreneceksiniz.



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

Üretim yerlerinde kullanılan bütün ham maddeler aynı şekilde mi taşınır? Araştırınız.

Fabrikalarda, marketlerde, havaalanlarında, alışveriş merkezlerinde işletme içi madde transferinde kullanılan sistemler var mıdır? Arkadaşlarınızla tartışınız.



2.1. KİMYASALLARIN TAŞINMASI VE DEPOLANMASI SIRASINDA DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN KURALLAR

Kimyasallar, sanayide kullanılan önemli ham maddelerdir. Bu ham maddeler depolanırken, taşınırken ve kullanılırken belirli kurallara uyulur. Üretim yerlerinde çalışanlar sıklıkla teorik eğitimden geçirilir ve ayrıca çalışanlara uygulamalı eğitimler verilir.

Kimyasal maddelerin hepsi farklı tehlikeler içerir. Bu nedenle kimyasal maddelerle üretim öncesinde, sırasında ve sonrasında dikkatle çalışılması, iş güvenliği ve belirlenmiş kalitede ürün eldesi için gereklidir. Kimyasal maddelerin kullanıldığı iş yerlerinde iş kazası yaşanmadan gerekli tedbirlerin alınması şarttır. Güvenlik önlemleri işletme kültürü hâline getirilmeli ve bu güvenlik önlemlerinden asla taviz verilmemelidir. GMP [Good Manufacturing Practices (İyi Üretim Uygulamaları)] kurallarına uygun bir işleyiş, her üretim alanında eksiksiz uygulanmalı ve kimya üretim faaliyetlerinin temel standardı olarak belirlenmelidir.

Kimyasallarla çalışılan üretim yerlerinde ilk alınacak tedbir, doğru kişisel koruyucu donanımın seçilmesidir. Koruyucu donanımlar, üretim yerlerinde kullanılan maddelerin özelliklerine, çalışma alanındaki materyallere göre farklılık gösterir. İş yerlerinde kullanılacak kıyafetlerin seçiminde bu kıyafetlerin kimyasallarla etkileşimi, geçirgenliği gibi faktörler göz önüne alınmalıdır.

Üretimde kullanılacak tüm kimyasallar standartlara uygun şekilde etiketlenmelidir. Kullanılacak ham maddeler üretim alanında depolanmamalıdır. Gerektiği kadar ham madde, depolandığı yerden üretim alanına taşınmalıdır. Kimyasallar kolayca ulaşılabilecek, rahatça alınabilecek, düşme riski olmayacak şekilde depolanmalıdır. Güneş ışığına ve ısı kaynağına doğrudan maruz bırakılmamalıdır.

Depolama bölgesinde birbiri ile kimyasal etkileşime girecek maddeler, bir araya konulmamalıdır. Kimyasalların uçucu olanları ayrı bir alanda tutulmalı ve bulundukları alan yeterli havalandırmaya sahip olmalıdır. Toksisitesi (zehirlilik oranı) fazla olan maddeler de ayrı bir alanda, uygun kaplarda tutulmalıdır. Yanıcı, patlayıcı özelliğe sahip olan maddeler ise özel yanmaz dolaplarda, yangın donanımlarına sahip depolarda bulundurulmalıdır. Zamanla kararsız hâle geçerek patlayabilme özelliğine sahip olan maddeler olabilir. Bu maddelerin üretim ve son kullanma tarihleri sıklıkla kontrol edilmelidir. Gerektiğinde imha edileceği alana taşınması ve imhası uzman ekiplerce yapılmalıdır. Ayrıca soğuk zincir gerektiren veya ısı hassasiyeti olan maddelerin taşınması ve depolanması için sıcaklık kontrollü düzenekler kurulmalıdır.

Üretimde en kritik aşamalardan biri taşımadır. Bulunduruldukları kaplarda tahribat olan kimyasal maddeler, asla taşınmamalıdır. Gerekli tadilat, tamirat veya değişiklikler uzman kişilerce yapıldıktan sonra taşıma işlemine devam edilmelidir. Aşındırıcı özelliğe sahip kimyasalların,depolanması ve taşınması özel kaplarda ve ikincil bir koruma kabı yardımı ile yapılmalıdır.

Taşımayı sadece eğitim almış görevli personel yapmalı ve kalabalık ortamlarda taşıma yapılmamalıdır. Taşıma güzergâhında kalabalık insan ve malzeme gruplarının olmaması önemlidir. Eğer aynı ortamda, taşıma yapan görevlilerin dışında personel bulunacaksa bu personelin de aynı koruyucu ekipmanlara sahip olması gerekir. Kimyasalların taşınacağı araçlar seçilirken taşınacak kimyasalların çalkalanmasından, devrilmesinden, çarpışmasından ve birbirleri ile etkileşimlerinden doğabilecek tehlikeler göz önüne alınmalıdır. Taşımanın hızı, kullanılacak araçlar (el arabası / forklift vb.) önceden titizlikle planlanmalıdır. Görevli personel, kimyasal madde transferi öncesi ve taşıma anında asla malzemenin başından ayrılmamalıdır. Ayrılmak zorunda kalırsa kimyasalı, eğitim almış, gerekli donanıma sahip ve bu konuda görevlendirilmiş bir başka personele emanet etmelidir.

Bilgi Kutusu

Kimyasal maddelerle çalışmanın meydana getireceği tehlikeleri önceden bilmek ve önlem almak iş sağlığı ve güvenliği açısından gereklidir. Kimyasalların taşınması sırasında dikkat edilecek hususların belki de en önemli olanı doğru kişisel koruyucu donanıma (KKD) sahip olmaktır.

Kişisel koruyucu donanım, çalışanın sağlığını ve güvenliğini tehlikeye sokacak durumlardan koruyacak şekilde tasarlanmış, giyilen, takılan veya tutulan, tüm araç, gereç ve cihazlardır. Kullanılan ve taşıması yapılan kimyasalların tehlike sınıflarının, özelliklerinin bilinmesi doğru KKD seçiminde gereklidir.

KKD seçimi, çalışanın güvenliğinin sağlanması ve çalışmanın daha rahat şekilde yapılabilmesi için standartlara bağlanmıştır. Kimyasalın sızıntı yapması, dökülmesi, tepkime vermesi gibi durumlar oluştuğunda olayın gerçekleştiği yerde bulunanların kişisel koruyucu donanımları hayati önem taşır.

Ayrıca iş sağlığı ve güvenliği için kimyasal malzemelerin yol açabileceği zararları, tehlikeleri ve alınacak önlemleri göstermek için uluslararası risk ve güvenlik numaraları kullanılır.

R (risk-tehlike) ve **S** (güvenlik-sağlık) numaraları, ne anlama geldikleri aşağıda verilmiştir.

R - Malzemenin yol açabileceği zararları ve tehlikeleri gösteren risk numarasıdır.
R1- Kuru hâlde patlayıcıdır.
R2 - Şok, sürtünme, alev ve diğer tutuşturucu kaynakları ile temasında patlama riski vardır.
R3 - Şok, sürtünme, alev ve diğer tutuşturucu kaynakları ile temasında çok ciddi patlama riski vardır.
R4 - Çok hassas patlayıcı metalik bileşikler oluşturur.
R5 - Isıtma patlamaya neden olabilir.
R6 - Hava ile temasta veya havasız ortamda patlayıcıdır.
R7 - Yangına neden olabilir.
R8 - Yanıcı maddelerle temasında yangına neden olabilir.
S - Malzemenin kullanımı ve depolanması sırasında zararlarının azaltılması ve ortadan kaldırılması için alınması gereken önlemleri veya tavsiyeleri gösteren güvenlik numarasıdır.
S1 - Kilit altında muhafaza edin.
S2 - Çocukların ulaşabileceği yerlerden uzak tutun.
S3 - Serin yerde muhafaza edin.
S4 - Yerleşim alanlarından uzak tutun.
S5 - ..... içinde muhafaza edin. (Uygun sıvı üretici tarafından belirlenir.)
S6 - ..... içinde muhafaza edin. (Uygun inert gaz üretici tarafından belirlenir.)
S7 - Kabı sıkıca kapatılmış hâlde muhafaza edin.

Güvenlik İşaretleri

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
LABORATUVARDAKİ KİMYASALLARIN KONTROLÜ VE DÜZENLENMESİ

Amaç: Kimyasal maddelerin depolanması, etiketlenmesi ve sınıflandırılmasını öğrenmek.

Araç gereç: Etiket, kalem, kâğıt.

DİKKAT: Çalışmanızı öğretmen gözetiminde yapınız. Laboratuvar güvenlik kurallarına uyunuz. Kimyasallarla ilgili tüm işlemlerde dikkatli olunuz. Etiketsiz, ambalajı hasarlı ve kapağı açık ürünleri ayırınız. Şartlar uygun değilse uygulamayı bir senaryo üzerinden gerçekleştiriniz.

Uygulamanın Yapılışı

1. Okulunuzdaki laboratuvarları gezerek çalışmanızı planlayınız.
2. Kimyasal maddelerin konulduğu kapları, dolapları kontrol ediniz. Uygun olmayan durumları not ediniz.
3. Kimyasal madde kaplarının etiketlerini kontrol ediniz. Etiketlenmemiş veya etiketi yıpranmış kapları not ediniz.
4. Korozyona uğramış, kapağı açılmış, köpürmüş, dışına kimyasal akmış kapları belirleyerek not ediniz.
5. Kimyasalları, etiket üzerindeki uyarı işaretlerine dikkat ederek türlerine göre sınıflandırınız.
6. Aynı dolapta bulunmaması gereken kimyasalları aşağıdaki tabloya ve açıklamalarına bakarak belirleyiniz.

Kimyasalların depolanması sırasında uyumlu depolama grupları oluşturulmalıdır. Aşağıda beraber depolama yapılabilecek kimyasallar için örnek bir depolama-ilişki tablosu verilmiştir.

Kimyasalları Depolama-İlişki Tablosu

Sınıf	Alevlenir Gazlar	Alevlenir ve Toksik Olmayan Gazlar	Toksik Gazlar	Alevlenir Sıvılar	Alevlenir Katılar	Kendiliğinden Yanabilen	Su ile Temas Ettiğinde Tehlike Oluşturan	Oksitleyici	Organik Peroksit	Toksik	Aşındırıcı
Alevlenir Gazlar	A	E	C	B	B	D	B	D	D	C	B
Alevlenir ve Toksik Olmayan Gazlar	E	A	B	E	E	E	E	B	E	B	B
Toksik Gazlar	C	B	A	C	C	C	C	C	C	B	B
Alevlenir Sıvılar	B	E	C	A	B	D	B	D	D	C	B
Alevlenir Katılar	B	E	C	B	A	D	B	D	D	C	B
Kendiliğinden Yanabilen	D	E	C	D	D	A	B	D	D	C	B
Su ile Temas Ettiğinde Tehlike Oluşturan	B	E	C	B	B	B	A	D	D	C	D
Oksitleyici	D	B	C	D	D	D	D	A	D	F	D
Organik Peroksit	D	E	C	D	D	D	D	D	A	F	D
Toksik	C	B	B	C	C	C	C	F	F	A	B
Aşındırıcı	B	B	B	B	B	B	D	D	D	B	G

A- Aynı sınıfta gösterilen tehlikeli maddeler genellikle uyumlu olarak düşünülür.
B- Bu sınıftaki maddeler, istisnalar dışında, genellikle tepkimeye girmez. Buna rağmen maddelerin uyumu konusundaki riskler göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin döküntü, sızıntı veya yangın durumlarında ikinci madde farklı tehlikelere neden olabilir ya da riski artırabilir. Bu yüzden ilave kontrol önlemleri gereklidir.
C- Eşleştirilen maddelerin genellikle tepkimeye girmeyecekleri düşünülür fakat tehlikeli senaryoların meydana gelme ihtimali de göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin bir yangın olayında toksik gazların salınımı riski vardır.
D- Eşleştirilen tehlikeli maddelerin tepkimeye girmesi olasıdır. Bazı durumlarda tepkime; yangın, patlama, toksik veya aşındırıcı gazların salınımı ile sonuçlanabilir. Bu maddelerden birinin yanması durumunda diğerinin de ortamda bulunması yangını hızlandırabilir. Bu maddeler riskin tamamen kontrol altına alındığı durumlar dışında birlikte veya yakın depolanmamalıdır.
E- Alevlenir ve toksik olmayan gazların oksitleyici özelliği varsa D, diğer durumlarda B geçerlidir.
F- Toksik maddeler, aynı zamanda yanma tehlikesi olan maddelerse D, diğer durumlarda B geçerlidir.
G- Eğer bir madde derişik kuvvetli asit ve diğeri aktif alkali metal ise D, diğer durumlarda A geçerlidir.

Öğretmeninizden kimyasalların yerini değiştirirken ve uygun olmayan kimyasalları başka bir yere taşırken ek bilgi ve yardım alınız. Taşıma sırasında dikkat edilmesi gereken kuralları öğreniniz ve talimatlara uyunuz. Daha önce listenize not aldığınız, kabı değişmesi gereken kimyasallar için uygun kabı belirleyiniz. Kimyasal maddeyi uygun şartlarda ve dikkatlice yeni kabına aktarınız. Nakil sırasında kimyasalın etiketindeki uyarılara dikkat ediniz. Atık kimyasallar varsa sınıflandırarak uygun kutulara / kaplara koyunuz.

Laboratuvarda birlikte olmaması gereken kimyasallar tespit ettiniz mi? Tespit ettiğiniz kimyasalların isimleri ve özellikleri nelerdir? Kimyasalları taşırken nelere dikkat ettiniz?

.....

.....

.....

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	**Performans Düzeyi**			
		Çok İyi	**İyi**	**Orta**	**Geliştirilebilir**
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	10	8	5	3
2	Çalışmalarını planlar.	20	15	10	5
3	Kimyasal bulunan kapların uygunluğunu (kabın cinsi, kapak, etiket, kimyasalın durumu) belirler.	20	15	10	5
4	Taşıma işlemleri sırasında talimatlara uyar.	20	15	10	5
5	Çalışma ortamını temizler. Ortaya çıkan çöp ve atıkları sınıflandırarak ilgili kutulara / kaplara bırakır.	20	15	10	5
6	Rapor hazırlar.	10	8	5	3

2.2. KATILARI TAŞIMA SİSTEMLERİ

Katıların doğal kaynaklarından elde edilmesi ve taşınır hâle getirilmesi gaz ve sıvılardan daha zordur. Ham madde olarak kullanılacak katılar farklı büyüklüklerde, toz hâlinde, şekilsiz veya büyük tanecikli olabilir. Ayrıca yanma, yapışma, kırılma, eriyebilme, süblimleşebilme ve patlayıcılık gibi özellikler taşıyabilir. Bu değişken yapılı katıların taşıma şekillerinde de farklılıklar olabilir. Ham madde olarak kullanılacak katı maddeler fazla miktarda olduklarında ise depolanma ve taşıma alanlarına aktarılma, götürülme zorluğu ortaya çıkar. Bu maddelerin bazı durumlarda ambarlar, silolar vb. yerlerin dışında açık alanda bırakılmaları da gerekebilir. Bu durum madde kayıplarına sebep olabilir.

Görsel 2.1: Forklift ile yük taşıma

Sanayide en fazla transferi yapılan katı maddelerin sadece insan gücü kullanılarak taşınması oldukça zordur. İnsanlar bu zorlukları aşmak için çeşitli taşıma sistemleri geliştirmişlerdir (Görsel 2.1). Tasarlanan özel sistemler sayesinde taşıma hızı artmış ve ağır iş yükü azalmıştır.

Günümüzde katı maddelerin işletmelerde taşınmasında konveyörler (taşıma şeritleri), elevatörler (yerden yükselticiler) ve pnömatik taşıma sistemleri kullanılmaktadır.

2.2.1. Katı Madde Transferine Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerin Etkisi

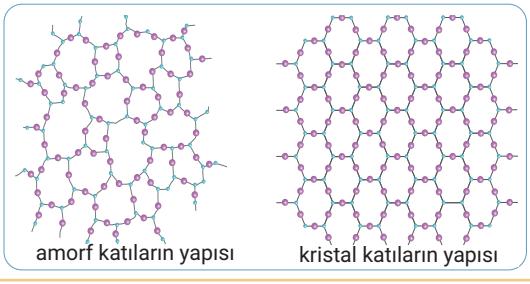
Katı, maddenin atomları arasındaki boşlukları en az, enerjisi en düşük olan hâlidir. Belirli şekli ve hacmi vardır. Genellikle akışkan özellikte değildir. Tablo 2.1'de katıların bazı fiziksel özellikleri ve bu özelliklerin katıların taşınmasına etkisi verilmiştir.

Tablo 2.1: Katıların Bazı Fiziksel Özellikleri ve Taşınmaya Etkisi

Yoğunluk	Belli koşullardaki maddenin birim hacminin kütlesidir. (d = m / V)	Katıların yoğunluğu arttıkça birim hacimdeki kütleleri de artar. Bu durum yoğunluğu yüksek katıların taşınmasını zorlaştırır.
Tanecik Boyutu	Maddeyi oluşturan taneciklerin büyüklüğüdür.	Katı maddelerin farklı geometrik şekilleri ve büyüklükleri vardır. Bu durum taşımada farklı sistemlerin kullanılmasına sebep olur.
Erime Sıcaklığı	Maddenin katı hâlden sıvı hâle geçtiği sıcaklık değeridir.	Erime sıcaklığı düşük olan katıların taşınmasında sıcaklık kontrolü daha dikkatli yapılmalıdır.
Süblimleşme	Maddenin katı hâlden doğrudan gaz hâline geçmesi durumudur.	Süblimleşmeye yatkın olan ve kolayca süblimleşen katı maddeler vardır. Arsenik, kuru buz, naftalin, iyot gibi maddeler kolayca süblimleşebilir. Bu tür maddelerin kapalı kaplarda taşınmaları gerekir.
Termal (Isıl) ve Elektrik İletkenliği	Maddenin ısı ve elektriği iletme kabiliyetinin göstergesidir.	Katıların ısı ve elektrik iletkenlikleri farklılık gösterir. Elektriği ileten katılar taşınırken elektrik yalıtımı, ısıl iletkenliği yüksek olan katıların taşınması sırasında ise sıcaklık kontrolü yapılmalıdır. Örneğin buğday unu, sürtünme ile oluşan ısıdan etkilenerek çok kolay tutuşur.

Bilgi Kutusu

Katıların amorf ve kristal olmak üzere iki tipi vardır. Tereyağı, plastik, lastik, cam, mum gibi belirli şekli olmayan, düzensiz tanecik dizilimine sahip katılara **amorf katılar** denir. Bu katıların belirli bir erime noktası yoktur. Belirli bir sıcaklık aralığında hâl değiştirir. Yumuşamanın başladığı, katının akıcı özellik gösterdiği bu aralığa **camsı geçiş sıcaklığı** denir. Atom, molekül veya iyonları düzenli istiflenmiş belirli erime noktası olan katılara ise **kristal katılar** adı verilir. Katıların büyük çoğunluğu kristal yapılıdır. Kristal katılar, tanecikleri arası çekim kuvvetlerine göre iyonik, moleküler, kovalent, metalik katılar şeklinde sınıflandırılır.



amorf katıların yapısı kristal katıların yapısı

Katıların kimyasal özellikleri için genellemeler yapmak mümkün değildir. Bir katının kimyasal özelliği katının türüne bağlıdır. Katı-katı tepkimeleri taneciklerin yüzey kısmında meydana gelir. Genellikle katıların tepkimeleri sıvı ve gaz fazındaki tepkimelerden daha yavaştır.

Endüstride kullanılan katıların kimyasal özellikleri aynı zamanda katının kullanım amacını da belirler. Katılar yanıcı (C, S, P, bazı metal tozları, odun talaşı), indirgen ($LiAlH_4$, $NaBH_4$, $SnCl_2$), yükseltgen ($KMnO_4$, $K_2Cr_2O_7$) özellikte olabilir. NH_4NO_3 gibi bazı katılar patlayıcı özellik gösterir. Katıların kimyasal özelliklerinin ve üretim sürecinde kullanım amaçlarının bilinmesi risklerin belirlenebilmesi ve önleyici faaliyetlerin planlanabilmesi açısından son derece önemlidir.

2.2.2. Konveyörler (Taşıma Şeritleri)

Malzemelerin dikey veya yatay olarak bir yerden başka bir yere taşınmasını kolaylaştıran makinelere **konveyör** denir. Sürekli taşıma araçları olarak da bilinen konveyörlerin yaygın kullanım alanı vardır. Silolarda tahılların, maden ocaklarında filizlerin, hava yollarında bagajların, üretim yerlerinde paket ve kolilerin taşınması konveyörlerle yapılır.

Konveyör üzerindeki taşıma bandı kauçuk, PVC, çelik tel, çelik gibi malzemelerden üretilebilir. Konveyörler; bantlı, zincirli, vidalı, titreşimli, rulolu ve teleskopik şeklinde sınıflandırılır.

Görsel 2.2: Bantlı konveyörle taşıma

Bantlı konveyörler, şeker üretim tesislerinde, maden cevherlerinde, ağır sanayide, katı atık tesislerinde kullanılır (Görsel 2.2). İnsan taşımada kullanılan yürüyen merdivenler ile marketlerde ödeme kasalarının öncesinde kullanılanlar da bantlı konveyör örneğidir.

Zincirli konveyörler, taşınacak yükün yukarıdan zincirle bağlanması veya doğrudan bir kanala çekici zincirle bağlanması şeklinde çalışır. Otomobil fabrikalarında araçların çekilmesi, kaldırılarak farklı bölümlere taşınması ve maden ocaklarında cevher yüklü araçların yukarı çekilmesinde kullanılır. Tekstilde askıların taşınması gibi kullanım alanları da vardır.

Vidalı konveyörler, dişli sistemlerle dairesel hareket kazandırılan yapraklar yardımı ile toz ve granül hâldeki maddelerin taşınmasını sağlar. Silolarda tahılların yukarı noktalara ulaştırılması, kısa mesafeli dökme katı ürünlerin taşınması amaçlarıyla kullanılır. Karıştırıcı olarak kullanımına da rastlanmaktadır. Kasaplardaki kıyma makineleri vidalı konveyörlerle aynı çalışma prensibine sahiptir.

Titreşimli konveyörler, yakın mesafeli taşımalarda kullanılır. Titreşimli konveyörlerde mekanik olarak veya elektrik yardımı ile titreşimler oluşturulur. Bu sayede maddelerin bantlardan aşağıya doğru kaymaları sağlanır. Tahıl, kum gibi dökme yüklerin taşınmasında kullanılabilir. Taşınan cisimlerin yavaş hareket etmesi ürünlerin ayıklanması, elekten geçirilmesi, paketlenmesi konusunda avantaj sağlar.

Rulolu konveyörler, üretim, depolama ve malzeme sevkiyatlarında yaygın kullanılır (Görsel 2.3). Yük kapasitesi yüksektir. Merdaneleri kendiliğinden dönen ve dış itim gerektiren çeşitleri vardır. Üzerindeki merdaneleri motor yardımı ile dönebilen rulolu konveyörlerde yük kendiliğinden ilerler.

Görsel 2.3: Rulolu konveyör

Merdanesi kendiliğinden dönmeyen tiplerinde (örneğin havalimanlarında kişisel kontrol sırasında el bagajlarının konulduğu konveyörler) ise taşıma sırasında bir dış itim gerekir. Bu durumda bir insana veya dışarıdan malzemeyi itecek bir mekanizmaya ihtiyaç duyulur. Çok eski zamanlardan beri insanlar, ağır yükleri günümüzdeki rulolu konveyörlere örnek olacak şekilde yuvarlak kütükler üzerinde taşımışlardır (Görsel 2.4).

Görsel 2.4: Mısır piramitlerinin yapımında kullanılan rulo sistemi

Teleskopik konveyörler, uzayıp kısalabilen, yük taşıma bölgelerine rahatlıkla ulaşıp girebilen, ileri ve geri yönde çalışabilen taşıma sistemleridir. Yükleme sırasında uzayarak en dipten yüklemeye fırsat verir. Yükleme sırasında kısalabilmesi ise yük istifini kolaylaştırır. Kargo taşımacılığı ve uçak içine bagaj iletiminde yaygın kullanılır (Görsel 2.5).

Görsel 2.5: Teleskopik konveyör

Güvenlik İşaretleri

1.UYGULAMA FAALİYETİ
KONVEYÖR YAPIMI

Amaç: Konveyörlerin çalışma sistemini maket yaparak öğrenmek.

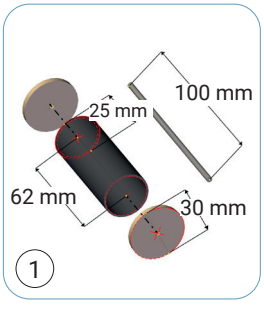
Araç gereç: 640x60 mm deri veya çuha parçası, 2 adet 61x25 mm su borusu, iki adet tekerlek mili, 9 V DC motor, 1 adet dişli (yaklaşık 40 mm çapında), 1 adet sonsuz (vida) dişli, devre anahtarı, tahta dondurma çubukları, yapıştırıcı, lehim makinesi ve teli, elektrik kablosu, 9 V pil ve pil başlığı, tahta parçaları (iki adet 300x20 mm, bir adet 240x71 mm, bir adet 240x120 mm, iki adet 70x20 mm, 2 adet 50x20 mm).

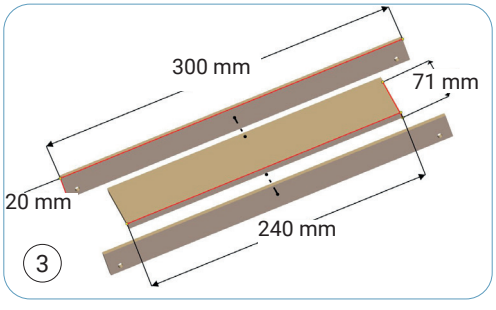
DİKKAT: Dişlilerin birbiriyle uyumlu çalışıp çalışmadığını modelinizi birleştirmeden önce kontrol ediniz. İsterseniz dişliler yerine paket lastiğinden bir kasnak ve makarayla motordan konveyöre güç aktarabilirsiniz. Verilen malzemelerin yerine alternatiflerini kullanabilirsiniz. Yeni ve farklı tasarımlar yapabilir, farklı modeller geliştirebilirsiniz.

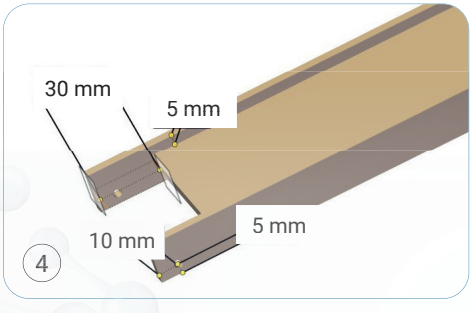
Yanda bulunan karekodu kullanarak montaj videosuna ulaşabilirsiniz.

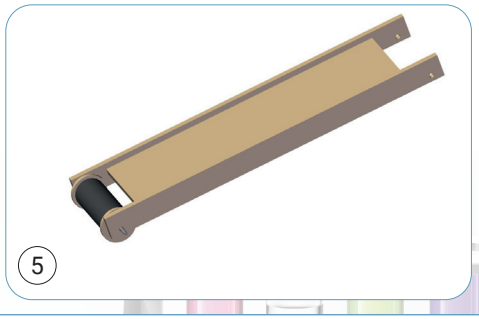
Uygulamanın Yapılışı

1. Malzemeleri, verilen ölçülerde hazırlayınız. Pergel yardımıyla, tahta tekerlerin tam ortasını merkez alarak 25 mm çapında daireler çiziniz. Birinci görseldeki gibi tahta tekerin tam ortasına mil için uygun boyutta bir delik açınız. Çizdiğiniz çemberleri kılavuz olarak kullanıp tekerleri ikinci görseldeki gibi borulara yapıştırınız.
2. Konveyörün çerçevesini hazırlamak için verilen ölçülere dikkat ederek parçaları, üçüncü görseldeki gibi yapıştırınız. 300x20 mm boyutlarındaki tahta parçası üzerine -dördüncü görselde belirtilen ölçülere uygun şekilde- milin boyutlarına uygun delikler açınız.
3. Hazırladığınız konveyör gövdesinin bir ucuna boru ve tekerlerden elde ettiğiniz silindiri beşinci görseldeki gibi mil yardımıyla monte ediniz.
4. Deri ya da çuha parçasının uçlarını birbirine yapıştırınız. Elde ettiğiniz kasnağı altıncı görseldeki gibi, monte ettiğiniz silindirin üzerinden geçiriniz. Diğer silindiri mil yardımıyla yerine yerleştiriniz. Kasnak ve silindirlerin bir arada çalışıp çalışmadığını kontrol ediniz.



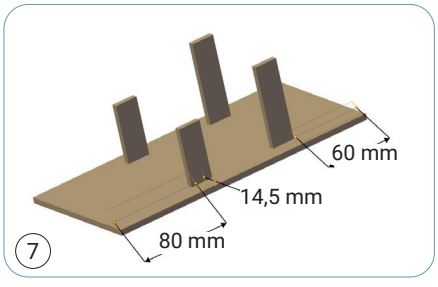




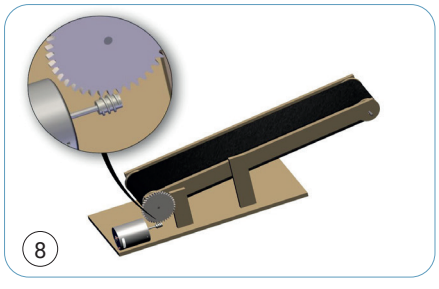


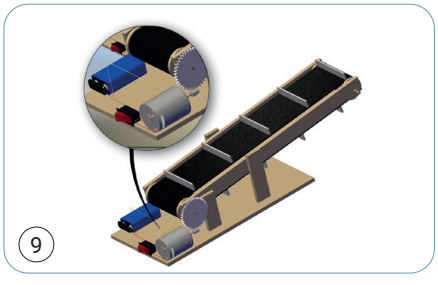
5. 240x120 mm boyutlarındaki tahta parçası üzerine 50 ve 70 mm yüksekliğindeki destek bloklarını yedinci görselde verilen ölçülere uygun biçimde yapıştırınız.
6. Sekizinci görselde gösterildiği gibi milin ucuna motora bağlı dişli ile uyumlu çalışabilen uygun boyutlu bir dişliyi yapıştırınız. Motor miline de sonsuz dişliyi (vida dişli) yapıştırınız. Bir arkadaşınızdan yardım alarak motoru ve konveyör gövdesini uygun biçimde yerlerine sabitleyiniz.
7. Pili ve anahtarı dokuzuncu görseldeki gibi yerlerine yapıştırınız. Pil başlığını yerine takarak kablo bağlantısını yapınız. Konveyör şeridi üzerine dondurma çubuklarından 60 mm uzunluğunda kestiğiniz parçaları eşit aralıklarla yapıştırınız.
8. Anahtarı açarak konveyörü çalıştırınız. Pet şişe kapağı, silgi gibi küçük cisimleri konveyör üzerine yerleştirerek konveyörü deneyiniz.

6



7


8


9

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	10	8	5	3
2	Tahta blokları, kayışı ölçülere uygun şekilde hazırlar.	20	15	10	5
3	Tahta blokları, kayışı ve çarkı monte eder.	20	15	10	5
4	Motor ve üreteci sisteme monte eder.	20	15	10	5
5	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
6	Rapor hazırlar.	10	8	5	3

2.2.3. Elevatörler (Yerden Yükselticiler)

Toz, granül türü dökme ürün yüklerinin ve parça hâldeki ürünlerin dikey yönde taşınması için kullanılan araçlara **elevatör** denir. Elevatörlerin kullanım yerine ve taşınacak malzemenin özelliğine göre çeşitleri vardır. Elevatörler; eğim ve şekline göre düz tipli, L tipi ve Z tipi olarak sınıflandırılır. Elevatörlerde yük taşınan kısım çoğunlukla kova veya kepçe şeklindedir. Bir kayış ve motor yardımıyla kovaların içine sürekli yüklenen dökme ve granül yapıdaki malzemeler dikey olarak taşınır (Görsel 2.6). Kimya endüstrisi, metalürji, un fabrikaları, inşaatlar, tahıl siloları vb. alanlarda kullanılır. Bu alanlarda kullanılan / üretilen kimyasal maddelerin; tahıl, un, kömür, çimento, soda, kum gibi birçok malzemenin taşınması elevatörlerle yapılır.

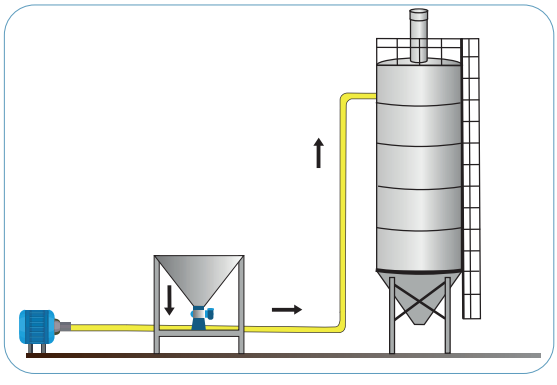
Görsel 2.6: Elevatör

Elevatörlerin çok yer kaplamaması, sürekli yükleme yapılabilmesi, ürünlerin zarar görmemesi, kullanım amacına göre değişik ebatlarda inşa edilebilmesi avantaj sağlar. Ayrıca ürünler, elevatörlerle oldukça yüksek noktalara ulaştırılabilir.

Elevatörlerin balans ayarları yapılmalı ve elevatörler zamanı geldiğinde yağlanmalıdır. Elevatörlerin yük kapasitelerinin bilinmesi, yüklerin doğru istiflenmesi ve yüke uygun malzeme kullanılması (PVC, paslanmaz çelik vb.) önemlidir. Elevatörde taşınan malzemenin tozumaması ve personelin zarar görmemesi için taşıma hızının ayarlanması gerekir. Malzemelerin kova veya kepçelerden boşaltılması ayrıca önem taşır. Boşaltma işlemi, taşınan malzemenin özelliğine göre titizlikle hesaplanmış bir hızda santrifüj etkisiyle veya ağırlık yardımı ile yapılır. Taşıma işlemi bitiminde kovaların temizliği ihmal edilmemelidir. Özellikle kimyasal madde kalıntıları uygun yöntemlerle temizlenmelidir.

2.2.4. Pnömatik Taşıma

İnce toz veya granül hâldeki katı maddelerin basınçlı hava ile karıştırılarak kapalı boru hattıyla taşınmasına **pnömatik taşıma** denir. Sürekli geliştirilen, endüstride yoğun kullanılan bir sistemdir (Şekil 2.1). Ekonomik, montajı kolay, riski az olması tercih sebebidir. İçinde hava kullanılması, alev alma ve patlama tehlikesini en aza indirgemektedir. Uzun ömürlü olması, hızlı taşımaya imkân vermesi diğer avantajlarıdır.



Şekil 2.1: Pnömatik taşıma sistemi

Pnömatik sistemde, sıkıştırılmış gaz olarak genellikle hava kullanılır. Sistemin bölümleri; besleme ünitesi, ventüri (hız artırıcı ve vakum oluşturucu parça), taşıyıcı boru ve gazdan malzemeyi ayıran siklon (toz ayırıcı) veya filtrelerdir.

Patlayıcı özellikte olan malzemeler için hava yerine azot gibi inert gazlar kullanılabilmektedir. Tehlike içeren kimyasallar, uygun türden malzemeler seçilerek pnömatik sistem yardımı ile taşınabilmektedir. Gıda, kimya, maden, metal ve gübre sanayisinde kullanılan ham maddelerin taşınması için uygun bir sistemdir.

Pnömatik sistemle taşımada malzeme / donanım seçimi aşamasında, hız ayarı dikkatle yapılmalıdır. Yeterli basınç ve debinin olmaması, çok fazla kıvrım noktası olması çökelme ve tıkanma oluşturabilmektedir. Sistemde sızıntının olmaması kesinlikle sağlanmalıdır. Sistem dışına toz çıkması, ortamda solunum yolu hastalıklarına, zehirlenmelere ve patlamalara sebebiyet verebilir. 1962 ve 1979 yıllarında İngiltere'de meydana gelen toz patlamalarında 25 can kaybı olmuş, 1977'de Amerika'da meydana gelen toz patlamalarında ise 150 kişi yaralanmıştır.

2.2.5. Katı Taşıma Sistemlerinin Karşılaştırılması

a. Konveyör ve elevatör ile malzemeler, genellikle doğrusal yolla, dikey veya eğimli olarak taşınır. Pnömatik taşımada malzemelerin taşınmasında yol tipi sınırlaması yoktur. Taşıma yatay, dikey veya kıvrımlı yollarla yapılabilir. Gerektiğinde taşımanın yönü değiştirilebilir.
b. İri taneli ve yoğunluğu yüksek olan maddelerin taşınması için konveyör ve elevatörler kullanılır, pnömatik sistemler kullanılamaz.
c. Konveyörler ve elevatörler uygulama ortamlarına sabitlenmek zorundadır. Pnömatik taşıma sistemleri ise sabit veya seyyar olarak üretilebilir.
ç. Pnömatik taşıma sistemlerine diğerlerinin aksine çeşitli eklemeler yapılabilmektedir.
d. Pnömatik sistemlerde parça sayısı diğerlerine göre oldukça az olup arızalanma ihtimali düşüktür. Tamiri ve bakımı oldukça kolaydır.
e. Konveyör ve elevatörlerle taşımada taşınan ürünün zarar görme olasılığı vardır. Pnömatik sistemlerde, malzemeler hava ile taşındıkları için zarar görmez. Fakat sistemde çok fazla kıvrım varsa çökelme ve tıkanma ihtimali vardır.

Araştıralım, Not Alalım, Paylaşalım

Amaç: Taşıma sistemlerinin kullanım alanlarını öğrenmek.
Araç gereçler: Kalem, not defteri.
Dikkat: İncelemelerinizi yapmak için işletme yöneticisinden izin alınız ve işletmede çalışan görevlilerden yardım isteyiniz.
Uygulamanın yapılışı:

1. Çevrenizdeki büyük marketlere, alışveriş merkezlerine not defterinizle beraber gidiniz.
2. Eşyaları taşımada, üst raflara yerleştirmede hangi tür taşıma sistemleri kullandıklarını gözlemleyerek not ediniz.
3. İşletmenin depo, kasa, ürün yükleme-boşaltma vb. yerlerini inceleyiniz. Bu kısımlarda hangi tür taşıma sistemleri kullanıldığını not alınız. Öğrendiklerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

1. Sıra Sizde

Aşağıdaki tabloda bazı katı taşıma sistemleri ve özellikleri verilmiştir.

Taşıma Sistemi	Türü	Taşıyabileceği Katının Özelliği	Avantajları
A	bantlı konveyör	toz, granül, orta ve büyük boyutlu katılar, paketlenmiş ürünler	Genellikle yatay ve küçük eğimli taşıma işleri için tercih edilir.
B	titreşimli konveyör	toz, granül ve küçük boyutlu katılar	Aşağı doğru hafif eğimle çalışır. Kısa mesafeli taşıma işleri için uygundur.
C	elevatör	toz, granül, orta ve büyük boyutlu katılar	Dik ya da büyük eğimli taşıma işleri için uygundur.
Ç	pnömatik taşıma sistemi	toz ve granül hâldeki katılar	Her yönde taşıma yapabilir. Taşınan maddeleri ve çevreyi kirletmez.

Katı taşıma sistemleri hakkında öğrendiğiniz bilgileri kullanarak ve yukarıda verilen tabloyu inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.

I. Siyah çay üretilen bir işletmede, paketlenmeye hazır çay yapraklarının boyutlarına göre titreşimli eleklerle ayrılması isteniyor. **Farklı açıklıklı elekler arasındaki kısa mesafelerde çay yapraklarını taşımak için en uygun taşıma sistemi sizce hangisidir?**

.....

.....

II. Bir çimento fabrikasında, kırılmış kireç taşının, kırma ünitesinden 12 metre yükseklikte bulunan tambur fırına dik bir açıyla taşınması isteniyor. **Sizce bu tesis için en uygun taşıma sistemi hangisidir?**

.....

.....

III. Sporcular için gıda takviyesi üretilen bir işletmede çeşitli formülasyonlarla, farklı ihtiyaçlara cevap verebilecek ürünler hazırlanmaktadır. Kullanılan ham maddeler genellikle ince toz hâldedir. Ürünlerin yüksek saflıkta olması gerektiği için taşınma esnasında ham maddelerin birbirini kirletmemesi istenmektedir. **Sizce bu tesis için en uygun taşıma sistemi hangisidir?**

.....

.....

IV. Bir şeker fabrikasında, tesise getirilip yıkanan ve soyulan şeker pancarlarının 120 metre yatay mesafede bulunan doğrama ünitesine taşınması isteniyor. **Sizce bu tesis için en uygun taşıma sistemi hangisidir?**

.....

.....

2.3. SIVILARI TAŞIMA SİSTEMLERİ

Endüstride üretim amaçlı kimyasal reaksiyon işlemleri, yıkama, soğutma ve diğer prosesler için en elverişli ve en çok kullanılan ortam sıvı fazdır. Sıvıların içerdiği çözünmüş ham maddeler ya da kimyasal bileşenler, homojenliği sağlar ve hedeflenen reaksiyonu kontrol etmek gibi bazı endüstriyel amaçlara da hizmet eder. Reaktöre madde transfer edilirken sıvı miktarının hassas bir biçimde kontrol edilmesi ve bazı durumlarda ortamın susuzlandırılması gerekir. Kontrolün sağlanması için pompa, vana ve sıvı sayaçlar kullanılır.

2.3.1. Sıvı Madde Transferine Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerin Etkisi

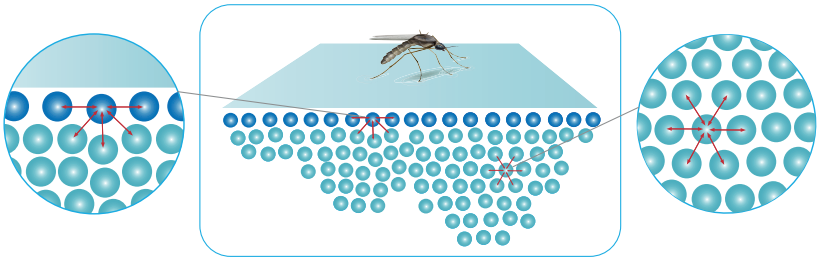
Sıvılar; belirli bir şekli olmayan, konuldukları kabın şeklini alabilen, sıkıştırılamayan akışkanlardır. Tablo 2.2'de sıvıların bazı fiziksel özellikleri ve bu özelliklerin sıvıların taşınmasına etkisi verilmiştir.

Tablo 2.2: Sıvıların Bazı Fiziksel Özellikleri ve Taşınmaya Etkisi

Yoğunluk	Belli koşullardaki maddenin birim hacminin kütlesidir.	Sıvıları taşımada kullanılan pompa vb. araçların gücü ve kapasitesi, sistem üzerindeki hidrolik basınç, taşınacak sıvının yoğunluğuna bağlı olarak değişir.
Viskozite	Bir akışkanın akmaya karşı gösterdiği dirençtir. Sıcaklık arttıkça sıvıların viskozitesi azalır.	Viskozite akış hızını etkiler. Bu yüzden taşımada kullanılan boru çapları, boru eğimi, pompa gücü sıvının viskozitesine göre belirlenir.
Elektriksel İletkenlik	Maddenin elektriği iletme kabiliyetinin göstergesidir.	İyon içeren çözeltilerin elektrik iletkenliği yüksektir. Bu nedenle iyon içeren sıvılar (elektrolit sıvılar) taşınırken elektrik donanımı ile temas ettirilmemelidir. Ayrıca bu sıvılar korozif etkiye sahiptir.
Kaynama ve Donma Sıcaklığı	**Kaynama sıcaklığı,** sıvının buhar basıncının dış basınca eşit olduğu andaki sıcaklıktır. **Donma sıcaklığı,** donma olayının meydana geldiği sıcaklıktır.	Sıvıları taşımak için tasarlanan bir sistemde sıvı hâlin korunması istenir. Sıvının donması madde transferine engel olur. Sıcaklığın yükselmesi ise sıvının buhar basıncının yükselmesine sebep olur. Artan buhar basıncı sistemin çalışmasına zarar verebilir ve kazalara neden olabilir. Bu yüzden üretim anında sıcaklığın belli bir aralıkta sabit kalması için fabrikanın bulunduğu bölge ve içinde bulunulan mevsim de göz önünde bulundurularak gerekli önlemler alınmalıdır.

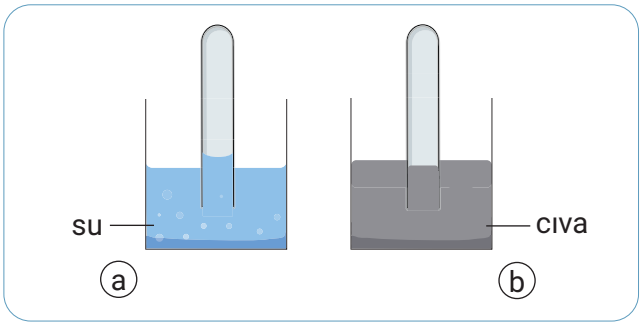
Endüstride sıvıların kullanım amacı, kimyasal özelliklerine göre farklılık gösterir. Ham madde ve yardımcı kimyasal olarak kullanılacak sıvılar asidik (H_2SO_4, HNO_3, HCl), bazik (NaOH, NH_3 çözeltileri), yanıcı (etanol, petrol ürünleri) ve oksitleyici (H_2O_2) olabilir.

Bilgi Kutusu



Sıvı içerisindeki moleküller, çevresindeki moleküller tarafından her yöne; yüzeydeki moleküller ise yanlara ve aşağıya doğru çekilir. İçerdeki moleküllere uygulanan bileşke kuvvet sıfırdır. Yüzeydeki moleküllere uygulanan çekim kuvvetlerinin bileşkesi ise sıvının içine doğrudur. Bu nedenle yüzeydeki sıvı molekülleri gerilmiş bir zar gibi davranır. Sıvı yüzeyinde oluşan bu etkiye **yüzey gerilimi** denir. Bazı böceklerin su yüzeyinde yürümesi sıvının oluşturduğu yüzey gerilimi ile mümkündür.

Sıvının molekülleri arasındaki çekim kuvveti büyükse, yüzey gerilimi de büyük olur. Sıcaklık arttıkça yüzey gerilimi düşer. Sabun, deterjan gibi maddeler yüzey gerilimini düşürür. Yüzey gerilimini düşüren bu tür maddelere **yüzey aktif maddeler** denir.



Sıvının kendi molekülleri arasındaki çekim kuvvetine **kohezyon kuvveti,** sıvı molekülleri ile temas ettiği yüzey tanecikleri arasındaki çekim kuvvetine ise **adezyon kuvveti** denir. Bir sıvının bulunduğu yüzeyi ıslatması veya damlacık hâlinde kalıp ıslatmaması bu kuvvetlere bağlıdır. Sıvının kohezyon kuvveti, konulduğu kabın çeperiyle oluşturduğu adezyon kuvvetinden küçükse sıvının yüzeyi içbükey şeklini alır (a). Bu tür sıvılar kılcal borulara konulursa kendiliğinden yükselir ve yüzeyi ıslatır. Örneğin adezyon kuvveti büyük olan su, yere dökülürse ortamı ıslatır.

Sıvının kohezyon kuvveti, konulduğu kılcal borunun çeperiyle oluşturduğu adezyon kuvvetinden büyükse sıvının yüzeyi dışbükey şeklini alır. Kılcal boruda sıvı seviyesi düşer (b). Sıvı damla özelliğini gösterir, dağılmaz, ıslanma olmaz. Kohezyon kuvveti çok büyük olan cıva yere dökülürse damla şeklini alır, ortamı ıslatmaz (c).

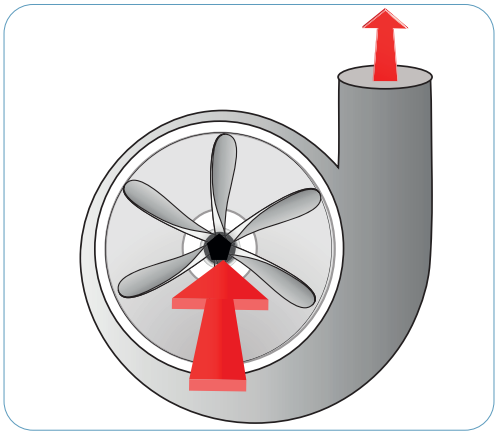
2.3.2. Pompa, Kullanım Alanları ve Çeşitleri

Sıvıların basıncını ve enerjisini artırarak taşınmasını sağlayan makinelere **pompa** veya **tulumba** denir. Piyasada pompaların genellikle su pompaladığı düşünülür. Oysa kimya sektöründe kullanılan sıvılar çoğunlukla sülfürik asit, nitrik asit, hidrojen peroksit, sodyum hidroksit gibi aşındırıcı maddelerin sulu çözeltileridir. Ayrıca pompalanmak istenen sıvı içinde değişik büyüklükte katı parçalar da bulunabilir. Bazen de pompalanan sıvı aşırı viskoz olabilir ya da sıvının viskozitesi sıcaklıkla büyük oranda değişebilir. Seçilen pompanın tüm bu zor koşullarda verimli çalışması gerekir.

Taşınacak sıvının miktarı, taşınma anındaki basıncı ve akım hızı da pompa seçiminde göz önünde bulundurulur. Kimya endüstrisinde en çok kullanılan pompa türleri; santrifüj, pistonlu, dişli ve diyaframlı pompalardır.

Santrifüj Pompa

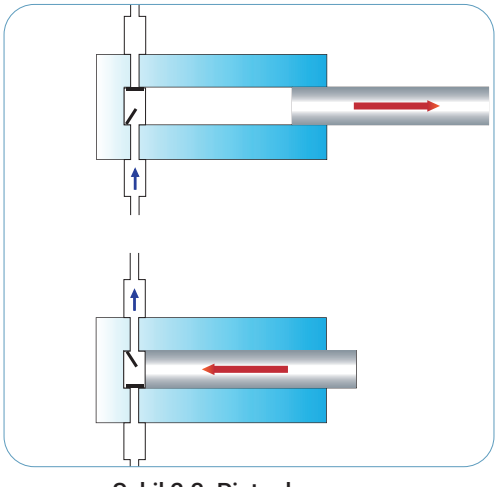
Tasarımı basit, fiyatı ucuz ve bakımı kolaydır. Giriş ucunda, emiş yoluyla sıvı çekerek vakum oluşturur. Bu nedenle kimya endüstrisinde yaygın olarak kullanılır. Bu tür pompalarda sıvı, pervanenin merkezinden sisteme alınır. Pompa gövdesi içinde bulunan pervaneler, merkezden dışarı doğru iterek sıvıya hız ve basınç kazandırır. Sıvı, spiral şeklindeki gövdenin genişleyen kısmından dışarı çıkar (Şekil 2.2). Pompa çalışırken pervanelerin merkezinde basınç düşer. Basınç sıvının kaynamasına neden olacak kadar düşerse oluşan buhar baloncukları pervanenin yüzeyine zarar verebilir (kavitasyon olayı). Bu nedenle emiş gücü belli bir değerin üzerine çıkamaz. Bu önemli bir dezavantajdır. Kavitasyon sorununu önlemek için pompalanan sıvının kaynamaması, buharlaşmaması ve basıncının pompanın basıncının altında olması gerekir. Pompanın çalışması için giriş ucunda sıvı bulunmalıdır.



Şekil 2.2: Santrifüj pompa

Pistonlu Pompa

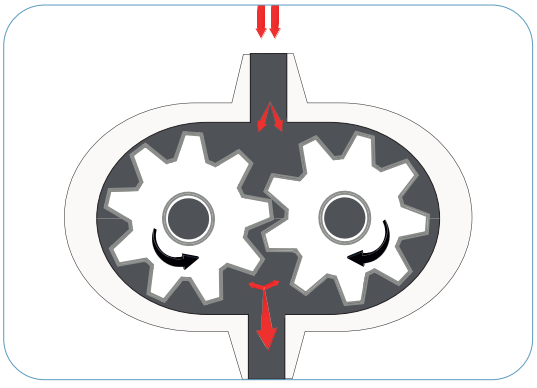
Pistonlu pompalarda sıvı, bir silindir içerisinde piston yardımıyla itilerek hareket ettirilir. Artan basınç, çıkış ucundaki bir supabı açarak sıvıyı dışarı gönderir. Piston geri çekildiğinde oluşan vakum, giriş ucundaki subabı açar ve silindir tekrar sıvıyla dolar (Şekil 2.3). Pistonlu pompalarda emme ve basma kuvvetleri zamana göre değişkenlik gösterir. Bu durumu engellemek için iki ya da daha fazla sayıda piston, bir krank mili üzerine sıralanarak zamanla değişmeyen, sabit bir basınç elde edilir. Pistonlu pompalar, yüksek çıkış basıncına sahiptir. Viskoz sıvıları veya katı tanecikler içeren sıvı karışımları da pompalayabilir.



Şekil 2.3: Pistonlu pompa

Dişli Pompa

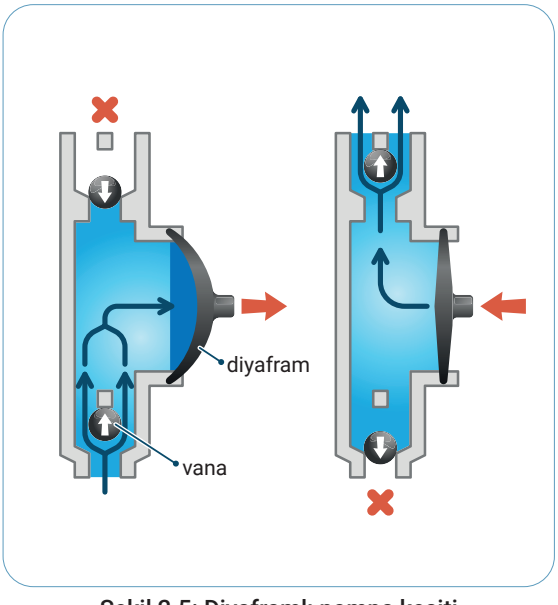
Dişli pompalarda sıvı, pompa gövdesi içerisinde yer alan ve bir motor yardımıyla döndürülen dişliler sayesinde hızlandırılarak çıkış ucuna taşınır (Şekil 2.4). Çıkış ucunda hız bir miktar azalır, sıvının basıncı artar. Dişli pompa ile sabit bir basınç ve debi elde edilir. Pompa içerisinde sürtünmenin az olması bakım maliyetlerini düşürür. Uygun materyallerden üretilen türleri aşındırıcı veya viskoz sıvıları taşımak için tercih edilir. Sabit bir basınç ve akış hızıyla çalıştıkları için sıvıları ölçmek ve taşımak amacıyla da kullanılır. Kimya sektöründe en yaygın kullanılan pompa türlerindendir.



Şekil 2.4: Dişli pompa

Diyaframlı Pompa

Diyaframlı pompa, basınçlı hava ya da elektrik motorları yardımıyla çalıştırılabilir. Genellikle basınçlı havayla çalışan çift diyaframlı türleri (havalı pompa) tercih edilir (Şekil 2.5). Çift diyaframlı pompalar birbirinin simetriği olan iki bölümden oluşur. Her bölüm sıvı haznesi, giriş / çıkış bağlantıları, bu bağlantılar üzerinde yer alan top valfler ve bir diyaframdan oluşur. Simetrik diyaframlar birbirlerine şaft ile bağlıdır. Basınçlı hava, bir mekanizma yardımıyla sırayla diyaframları hareket ettirir. Diyaframlar hareket ettikçe pompanın simetrik bölümlerinde basınç ve vakum oluşturur. Top şeklindeki valfler suyun giriş / çıkışını kontrol eder. Akış çok kısa kesiklikler hâlinde devam eder. Havayla çalışan türlerinde elektrik kaynağına ihtiyaç duyulmaz. Basit tasarımından ötürü bakım masrafı düşüktür. Kimya sektöründe tercih edilen bir pompa türüdür (Görsel 2.7).



Şekil 2.5: Diyaframlı pompa kesiti

Görsel 2.7: Çift diyaframlı pompa

2. Sıra Sizde

Aşağıda verilen tabloyu inceleyerek ve pompa türleri hakkında öğrendiğiniz bilgileri kullanarak verilen soruları cevaplayınız.

Pompa	Türü	Basma Yüksekliği (metre su seviyesi/mSS)	Debi (m^3/ saat)	İlk Kurulum Maliyeti (₺)	Yıllık Bakım Gideri (₺)
A	santrifüj	10	30	9000	500
B	pistonlu	50	20	18000	1000
C	dişli	8	35	12000	700
Ç	diyaframlı	14	28	10000	600

Sıvı taşıma sistemleri hakkında öğrendiğiniz bilgileri kullanarak ve yukarıda verilen tabloyu inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.

I. Bir maden işletmesinde, zenginleştirme ünitesinde kullanılan suyun arıtılarak tekrar kullanılması istenmektedir. Arıtma ünitesi ve depolama havuzları yüksekte bulunduğu için pompanın yüksek çıkış basıncına sahip olması gerekmektedir. Zenginleştirme ünitesinden alınan atık suyun belirli büyüklükte katı taneler içerdiği de bilinmektedir. **Sizce bu maden tesisi için en uygun pompa hangisidir?**

.....

II. Bir kimya tesisinde, sülfürik asit çözeltisinin taşınması için pompa satın alınmak istenmektedir. Seçilen pompanın kesiksiz çalışan reaktöre sülfürik asidi sabit basınç ve debi ile iletmesi beklenmektedir. **Sizce bu tesis için en uygun pompa hangisidir?**

.....

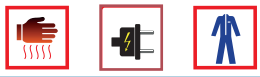
III. Bir petrokimya tesisinde düşük viskoziteli ve düşük yoğunluklu hidrokarbon karışımının depolanacağı tanklara taşınması için pompa satın alınmak istenmektedir. Yangın tehlikesinden ötürü pompanın basınçlı havayla çalıştırılması düşünülmektedir. **Sizce bu petrokimya tesisi için en uygun pompa hangisidir?**

.....

IV. Küçük bir yerleşim yerindeki, sıvı gübre üretilen bir kimya tesisine tasarımı basit, bakım maliyeti düşük bir pompa gerekmektedir. Firma büyük sanayi merkezlerine uzak olduğundan bakım ve onarımlarının kolayca yapılabilmesi için yaygın kullanılan bir pompa türünün seçilmesi istenmektedir. **Sizce bu tesis için en uygun pompa hangisidir?**

.....

Güvenlik İşaretleri



2. UYGULAMA FAALİYETİ
SANTRİFÜJ POMPA YAPIMI

Amaç: Santrifüj pompaların çalışma sistemini model yaparak öğrenmek.

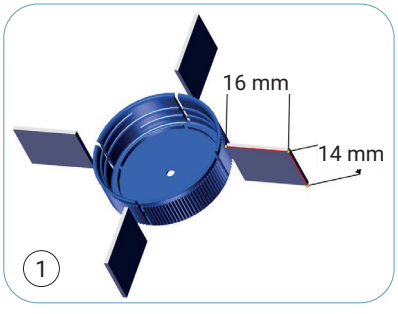
Araç gereç: 2 adet büyük pet şişe kapağı, 1 adet küçük pet şişe kapağı, 1 adet pet şişe, DC motor (9 V), silikon tabancası, yassı pil (9 V), pil başlığı, havya, silikon çubuk, lehim teli, devre anahtarı, maket bıçağı, kablo, yaklaşık 100x50 mm boyutlarında sert ve dayanıklı şeffaf plastik, şeffaf hortum, 1 adet 5 mL'lik enjektör, 120x100 mm boyutlarında tahta parçası.

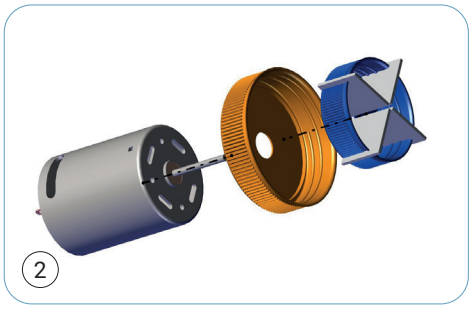
DİKKAT: Verilen malzemelerin yerine alternatiflerini kullanabilirsiniz. Yeni ve farklı tasarımlar yapabilir, farklı modeller geliştirebilirsiniz.

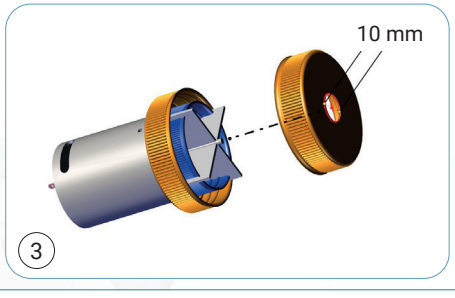
Yanda bulunan karekodu kullanarak montaj videosuna ulaşabilirsiniz.

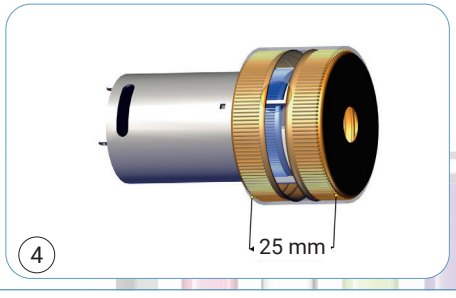
Uygulamanın Yapılışı

1. Pet şişe kapağının tam ortasına motor milinin geçebileceği boyutta delik açınız. Kapağa birinci görseldeki gibi birbirine dik olacak biçimde dört kesik açınız. Sert ve dayanıklı bir plastikten 16x14 mm boyutlarında 4 parça kesiniz. Kestiğiniz parçaları merkezde motor mili ile birleşecek biçimde kapağa yapıştırınız.
2. Büyük pet şişe kapaklarının birinin tam ortasına uygun boyutlu bir delik açınız. İkinci görseldeki gibi büyük kapağın dış kısmı motor gövdesine tam oturacak biçimde yapıştırınız. Küçük pet şişe kapağı ile hazırladığınız parçayı motor miline takıp milin ucuna yapıştırınız. Parçanın mil ile birlikte rahatça döndüğünden emin olunuz.
3. Diğer büyük kapağın tam ortasına üçüncü görseldeki gibi en az 10 mm çapında bir delik açınız. Bu delik model pompanızın sıvı girişi ucu olacaktır. (Giriş kısmının mümkün olduğunca geniş olmasında fayda vardır.)
4. Şeffaf ve dayanıklı bir plastikten 25 mm genişliğinde bir şerit hazırlayıp dördüncü görseldeki gibi iki büyük kapağın etrafına yapıştırarak pompa modelinizin gövdesini oluşturunuz. Şeffaf gövde kaplamasının uygun bir yerine delik açınız. (Bu delik pompanızın sıvı çıkış ucu olacaktır.)

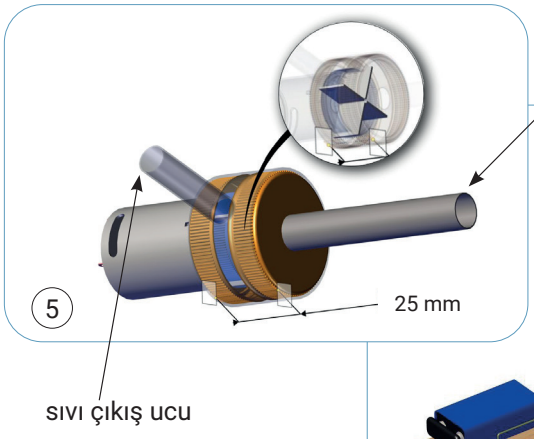


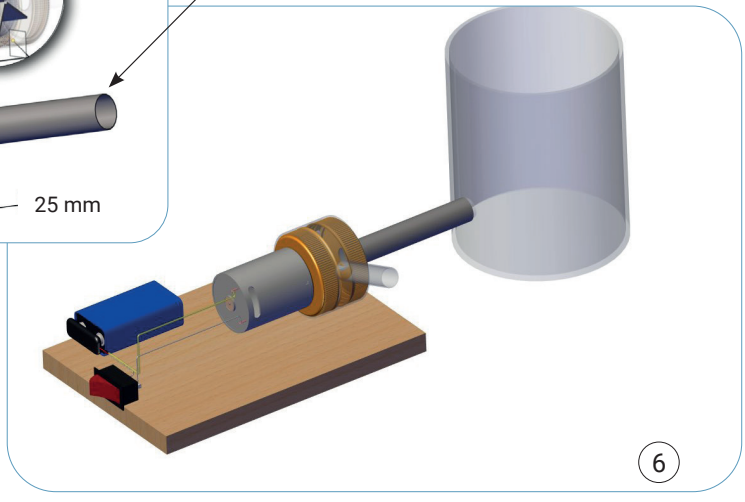






5. Beşinci görseldeki gibi motor gövdesindeki giriş ucuna enjektör gövdesinden keseceğiniz parçayı, çıkış ucuna ise şeffaf hortumdan kestiğiniz parçayı yapıştırınız. Gövdenin su sızdırmadığından emin olunuz.
6. Hazırladığınız pompayı altıncı görseldeki gibi 120x100 mm boyutlarındaki tahta bloğa yapıştırınız. Motorun giriş ucuna uygun bir su haznesi bağlayınız. (Pet şişe kullanabilirsiniz.)
7. Altıncı görseldeki gibi yassı pili, pil başlığı ve anahtar yardımıyla motora bağlayınız.
8. Hazneyi suyla doldurduktan sonra anahtarı açıp model pompayı çalıştırınız. (Su seviyesi pompanın giriş seviyesinin altındaysa pompanız çalışmayacaktır. Pompanın çalışması için, pompa gövdesinin içini suyla doldurunuz.)





Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	10	8	5	3
2	Malzemeleri kullanarak pompa gövdesini hazırlar.	20	15	10	5
3	Enjektörü keserek sisteme yerleştirir.	20	15	10	5
4	Motoru çalıştırmak için gerekli olan elektrik bağlantılarını yapar.	20	15	10	5
5	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
6	Rapor hazırlar.	10	8	5	3

2.3.3. Vana, Kullanım Alanları ve Çeşitleri

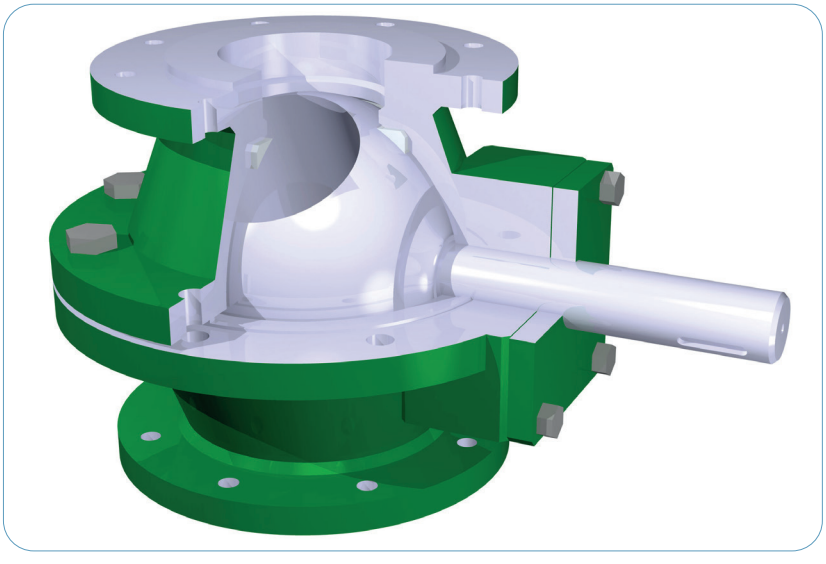
Sıvıların taşınmasında vanalar önemli bir yere sahiptir. **Vana (valf);** akışkanların yönünü, miktarını, basıncını, debisini ayarlamada kullanılan, iki boru arasında hareket edebilen kapak veya alettir. Akışkanların karıştırılması, sıcaklığının değiştirilmesi, geri dönüşünün engellenmesi gibi amaçlarla kullanılır. Sistemlerde akışkan basıncının fazla yükseldiği durumlarda basıncın düşürülmesi, tehlike durumunda ise basınca sebep olan akışın kesilmesi işlemi vanalarla yapılır. Kimya ve petrokimya tesislerinde, ısıtma ve soğutma hatlarında, kâğıt fabrikalarında vanalar kullanılır. Atık su tesisleri, yangın söndürme tesisatları, enerji transfer düzenekleri, sıhhi tesisatlar diğer yaygın kullanım alanlarıdır.

Vana çeşitlerinin farklı sıcaklık ve basınçlara dayanımı vardır. Türüne göre, çok düşük sıcaklıklarda ve yüksek basınçlarda kullanılabilir. Vanalar, kullanım yer ve amaçlarına göre farklı malzemeler kullanılarak çeşitli boyutlarda üretilir. Klor içerikli kimyasalların ve önemli bir ham madde olan amonyağın depolanması ve transferinde PVC (polivinil klorür) vanalar kullanılır. Nötral gaz transferinde ise pirinçten yapılmış vanalar tercih edilir. Ancak büyük ölçekli depolama faaliyetlerinde olası yangın riskini düşünerek paslanmaz çelik vana kullanımı daha uygundur. Özellikle formaldehit ve benzeri organik çözücülerde (solventler) çelik vanalar tercih edilir. Transfer sırasında sızdırmazlık ise teflon [PTFE (politetrafloroetilen)] salmastra ile sağlanır. (**Salmastra,** biri hareketli, diğeri sabit bulunan iki makine parçası arasında sızdırmazlık sağlayan parçalara verilen isimdir.)

Vanaların kullanım amaçlarına göre küresel, şiber, kelebek, glob, radyatör, termostatik, kollektör, flatör, çek valf gibi birçok türü vardır. Kimya üretim işletmelerinde genellikle küresel veya şiber vana kullanılır.

Küresel Vana

Açma kapatma işlemini delikli, dönebilen bir küre içinde yapan, hat boyunca akış kontrolünü sağlayan vana türüne **küresel vana** denir (Görsel 2.8). Üzerinde bulunan kolun konumu delikli kısmın kapalı veya açık olmasını sağlar. Kol 90° hareket edebilmektedir. Evlerdeki su sayaçlarında, kombi tesisatlarında bu tip vanalar kullanılır.



Görsel 2.8: Küresel vana kesiti

Bu vanaların kullanımındaki en büyük dezavantaj, açık veya kapalı pozisyonunun iyi ayarlanmaması durumunda ortaya çıkar. Eğer açma veya kapatma pozisyonu tam olarak sağlanmazsa içindeki conta şişme yapar ve kolun hareketi contaya zarar verir. Sızdırma problemi ortaya çıkar. Bu nedenle bu tür vanalar düzenleme, emniyet valfi olarak kullanılmamalıdır.

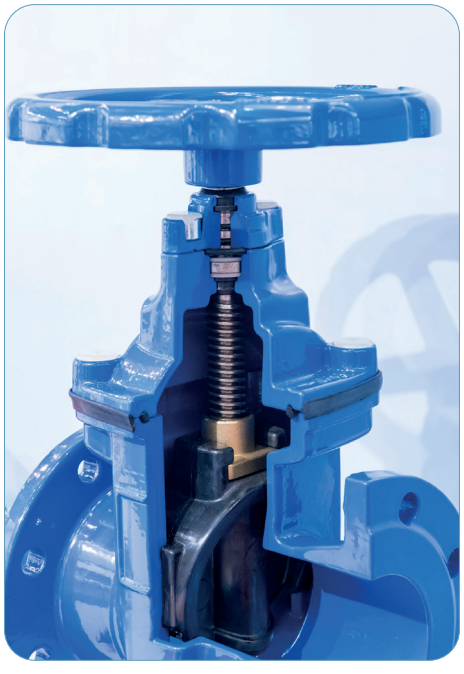
Kuvvete ihtiyaç duyulmadan kolayca açılıp kapanması, az yer kaplaması, hafifliği, basınç kayıplarının düşük olması avantajlarıdır. İçme suyu tesisatlarında kontrol amaçlı kullanılır. Doğru kullanıldığında uzun süreli kullanım ve sızdırmazlık sağlar. Avantajlarının fazla olmasından dolayı yaygın kullanım alanına sahiptir.

Kâğıt üretim tesisleri, doğal gaz hatları, gıda, kimya ve petrokimya endüstrileri yaygın kullanım alanlarındandır.

Şiber Vana (Sürgülü Vana)

Sızdırmaz halkalar arasına akış yönüne dik konumlandırılmış, aşağı yukarı hareket ederek akışı kontrol eden vanaya **şiber vana** denir (Görsel 2.9). Sanayide bu tip vanaların pirinçten yapılanları şiber vana, pikten yapılanları ise sürgülü vana olarak bilinir. Bu vanalarda disk, belirli seviyelere kadar kapatılarak akışkanın debisi ayarlanabilmektedir. Açılırken diskin yavaş hareket etmesinden kaynaklanan basınç sızıntılara sebep olabilmektedir. Küresel vanalar gibi seri bir şekilde açılıp kapanamamaları, montaj ve bakımı için gereken alanın büyük olması da dezavantajlarındandır.

Şiber vanalar, tam kapama özelliğine sahiptir. İki yönlü kullanılabilir. Düz akışı sağlayarak basınç kaybını en aza indirir. Bu avantajları sayesinde enerji transferi, kimya, petrokimya, gıda tesisleri, tekstil sanayisi gibi alanlarda kullanılmaktadır.



Görsel 2.9: Şiber vana

2.4. GAZLARI TAŞIMA SİSTEMLERİ

Kullanılabilir endüstriyel gazlar oldukça fazla ve çok çeşitlidir. Bu gazlardan bazıları dünya ekonomisinin temel unsurlarıdır. Hava, O_2, N_2, H_2, F_2, Cl_2, SO_2, NO_2, CO_2, CO, metan, etan, bütan, propan, etilen, asetilen, doğal gaz ve petrol gazı kimya endüstrisinde sıkça kullanılan gazlardandır.

Miktarının yanında sıcaklık gibi fiziksel faktörler de taşınan gazın hacmini ve basıncını etkiler. Gazların genleşmesi, basıncının artması gibi durumlarda malzeme dayanım sınırı aşılabilir ve kazalar meydana gelebilir. Bu nedenle gaz taşıma sistemlerinde kullanılan boru, vana gibi ekipmanların yeterli basınç dayanımına sahip olması çok önemlidir.

2.4.1. Gazların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Gaz davranışlarını en çok etkileyen fiziksel özellikler; sıcaklık, basınç ve hacimdir. Gazlar sıkıştırılarak basıncı değiştirilebilir. Üretim tesisinde kullanılan gazın basıncı hem üretim performansı hem de güvenlik açısından kritiktir. Tablo 2.3'te gazların, endüstri tesislerinde çalışılırken göz önünde bulundurulması gereken bazı fiziksel özellikleri ve bu özelliklerin gazların taşınmasına etkisi verilmiştir.

Tablo 2.3: Gazların Bazı Fiziksel Özellikleri ve Taşınmaya Etkisi

Termal (Isıl) İletkenlik	Maddenin ısı iletme kabiliyetinin göstergesidir.	Isıtma ve soğutma amacıyla kullanılan gazlarda önemli bir fiziksel özelliktir. Ayrıca bu fiziksel özellik yanıcı, patlayıcı gazlar için belirli konsantrasyonlarda yanma, patlama alt ve üst sınırlarının belirlenmesi için de gereklidir.
Kritik Sıcaklık / Kritik Basınç	Sıkıştırılabilir akışkanların basınç uygulanarak sıvılaştırılabildiği en yüksek sıcaklığa **kritik sıcaklık** denir. Kritik sıcaklıktaki sıkıştırılabilir akışkanı sıvılaştırmak için gereken en küçük basınç değerine ise **kritik basınç** denir.	Buhar ve sıvılaştırılmış gazların kullanıldığı tesislerde bu gazların kritik sıcaklık ve basınçları mutlaka bilinmelidir. Bu sıcaklık ve basınç değerleri aşılırsa tüm akışkan gaz hâline döner. Gazın bulunduğu sistemde basınç aşırı yükselir. Genellikle bu durumlar için tasarlanan güvenlik valfleri devreye girerek gazı sistemden tahliye eder (havalandırma). Bu durum ham madde kaybı ve üretimin aksaması sebebiyle ekonomik kayıplara neden olur. Bir yandan da iş güvenliğini riske atar.

Bir gazın kimyasal özelliği gazın türüne bağlıdır. Gaz fazında gerçekleşen tepkimelerin çoğu zaman katı ve sıvı faz tepkimelerinden daha hızlı olduğu söylenebilir. Endüstride kullanılan gazlar; yanıcı (H_2, CH_4, C_2H_4, LPG), yakıcı / oksitleyici (O_2, O_3), indirgen (H_2, SO_2), korozif (NO_2, SO_2), boğucu-zehirli (F_2, Cl_2, SO_2, NO_2, CO_2) ve inert (kimyasal aktivitesi olmayan) (N_2, Ar) olabilir. Gazların kimyasal özelliklerinin ve üretim sürecinde kullanım amaçlarının bilinmesi; risklerin belirlenebilmesi ve tedbir alınabilmesi açısından son derece önemlidir.

Bilgi Kutusu

Gerekli üretimin yapılabilmesi, insanların daha rahat yaşayabilmeleri için enerji ihtiyacı en kolay şekilde karşılanmalıdır. Bu ihtiyacı karşılamada, çevreye zararı olmayan yakıtların bulunması yeterli olmamış, enerjinin taşınması ve kolaylıkla kullanımı için de çalışmalar yapılmıştır.

Günümüzde çevreye etkisi ve taşınma kolaylığı konusunda öne çıkmış olan iki yakıt türü, LNG (sıvılaştırılmış doğal gaz) ve LPG'dir (sıvılaştırılmış petrol gazı).

LNG	LPG
• Yaklaşık %90 oranında metan ve az miktarda etan, propan, bütan vb. içeren bir karışımdır. • Renksiz, kokusuz, toksik olmayan bir gaz karışımıdır. • Enerji ihtiyacının karşılanması için kullanılan maddelerin uzun boru hatlarıyla taşınması, beraberinde maliyet ve bölgesel zorluklar (deniz aşırı bölgelere ulaştırma vb.) getirmektedir. Bu yüzden 1 atmosfer basınçta -162 ^{0}C'a kadar soğutulup sıvılaştırılarak hacmi yaklaşık 600 kat azaltılır. Bu sayede çıkarıldığı noktadan enerji ihtiyacı olan yerlere araçlarla (tanker, gemi vb.) kolayca taşınabilir. • Sıvılaştırılarak taşınması kolay ve güvenlidir. Sıvı hâlde iken alev almaz. • Kullanım alanına gelen LNG tekrar gaz hâline dönüştürülür ve borularla taşınır. Bir litre LNG'nin tekrar gaza dönüştüğünde hacmi yaklaşık 600 litre olur. • Isıl değeri 8250 kcal/m^{3}tür. Tutuşma sıcaklığı 540 ^{0}C'tur.	• Çoğunlukla bütan ve propandan oluşan bir karışımdır. • Ham petrolün ayrımsal damıtılması ve doğal gazın ayrıştırılması ile elde edilir. • Renksiz, kokusuz, havadan ağır ve yanıcı bir gazdır. • Sızıntı olduğunda anlaşılması için içine koku verici maddeler (merkaptanlar, sülfür bileşikleri vb.) konulur. Havadan ağır olmasından dolayı gaz kaçağı olduğunda aşağıya çökeceğinden yere yakın kısımdan süpürülerek tahliye edilir. • Diğer enerji kaynaklarına göre daha çevreci olan LPG, ısı değeri ve verimi yüksek bir yakıttır. • LPG tüplerinin yaklaşık %80-85'i doldurulur. Genleşme payı bırakılır. Gaz çıkışı ise valf ve regülatörlerle kontrol edilir. • Bir litre LPG tekrar gaza dönüştüğünde yaklaşık 250 litre hacme sahip olur. • Isıl değeri 23600 kcal/m^{3}tür. Tutuşma sıcaklığı 460 ^{0}C'tur.

OKUMA PARÇASI

BHOPAL FELAKETİ

Belki de tarihte yaşanmış en büyük endüstriyel kaza 1984 yılında Hindistan'ın Bhopal kentindeki böcek ilacı üretilen kimya tesisinde meydana gelmiştir. 500.000'den fazla insan tesisten sızan metil izosiyanat (MIS) gazından etkilenmiştir. Resmi rakamlara göre 2.259 kişi gazla temas anında yaşamını yitirmiştir. 38.478 kişi geçici, 3.900 kişi de ağır ve kalıcı olarak yaralanmıştır. Günümüze kadar 8.000 kişinin daha MIS'tan etkilendiği için yaşamını yitirdiği tahmin edilmektedir. Sivil toplum örgütleri gerçek rakamların daha yüksek olduğunu iddia etmektedir.

Kazanın çevresel etkileri Çernobil faciasından bile büyüktür. 2004 yılında kazanın yaşandığı bölgeden alınan toprak numunelerinde toksik madde miktarı normalin 6 milyon katıdır.

Bhopal kentindeki kimya tesisi 1969 yılında kuruldu. Tesise 1979 yılında MIS üretim ünitesi eklendi. Dünyada, yetmişli yıllar boyunca böcek ilaçlarına büyük bir talep vardı. Fakat seksenli yıllarda toplumların bilinçlenmesi ile birlikte böcek ilaçlarına olan talep düştü. Bhopal'daki tesis, ürettiği MIS'ı toprak altına inşa edilen üç büyük tankta depoladı.

Depolama tanklarının yarısı uçucu bir sıvı olan MIS, tankın üst kısmı ise basınçlı azot gazı ile doldurulyordu. Basınçlı azot gazı, çok aktif bir kimyasal olan MIS'ın su ve oksijen gibi yabancı kimyasallarla temasını engelliyordu. Ayrıca basınçlı azot gazı MIS'ın tanktan boşaltılmasını da sağlıyordu. Depolama tankları MIS'ın buharlaşmaması için soğutulmaktaydı. Depolarda, sızıntı durumunda MIS'ı yakarak yok etmek için yakma kuleleri eklenmişti. Ek bir güvenlik tedbiri olarak sızan gazı nötralize etmek amacıyla kostik soda (NaOH) içeren yıkama ünitesi de vardı.

Artık çok kâr getirmeyen MIS ünitesinin bakımları, seksenli yılların başlarında ihmal edildi. Önce tankları soğutan sistem devre dışı kaldı. Sonra depolama tanklarından birinde oluşan küçük bir çatlak, tanktaki azot basıncının atmosfer basıncına düşmesine neden oldu. Yeterli basınç oluşturulamayınca tanktaki 42 ton MIS boşaltılamadı. Tesisteki üretim geçici olarak durduruldu. Kısa süre sonra yeterli onarım yapılmadan, hasarlı tank devre dışı bırakılarak üretime devam edildi.

2 Aralık 1984 Pazar günü boruları temizlemek için kullanılan su, hasarlı tanka girdi. Tank içindeki metil izosiyanat ile su arasında gerçekleşen ekzotermik tepkime tanktaki sıcaklığı artırarak MIS'ı buharlaştırmaya başladı. Tesisteki işçiler sızıntıyı hissetti ancak tesis sorumluları olaya müdahale etmeden önce çay molası vermeyi tercih etti. Zamanla artan basınç, yer altına inşa edilen tankın üzerindeki beton tabakasını da parçaladı. 42 ton metil izosiyanat, atmosfere karıştı. Tesis çalışanları, rüzgâr yönünde kaçarak kurtulmayı başardı. Ancak havadan ağır olan gaz tabakası rüzgâr etkisiyle zemin üzerinden yayılarak yerleşim yerine ulaştı.

Yıllar sonra yapılan soruşturmada, 1981 yılından itibaren üretim tesisinde çok sayıda küçük çaplı sızıntının yaşandığı ortaya çıktı. Üretim tesisindeki sorumluların her seferinde geçici çözümler ürettiği, sorunun esas kaynağıyla ilgilenmedikleri anlaşıldı. Ünite inşa edilirken tasarlanan yakma kulesinin bu boyuttaki bir sızıntı için yetersiz olduğu ve kostik yıkama tesisinin kaza anında çalışmadığı belirlendi.

Taşınacak, depolanacak gaz ve buhar fazındaki maddelerin özellikleri ve oluşturacağı riskler bilinmelidir. Tehlikeli gazların atmosfere karışması durumunda sızıntıyı kontrol altına almak çok zor hatta imkânsızdır. Bu nedenle depolama ve taşıma sistemlerinde uygun malzemeler kullanılmalıdır. Bu sistemlerin bakım ve onarımları zamanında ve ehil kişilerce yapılmalıdır.

Hiçbir kaza tesadüfi değildir. Bir kaza meydana geldiyse öncesinde mutlaka pek çok "ramak kala" durumu yaşanmıştır. Aslında söylenenin aksine kaza geliyorum, der. Önemli olan kaza geliyorum, dediğinde bu durumu anlayabilecek yeterlilikte, yetkili, eğitimli ve sorumluluk sahibi personelin varlığıdır.

Yazarlar tarafından yazılmıştır.

2.4.2. Gazların Taşınması

Gazlar, yüksek basınçtan düşük basınca doğru kendiliğinden hareket eden akışkanlardır. Bu nedenle gazları taşımak için basınç farkı elde etmek gerekeceğinden gazları depolamak, sıvılaştırmak ve bazı durumlarda vakum elde etmek için kompresörler kullanılır.

Kompresörler ve Türleri

Gazların basıncını artırmak için kullanılan makinelere **kompresör** denir. Sadece kimya sektörü değil pek çok sanayi kolu için vazgeçilmez bir araçtır. Kompresörler; katıların taşınmasında, klima ve buzdolabı gibi soğutma sistemlerinde, üretim bantlarında kâğıt gibi hafif cisimlerin tutulması ve kaldırılmasında kullanılır.

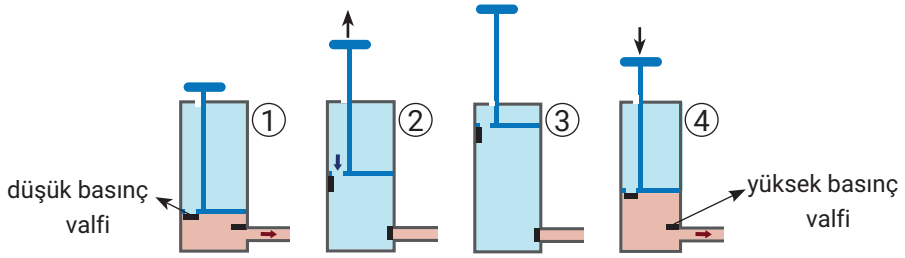
Kompresör seçiminde; türü, fiyatı, üreteceği basınç ve debi, enerji tüketimi, temiz (yağsız) basınçlı gaz üretip üretmediği, bakım ve onarım maliyeti dikkate alınır. Kompresör seçerken ilk karar verilmesi gereken, kompresörün türüdür. Çünkü kompresörün fiyatını, enerji sarfiyatını, elde edilecek basınç ve debi miktarını kompresörün türü belirler.

Kompresörler, basınç elde etmek için gazları sıkıştırır. Gazları sıkıştırmak için iki temel ilke vardır: Pozitif deplasmanlı sıkıştırma ve dinamik sıkıştırma. Bisiklet pompası, pozitif deplasmanlı sıkıştırma ilkesine göre çalışır. Dinamik sıkıştırma işleminde hava hızla dönen bir sıkıştırma türbininin kanatları arasına çekilerek hızlandırılır. Ardından gazın hızı düşürülerek basınç elde edilir. Dinamik sıkıştırma yapan kompresöre **turbo kompresör** denir.

? Meraklısına

BİSİKLET POMPASI NASIL ÇALIŞIR?

Pozitif deplasmanlı (havayı sıkıştırarak çalışan) kompresör örneği olan bisiklet pompası, basit bir araçtır ancak zekice tasarlanmıştır. Aşağıda bisiklet pompasına ait basit bir çizim üzerinde pompanın kısımları görülmektedir.



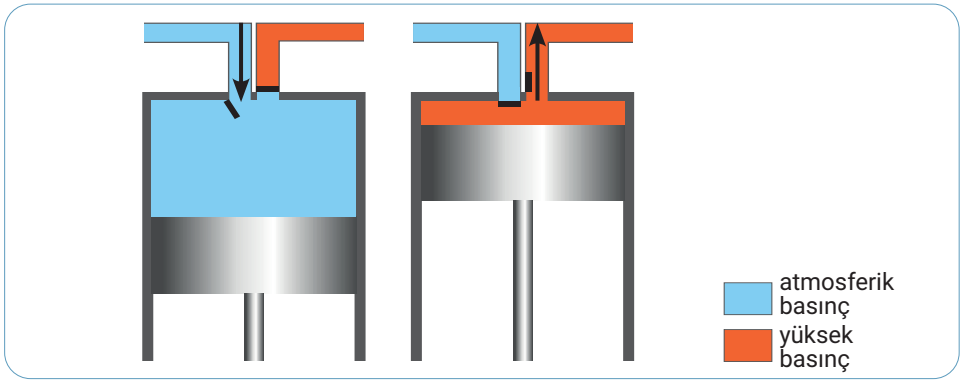
Bisiklet pompasının çalışma ilkesi, Boyle Yasası'na dayanır. Boyle Yasası, bir gazın basıncıyla hacminin ters orantılı olduğunu söyler. 1. görseldeki gibi piston en alt konumdan yukarıya doğru çekilirken sıkıştırma odasının hacmi artar ve içerdeki basınç düşer. Sıkıştırma odasındaki düşük basınç 2. görseldeki gibi düşük basınç valfinin açılmasını ve içeriye hava girmesini sağlar. Piston en üst konumuna ulaştığında sıkıştırma odası atmosfer basıncındaki havayla doludur. 3. görseldeki gibi piston en üst konumdan aşağıya doğru itildikçe sıkıştırma odasının hacmi azalır (pozitif deplasman) ve basınç artar. Artan basınç 4. görseldeki gibi düşük basınç valfini kapatır. Basınç yeterince yükseldiğinde yüksek basınç valfini açarak basınçlı havayı serbest bırakır. Piston hareket ettirildikçe bu döngü tekrarlanır.

Bisiklet pompası çok kullanışlı bir araç olsa da büyük miktarlarda basınçlı gaz üretmek insanlar için sıkıcı daha da önemlisi çok yorucudur. Bu nedenle pistonun insan gücü yerine bir motorla hareket ettirilmesi amacıyla bazı tasarım değişiklikleri ile **serbest pistonlu kompresör** üretilmiştir.

Serbest Pistonlu Kompresör

Serbest pistonlu kompresörlerde, silindir içerisinde hareket eden bir piston, gazı sıkıştırarak basınç oluşturur (Şekil 2.6). Basınçlı gaz, yeterli basınç oluştuğunda bir supap yardımıyla silindir dışına alınır.

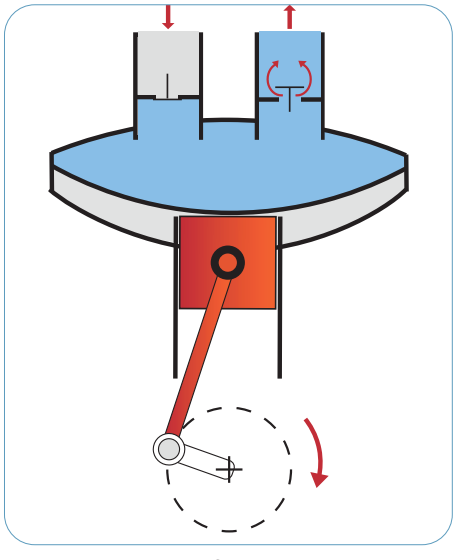
Serbest pistonlu kompresörler en ucuz kompresör türüdür. Yüksek basınç ve düşük debi üretir. Gazları taşımak yerine yüksek basınçta depolama amacıyla kullanılır. Küçük ve orta ölçekli işletmeler tarafından tercih edilir. Ancak gürültülü çalışmalarından, sürtünen parçalarının çok olmasından ötürü sık sık arızalanmaları ve gazın içine yağ karışması önemli dezavantajlarıdır.



Şekil 2.6: Serbest pistonlu kompresör

Diyaframlı Kompresör

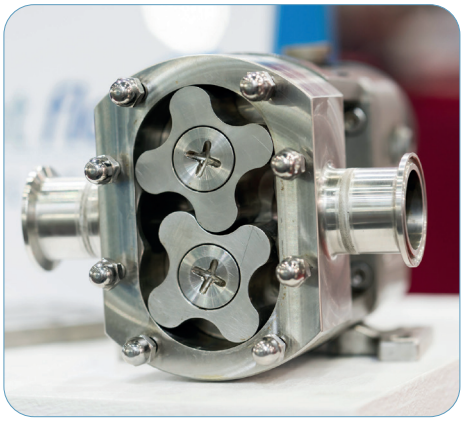
Çalışma şekli serbest pistonlu kompresöre benzer. Ancak piston bir diyaframı hareket ettirir. Diyaframın hareketiyle gaz sıkıştırılır (Şekil 2.7). Sıkıştırdıkları gazı yağ ile kirletmedikleri için genelde gıda, kimya ve ilaç sektöründe kullanılır. Ancak ürettiği basınç değeri düşüktür. Diyafram seçiminde gazın cinsi göz önünde bulundurulmalıdır. Diyaframın imal edildiği materyal ile taşınan gaz etkileşmemelidir.



Şekil 2.7: Diyaframlı kompresör

Vidalı Kompresör

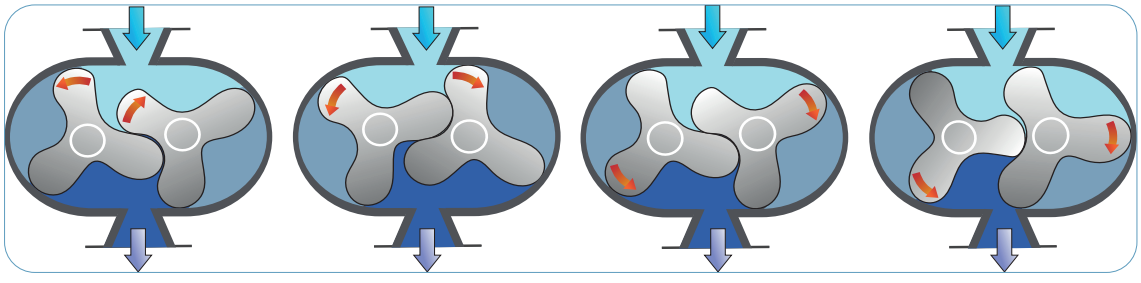
Kapalı bir gövde içerisinde iki vida bulunur. Vidalardan biri motora bağlı olarak motor yardımıyla diğeri ise motora bağlı vida tarafından döndürülür. Giriş tarafından alınan hava vida dişleri arasında kalan ceplerde hapsedilir. Vida dişleri birbirine temas etmez, sürtünme çok azdır. Sessiz çalışır. Gövde içerisinde yağ bulunmaz. Vida döndükçe ceplerin hacmi küçülür ve gazın basıncı artar. Çıkış ucundan basınçlı gaz elde edilir (Görsel 2.10). Yüksek basınç üretilir. Kimya sektöründe gazları sıvılaştırmak için ve otomobillerin turbo sistemlerinde kullanılır. Vidalı kompresörlerin bakım maliyeti düşüktür. Orta ve büyük işletmeler tarafından tercih edilir.



Görsel 2.10: Vidalı kompresör

Üflemeli Kompresör [Blower (Bılovır)]

Gövde içerisinde birbirine ters yönde dönen ikili ya da üçlü kanatçıklar bulunur. Üç kanatçıklı blower daha az titreşir (Şekil 2.8). Çalışma esnasında kanatçıklar birbiriyle ve gövdeyle temas etmez. Aralarındaki boşluk fark edilmeyecek kadar azdır. Gövde içerisinde yağ bulunmaz. Kompresör içine alınan gaz, kanatçıklar hareket ettikçe sıkışır ve basınç elde edilir. Elde edilen basınç düşük olmasına rağmen debi yüksektir. Kompresörden çıkan gaz yağla kirlenmemiştir. Patlamaya dayanıklıdır [exproof (ekspuruf)] ve yanıcı ortamlarda kullanıma uygundur. Gazların taşınmasında tercih edilen kompresör türüdür.



Şekil 2.8: Blower

Turbo Santrifüj Kompresör

Dinamik sıkıştırma ilkesiyle çalışan (turbo) kompresör türüdür. Hava radyal (merkezden dışa doğru uzanan) kanatlara sahip bir döner çarkın (türbin) merkezine doğru emilir. Türbinin devir sayısı oldukça yüksektir. Gaz, merkezcil kuvvet vasıtasıyla çarkın çevresine doğru itilir (Görsel 2.11). Gazın merkezden dışa doğru hareketi hızı artırır. Hızlanan gazın hacmi genişletilerek de basıncın artması sağlanır. Santrifüj kompresörlerle yüksek debi elde edilir. Ancak tek bir kompresörden yeterince yüksek basınç elde edilemez. Bu nedenle santrifüj kompresörler birbirine seri bağlanarak basınç, kademeli olarak artırılır. Yüksek debi gerektiren büyük ölçekli işletmelerde, özellikle petrokimya sektöründe kullanılır.

Görsel 2.11: Turbo santrifüj kompresör

3. Sıra Sizde

Aşağıdaki tabloda piyasadaki bazı kompresörlerin özellikleri verilmiştir. Tabloda verilen debi değerleri kompresörlerin üretebileceği maksimum basınçlar için geçerlidir. (Kompresörün çıkış basıncı düşürüldüğünde debi artmaktadır.)

Kompresör	Türü	Basınç (bar)	Debi (m^3/dk)	Enerji Verimliliği	İlk Kurulum Maliyeti (₺)	Yıllık Bakım Gideri (₺)
A	pistonlu	10	2,2	düşük	12000	1200
B	vidalı	10	2,9	yüksek	22000	2000
C	blower	1,2	14	yüksek	25000	2000
Ç	santrifüj	35	58	çok yüksek	90000	8000

Tabloyu inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.

I. Polimer üretilen orta ölçekli bir tesiste, düşük basınçlarda ve çok miktarda etilen gazı taşınmak isteniyor. Bunun için enerji verimliliği yüksek ancak bakım giderleri düşük kompresör tercih ediliyor. **Sizce bu firma için en uygun kompresör hangisidir? Nedenini açıklayınız.**

.....

.....

II. Deterjan üretilen bir tesiste, paketleme ünitesindeki tezgahları çalıştırmak için bir tankta yüksek basınçlı hava depolanmak isteniyor. İlk kurulum maliyetinin düşük olması tercih ediliyor. **Sizce bu tesis için en uygun kompresör hangisidir? Nedenini açıklayınız.**

.....

.....

III. Bütan-propan gazlarının belli oranlarda karıştırılıp sıvılaştırıldığı orta ölçekli bir tesiste elde edilen ürün, kozmetik sektörüne itici gaz olarak satılmaktadır. Firma, itici gaz karışımını sıvılaştırmak için yüksek basınç sağlayabilen, enerji verimliliği yüksek, bakım gideri düşük bir kompresör aramaktadır. **Sizce bu firma için en uygun kompresör hangisidir? Nedenini açıklayınız.**

.....

.....

IV. Büyük ölçekli bir tesiste, taş kömürü kok kömürüne dönüştürülmek istenmektedir. Bunun için yüksek basınçta ve çok büyük debilerde havaya ihtiyaç duyulmaktadır. **Sizce bu firma için en uygun kompresör hangisidir? Nedenini açıklayınız.**

.....

.....

Teknik Gezi

Amaç: İşletmeleri gezerek ham madde ve yardımcı kimyasalların depolanması ve taşınması konusunda bilgi sahibi olmak.

Araç gereç: Kalem, not defteri.

Dikkat: İncelemelerinizi yapmak için gittiğiniz işletmedeki görevli personelden yardım isteyiniz.

Etkinliğin Yapılışı

1. İlinizde bulunan petrokimya, çimento, deterjan, maden, ilaç, otomotiv, boya, tekstil vb. alanlarda faaliyet gösteren işletmelerden birini belirleyiniz. Belirlediğiniz işletmeye öğretmeninizle beraber inceleme gezisi düzenleyiniz.
2. İşletme hakkında önceden bilgi toplayınız. Topladığınız bilgileri not ediniz.
3. Gezinin amacına ulaşması ve gezide neleri gözlemlemeniz gerektiğini bilmek için tesise gitmeden önce beşinci maddede verilen soruları okuyunuz.
   - Tesis içi güvenlik kurallarına uyunuz ve görevlilerden gereken yardımları alınız.
   - Yetkili kimyager, mühendis vb. kişilerden tesis hakkında bilgi alınız. Aldığınız bilgileri not ediniz.
4. Tesis içinde yaptığınız gezi, inceleme ve uygulama anlarında edindiğiniz bilgi ve gözlemlerinizi not ediniz.
5. Notlarınızı inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a. **İnceleme yaptığınız tesiste, hangi alanda çalışma yapılmaktadır?**

.....

b. **Üretimde hangi ham madde ve yardımcı kimyasallar kullanılmaktadır?**

.....

c. **İşletme, üretim için gereken ham maddeleri ve yardımcı kimyasalları nereden temin etmektedir?**

.....

ç. **Ham maddelerin ve yardımcı kimyasalların tesise taşınması nasıl ve hangi tedbirler alınarak yapılmaktadır?**

.....

d. **Maddeler, tesis içinde nerede depolanmakta ve depolamada nelere dikkat edilmektedir?**

.....

e. **Maddeler, üretim yerinde mi depolanıyor? Üretim yerinde depolanmıyorsa depolama alanından üretim alanına nasıl taşınmaktadır?**

.....

f. **Üretim sırasında madde taşımada hangi sistemler kullanılmaktadır?**

.....

g. **Tesis eğer sizin olsaydı depolama, taşıma, üretim alanında ne gibi yenilikçi tasarımlar yapardınız? Tartışınız.**

.....

4. Sıra Sizde

Aşağıdaki tabloda bazı taşıma sistemleri ve özellikleri verilmiştir.

Taşıma Sistemi	Türü	Kullanım Alanı ve Avantajları	Dezavantajları
A	paletli konveyör	Her tür ve boyuttaki katının yatay doğrultuda taşınması için uygundur.	Taşınan maddenin kirlenme ihtimali vardır. Ayrıca yapışkan özellikteki katıları taşımak için uygun değildir.
B	santrifüj pompa	Sıvıların taşınmasında yaygın olarak kullanılan, bakımı kolay ve ucuz bir pompa türüdür.	Giriş kısmında basıncın çok düşük olması kavitasyona neden olur.
C	blower	Gazların taşınmasında kullanılan, yüksek debili bir kompresör türüdür. Patlama ve yangın riski bulunan durumlarda tercih edilir.	Diğer kompresör türlerine göre çıkış basıncı düşüktür.
Ç	elevatör	Her tür ve boyuttaki katının düşey doğrultuda taşınması için uygundur.	Dik açılı dönüşler, sistemi karmaşık hâle getirir. Bakım ve kurulum maliyetini artırır.
D	serbest pistonlu kompresör	Genellikle gazları yüksek basınçla depolamak için kullanılır. Ucuzdur.	Elde edilen basınçlı gaz yağla kirlenebilir. Kullanım ömrü diğer kompresör türlerinden daha kısadır.

Taşıma sistemleri hakkında öğrendiğiniz bilgileri kullanarak ve yukarıda verilen tabloyu inceleyerek aşağıda verilen taşıma senaryoları için en uygun taşıma yöntemini işaretleyiniz.

		Taşıma Sistemi				
		A	B	C	Ç	D
I	Büyük miktarda LPG'nin gaz hâlinde taşınmasında kullanılır.					
II	Su arıtma tesisinde arıtılmış suyun taşınmasında kullanılır.					
III	Demir-çelik tesisinde kömürün düşey yönde taşınmasında kullanılır.					
IV	Havayla çalışan çift diyaframlı pompayı çalıştırmak için gereken yüksek basınçlı havanın depolanmasında kullanılır.					
V	Cam imalathanesinde gerekli olan kum, soda gibi katıların yatay doğrultuda taşınmasında kullanılır.					

Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda bazı taşıma sistemleri ve araçları hakkında bilgiler verilmiştir. **Bu bilgileri kullanarak karşılarına hangi taşıma sistemi veya aracı olduğunu yazınız.**

Bilgi	Taşıma Sistemi / Aracı
a) Toz veya granül tipi maddelerin hava ile taşınmasını sağlayan sistemlerdir.	
b) Santrifüjlü, dişli, pistonlu ve diyaframlı tipleri kimya endüstrisinde en yaygın kullanılan tipleridir.	
c) Kovalar veya kepçeler yardımı ile taşıma yapılan sistemlerdir.	
ç) Dışarıdan aldığı havayı daha yüksek basınçlarda kullanıma sunmak amacıyla kullanılan araçlardır.	
d) Bantlar yardımı ile taşıma yapılan sistemlerdir.	

2. "İlaç fabrikasında çalışmaya başlayan bir stajyer, sorumlu amirinden o gün yapacağı işlerin listesini ve gerekli brifingleri alıyor. Çalışmaya başlamadan önce yapacağı işe uygun koruyucu donanımını giyiyor. İlk olarak ilaç kimyasallarının bulunduğu laboratuvarda düzenleme yapmaya gidiyor. İlaç üretimi için kullanılacak kimyasallardan birinin kapağının olmadığını fark ediyor. Kimyasalın bulunduğu şişeyi kokluyor ve içindeki maddenin keskin kokusundan amonyak olduğunu anlıyor. Hemen amonyağı kapaklı bir başka kaba aktarıyor. Amonyak hakkındaki bilgileri içeren etiketi kaba yapıştırıyor ve merdiven kullanarak, dolapların tepesindeki boş alana ulaşarak kabı koyuyor. Daha sonra dolapta bulunan bir asidin köpürerek şişesinin dışına taştığını görüyor. Şişeyi alarak içindeki asidi behere boşaltıyor. Beherdeki asidin içine su dökerek asidi seyreltiyor. Seyrelttiği asidi lavaboya döküyor. Laboratuvar kısmında gerekli düzenlemeleri yaptıktan sonra yeni yapacağı göreve uygun kişisel koruyucu donanımını giyerek tesisteki Ar-Ge kısmına geçiyor. Burada deneme amaçlı üretilen aşı numunesini teslim alıyor ve ilgili birime götürmek üzere yola çıkıyor. Daha sonraki işlerini yetiştirmek için aşı numunesini koşarak taşıyor. Taşıma işlemi sırasında telefonu çalıyor. Arayan kişi, üzerini değiştirirken kişisel eşyasını laboratuvarda unuttuğunu, gelip almasını söylüyor. O anda orada rastladığı bir çalışana aşıyı verip yerine acilen ulaştırmasını isteyerek laboratuvara geri dönüyor."

Yukarıda verilen paragrafta stajyerin yaptığı yanlış davranışları aşağıya yazınız. Bu davranışların doğrusunu karşısına belirtiniz.

Yanlış Davranış	Doğru Davranış

3.
ÖĞRENME BİRİMİ
ORGANİK VE ANORGANİK MADDE ÜRETİM PROSESLERİ

KONULAR

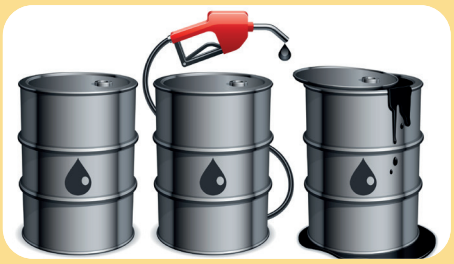
3.1. ALİFATİK HİDROKARBONLARIN ÜRETİMİ
3.2. ALKALİ, TOPRAK ALKALİ VE TOPRAK ELEMENTLERİNİN ÜRETİMİ
3.3. ANORGANİK ASİTLERİN ÜRETİMİ
3.4. ANORGANİK MADDELERİN ÜRETİMİ

Simya döneminde ve kimya döneminin başlarında canlılardan ve topraktaki minerallerden yararlanılarak farklı maddeler elde edildi. Canlılardan elde edilenler organik, minerallerden elde edilenler ise anorganik maddeler olarak sınıflandırıldı. Zamanla organik ve anorganik kimya adıyla kimya alt disiplinleri oluşturuldu. Organik kimya alt disiplininde, karbon bileşikleri ve bu bileşiklerin sentezlenmeleri ile uğraşılırken anorganik kimya alt disiplininde bilinen bütün elementlerin özellikleri ve kimyasal davranışları ile ilgilenilmeye başlandı.

Günümüzde organik ve anorganik kimya disiplinlerinin çok geniş çalışma alanları vardır. Organik kimya; ilaç, boya, gıda, patlayıcı, kozmetik yapımı, yapay malzeme üretimi ve petrokimya gibi kimya alanları ile ilgilenmektedir. Anorganik kimya ise maden, metalurji, seramik, cam, kireç, çimento, gübre ve endüstriyel üretim süreçlerinde etkin olarak kullanılmaktadır.

Bu öğrenme biriminde bazı organik ve anorganik maddelerin üretim süreçlerini öğreneceksiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

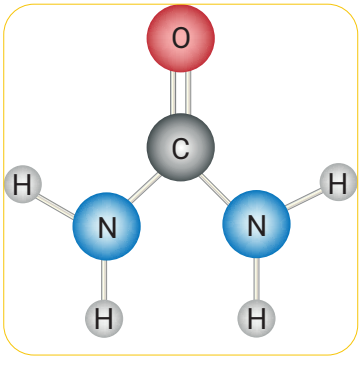


Günlük yaşantımızda sıkça kullandığımız, ana ham maddesi petrol olan ürünler nelerdir? Araştırınız.

Kimya bilgisi kullanılarak üretilen maddelerden bildiklerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

3.1. ALİFATİK HİDROKARBONLARIN ÜRETİMİ

İnsanlar, var oldukları günden bugüne çevrelerindeki maddelerin özelliklerini ve nasıl kullanılabileceğini merak etti. Yemek pişirme, elbiseleri boyama, yeni ürünleri elde etme işlemlerinde kullandığı maddeleri tanımaya çalıştı. Fakat 18. yüzyıla gelinceye kadar organik ve anorganik madde ayrımından habersiz kaldı. 18. yüzyıldan itibaren organik bileşiklerle anorganik bileşiklerin farklı davranışlarda olduklarını görmeye başladı. Modern kimyanın önemli isimlerinden Berzelius (Berzeliyus) organik kelimesini ilk olarak kullandı ama organik maddelerin yaşam gücü (vitalizm) olduğunu ve sadece canlılar tarafından sentezlenebileceğini savundu. O yıllarda organik maddelerin canlılar dışında yapay olarak elde edilebileceğine inanılmıyordu. 1828 yılında Friederich Wöhler (Fridrih Wöla) anorganik madde sınıfında yer alan amonyum siyanatın (NH_4OCN) sulu çözeltisini ısıtarak organik bir madde olan üreyi [$CO(NH_2)_2$] elde etti (Görsel 3.1). Wöhler'in üreyi sentezlemesi ile birçok yeni organik bileşik laboratuvarda sentezlenmeye başlandı.



Görsel 3.1: Üre

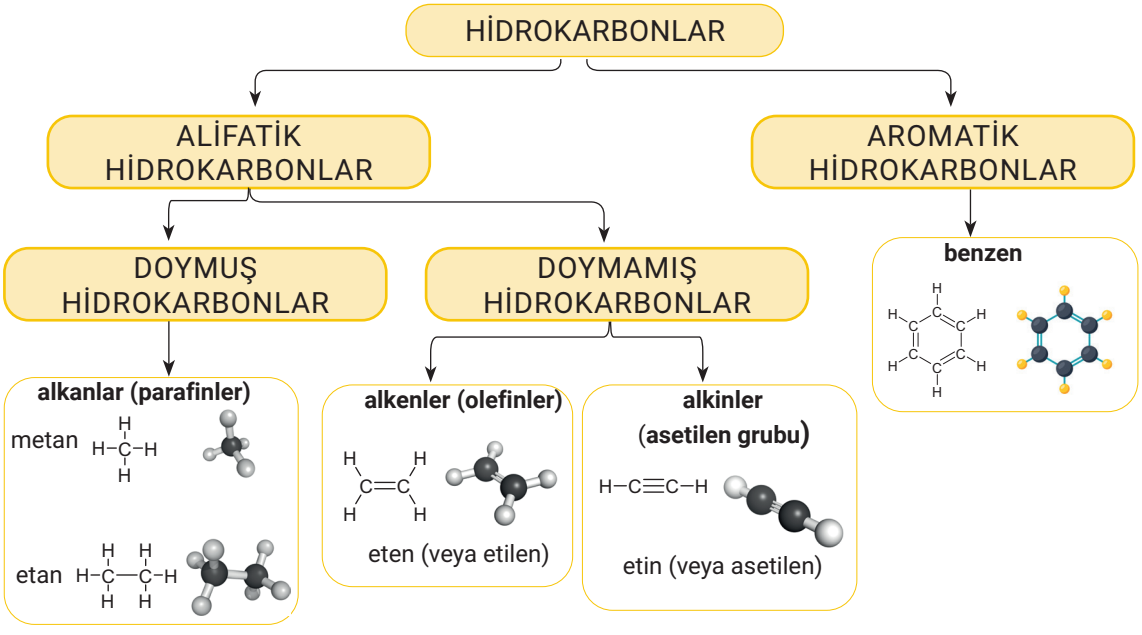
Organik bileşiklerin tümü yapılarında karbon atomu taşır. Bu nedenle organik kimyaya **karbon kimyası** da denir. Organik bileşiklere örnek olarak CH_4, C_2H_4, CH_3OH, CH_3COOH, CH_3NH_2 gibi bileşikler verilebilir. Anorganik bileşikler ise karbon temelli olmayan bileşiklerdir. Karbon temelli olmayan asitler (HCl, H_2SO_4 vb.), bazlar (NaOH, KOH vb.), tuzlar (NaCl, NH_4Br vb.) ve oksitler (CaO, CO_2 vb.) anorganik madde örnekleridir. Organik bileşiklerin çoğunluğu kovalent, anorganik bileşiklerin çoğunluğu ise iyonik yapılıdır. Bu yüzden organik bileşiklerin, anorganik bileşiklere göre, suda çözünürlükleri ve elektrik iletkenlikleri genellikle daha azdır. Erime ve kaynama noktaları daha düşüktür. Tepkimeleri çoğunlukla daha karmaşık ve yavaştır.

Önceleri, var olan bütün elementlerden oluşabilen anorganik bileşiklerin, sadece karbon temelli organik bileşiklerden çok daha fazla olduğu düşünülüyordu. Zamanla karbonun uzun zincirli ve halkalı yapılar oluşturarak farklı bileşikler yapabildiği anlaşıldı. Bu özelliğinden yararlanılarak milyonlarca organik bileşik sentezlendi. Günümüze gelinceye kadar ilaç, deterjan, boya, patlayıcı, suni ipek, teflon, naylon, PVC ve polyester gibi birçok organik madde ve malzeme sentetik olarak üretildi.

Yapısında sadece karbon ve hidrojen bulunduran organik bileşiklere **hidrokarbon** denir. Benzin, gaz yağı ve mazot hidrokarbon karışımlarından oluşur. Benzen halkası taşıyan hidrokarbonlar **aromatik**, benzen halkası içermeyen, düz zincirli, dallanmış veya halkalı olanlar ise **alifatik** olarak nitelendirilir. Alifatik hidrokarbonlar yakıt olarak da kullanışlıdır. Endüstriyel üretim proseslerinin vazgeçilmez ham maddelerindendir ve bu nedenle endüstriyel öneme sahiptir. Özellikle ilk üyeleri polimer sanayinin temelini oluşturmaktadır.

3.1.1. Alifatik Hidrokarbonlar

Doymuş ve doymamış olmak üzere iki sınıfta incelenir. Yapısında tek bağ taşıyan hidrokarbonlar doymuş, ikili veya üçlü bağ taşıyan hidrokarbonlar ise doymamış olarak nitelendirilir. Alkanlar doymuş, alken ve alkinler ise doymamış hidrokarbonlardır.



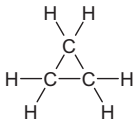
Alkanlar (Parafinler)

Doymuş hidrokarbonlar olup yapılarındaki bütün bağlar tekli bağdır. Genel formülü C_nH_{2n+2} dir. İlk üyesi tek karbonlu CH_4 tür. İlk sekiz üyesinin formülleri ve isimleri Tablo 3.1'de verilmiştir.

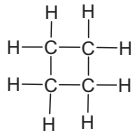
Tablo 3.1. Alkanların İlk Sekiz Üyesinin Formül ve İsimleri

Alkan Adı	Kapalı Formülü	Yarı Açık Formülü
metan	CH_4	CH_4
etan	C_2H_6	$(CH_3\text{-}CH_3)$
propan	C_3H_8	$(CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_3)$
bütan	C_4H_{10}	$(CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3)$
pentan	C_5H_{12}	$(CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3)$
hekzan	C_6H_{14}	$(CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3)$
heptan	C_7H_{16}	$(CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3)$
oktan	C_8H_{18}	$(CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3)$

Halkalı yapıda olan alkanlara **sikloalkanlar** denir. Sikloalkanların genel formülleri C_nH_{2n}dir. İlk üyesi üç karbonlu siklopropandır. Bu grubun ilk iki üyesi olan siklopropan ve siklobütanın açık formülleri aşağıda verilmiştir:



siklopropan



siklobütan

Alkanlardan bir hidrojen çıkarılmasıyla oluşan radikal gruba **alkil** denir. Alkillerin genel formülü C_nH_{2n+1}dir. CH_3- metil, C_2H_5- etil, C_3H_7- propil, C_4H_9- bütil olarak adlandırılır.

Alkenler (Olefinler)

Yapısında en az bir tane ikili bağ bulunduran, doymamış hidrokarbonlardır. Mono alkenlerin genel formülü C_nH_{2n} olup ilk üyesi iki karbonlu C_2H_4tür. İlk iki üyesinin formülü ve ismi aşağıdaki gibidir:

C_2H_4 $(CH_2 = CH_2)$ eten veya etilen C_3H_6 $(CH_2 = CH - CH_3)$ propen veya propilen

Alkenlerden bir hidrojen çıkarılmasıyla oluşan radikal gruba ise **alkenil** denir. Etenden bir hidrojen çıkarılması ile oluşan radikal, **eteni**ldir ($H_2C = CH$ -). Etenilin yaygın adı **vini**ldir.

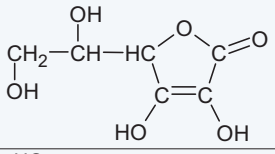
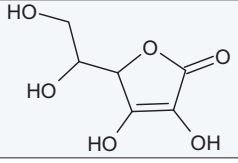
Alkinler (Asetilen Grubu)

Yapısında en az bir tane üçlü bağ bulunduran doymamış hidrokarbonlardır. Mono alkinlerin genel formülü C_nH_{2n-2}dir. İlk üyesi iki karbonlu C_2H_2dir. İlk iki üyesinin formülü ve ismi aşağıdaki gibidir:

C_2H_2 $(CH \equiv CH)$ etin (veya asetilen) C_3H_4 $(CH \equiv C - CH_3)$ propin

? Meraklısına

Bileşiklerin formülleri farklı biçimlerde gösterilebilir. Bu farklılıklar askorbik asit (C vitamini) örneği üzerinden aşağıdaki tabloda verilmiştir.

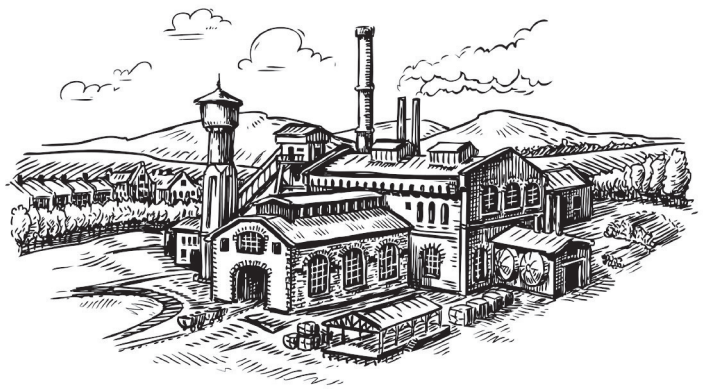
Basit (kaba) formül, bileşikteki atomların türlerini ve en basit birleşme oranını gösterir.	$C_3H_4O_3$
Molekül formülü, bileşikteki atomların türlerini ve gerçek sayılarını gösterir.	$C_6H_8O_6$
Açık formül, bileşikteki atomların tür ve sayılarının yanında bağlanma biçimini de gösterir.	
Çizgi bağ formülü, organik bileşikler için kullanılır. Çizginin uçlarında (başka grup yoksa) ve kırıldığı noktalarda karbon atomları ve yeterince hidrojen bulunur.	

OKUMA PARÇASI

SINAİ KİMYANIN GELİŞİMİ

Tarihin başlangıcından beri insanlar, ihtiyaçlarını toprak, su, hava ve diğer canlılardan karşıladı. Zamanla ihtiyaçlar çeşitlendi ve talep edilen ürün miktarı arttı. Simya döneminde üretilen kimyasalların miktarı oldukça düşük; üretim süreçleri verimsiz, yavaş ve pahalıydı. Sanayi Devrimi ile birlikte kimyasal maddelerin büyük miktarlarda ve ucuza üretilmesi için yöntemler geliştirildi.

1749 yılında İskoçya'da kurulan ve sülfürik asit üretilen fabrika, endüstriyel ölçekteki ilk kimya tesisi olarak bilinmektedir. Aynı dönemde geleneksel el tezgahlarında dokunan kumaşlar, idrar ve ekşimiş süte batırılıp uzun süre güneşte bekletilerek ağartılıyordu. Ancak kumaşlar, mekanik dokuma tezgahlarıyla çok miktarda ve ucuza üretilmeye başlanınca geleneksel kumaş ağartma yöntemleri yetersiz kaldı. Tekstil sektöründen gelen yoğun talep üzerine kimyacılar ağartma yöntemleri üzerinde çalıştı. Kimyacı Charles Tennant (Çarls Tenınt) sönmüş kireç ve klor gazı kullanarak ağartma tozu üretmeyi başardı. Ucuz ve başarılı bir ürün olan ağartma tozuna çok yoğun talep oldu. 1799 yılında 52 ton olan yıllık üretim, beş yıl içinde yaklaşık 200 kat artarak 10.000 tonun üzerine çıktı.



Sanayi Devrimi öncesinde cam, tekstil, kâğıt ve sabun üretiminde kullanılan soda (Na_2CO_3), odun külünden elde edilen sınırlı ve pahalı bir üründü. Sanayi devrimi sonrasında Fransız Bilimler Akademisi artan soda talebini deniz tuzundan karşılayabilmek için ödüllü bir yarışma düzenledi. Bu yarışmaya katılan Nicolas Leblanc'ın (Nikola Leblank), vaatte bulunulan para ödülünü Fransız Devrimi nedeniyle alamasa da uyguladığı yöntem çok başarılı oldu ve meyvelerini İngiltere'de verdi. 1870 yılına gelindiğinde İngiltere, dünyanın en büyük soda üreticisi hâline geldi.

OKUMA PARÇASI

Henry Perkin'ın (Henri Pörkın) ilk sentetik boyar maddeyi (anilin boyalar) elde etmesi ile organik sınai kimya endüstrisi ortaya çıktı. Boyar maddelerin, alkolün, sirkenin eldesi, laktik asit, gliserin, aseton, sülfürik asit, nitrik asit ve amonyak üretimleri arka arkaya gerçekleştirildi. Kömür katranından organik maddelerin sentezlenmesi ile başlayan sentetik kimya endüstrisinde çeşitli boyalar, sentetik elyaflar, ilaçlar, patlayıcılar yapıldı. Kömür birçok ülkede sanayinin temel ham maddesi iken ABD'de petrolün çıkarılmasıyla kömürün yerini petrol ve doğal gaz almaya başladı. 1900'lü yıllarda petrokimya endüstrisi ortaya çıktı, hızla gelişerek 1960'lı yıllardan itibaren sentetik polimerlerin üretilmesi ile önemini artırdı. Petrokimya sanayisinin gelişmesi ile birlikte polietilen, naylon, polyester, teflon, PVC, epoksi reçineleri, ilaçlar, insektisitler, herbisitler ve deterjanlar gibi ürünler sentezlendi. Özellikle otomobillere yakıt elde etmek için petrolün damıtılması ve bu sırada açığa çıkan yan ürünlerin değerlendirilmeye çalışılması petrokimyanın hızlı gelişiminde rol oynadı.

Uluslararası Kimyasal Dernekler Konseyi (ICCA) tarafından 2017 yılında bir rapor hazırlandı. Bu raporda küresel kimya endüstrisinin doğrudan ve dolaylı ekonomik büyüklüğü dünyada 5,7 trilyon, Türkiye'de 800 milyon dolar olarak açıklandı. Bu değer dünya ekonomisinin %7,1'ine karşılık gelmektedir. Kimya endüstrisi, üretime dayalı sektörler arasında dünyadaki en büyük beşinci sektördür. Tüm dünyada 15 milyon kişiye doğrudan, 60 milyon kişiye ise dolaylı olarak istihdam sağlamaktadır. Diğer sektörlerin gelişmesinde katalizör görevi de üstlenmektedir.

Günümüzde toprak, hava, su, petrol, doğal gaz, metaller ve mineralleri ham madde olarak kullanarak binlerce farklı ürün üreten kimya endüstrisinin hikâyesi tamamlanmış gibi görülebilir. Ancak toplumların refah düzeyi arttıkça insanlar, tükettikleri ürünlerin nereden geldiğini sorgulamaya başlamıştır. Doğaya ve insan yaşamına saygılı yöntemlerle üretilen ürünlere olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Kimya sektöründe, sürdürülebilirlik ve yeşil kimya gibi yeni trendler önem kazanmaktadır. Bu durum, geleceğin kimyacıları için büyük fırsatlar doğururken bir yandan da üzerlerine ciddi sorumluluklar yüklemektedir.

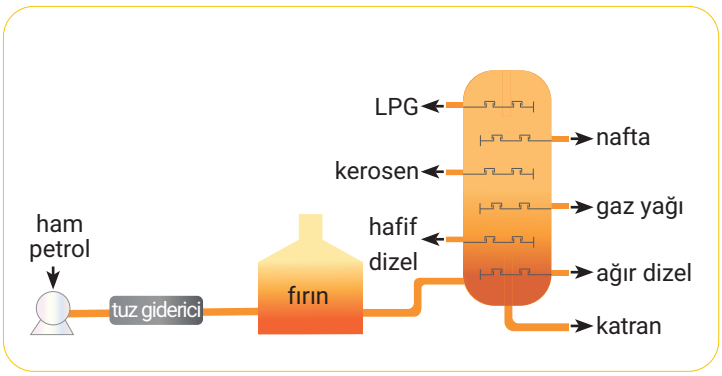
Yazarlar tarafından yazılmıştır.

Endüstriyel Açıdan Önemli Alifatik Hidrokarbonlar ve Ürünleri

Endüstride kullanılan doymuş hidrokarbonların büyük bir bölümünün ham maddesi petrol ve doğal gazdır.

Petrol, kaynama noktaları farklı olan alifatik hidrokarbonların karışımıdır. Alkanların petrolden elde edilmesinde distilasyon ve kraking yöntemleri kullanılmaktadır.

Ham petrolden distilasyon yöntemiyle farklı kaynama sıcaklıklarına sahip petrol bileşenleri elde edilir. (Elde edilen ürünler, sadece petrolün içinde var olan madde türü ve miktarı kadardır.) Ham petrolü bileşenlerine ayırmak için atmosferik distilasyon işlemi uygulanır. Atmosferik distilasyonda, ilk ön ısıtma, tuz giderme, ikinci ön ısıtma işlemlerinin ardından karışım, fırında istenilen sıcaklığa getirilir. Fırından atmosferik distilasyon kolonuna gelen karışıma burada yoğunlaştırma ve saflaştırma işlemleri uygulanır. Hafif ürünler kolonun üst kısmından, ağır ürünler ise alt kısmından alınır. Kolonun en üstünden altına doğru sırası ile LPG, ağır nafta, kerosen, hafif dizel, ağır dizel ve ağır dip ürünler elde edilir (Şekil 3.1). Elde edilen ürünler ya doğrudan satış ile kullanıma sunulur ya da yeni ürünlerin eldesinde kullanılır.



Şekil 3.1: Petrolün atmosferik distilasyonu

Sanayide fazlaca ihtiyaç duyulan alkan ve alkenler, petrolün içeriğinde bulunan ham maddelerden, kraking adı verilen ve günümüzde daha yaygın olarak kullanılan yöntemle elde edilebilmektedir.

Kraking, oksijensiz ortamda katalizör veya ısı yardımı ile uzun, çok karbonlu hidrokarbon zincirlerinin kırılarak daha küçük ve az dallanmış alkan zincirleri ve alkenler oluşturma işlemidir. Örneğin oktan bileşiği katalizör yardımı ile;

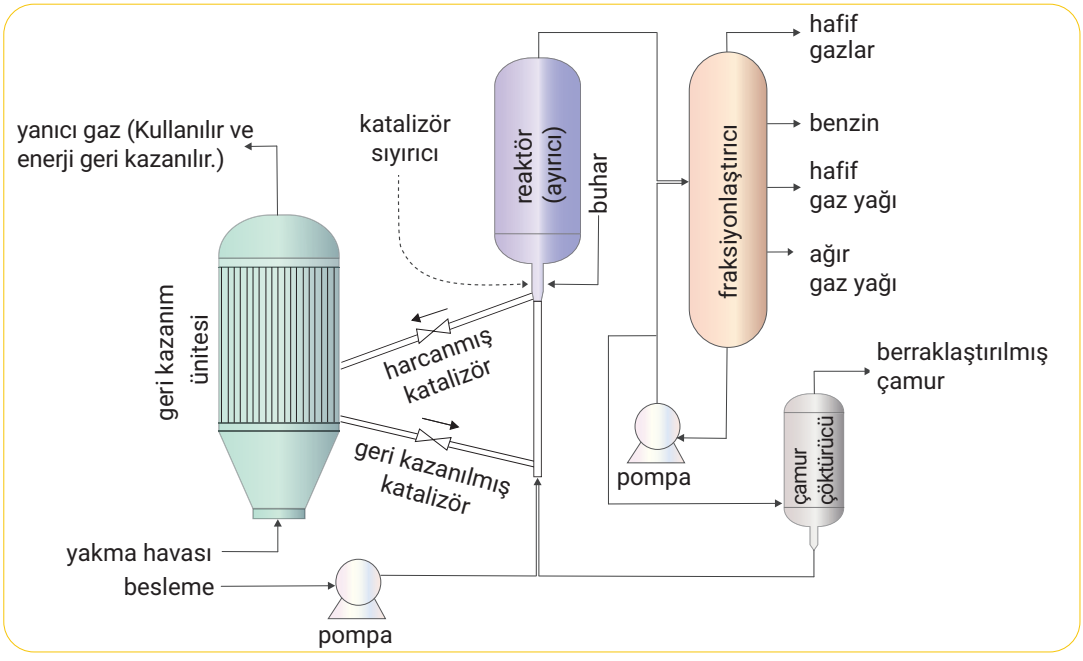
$$C_8H_{18} \rightarrow \begin{cases} C_8H_{16} + H_2 \\ C_4H_{10} + C_4H_8 \\ C_4H_8 + C_3H_6 + CH_4 \end{cases}$$

şeklinde daha küçük yapılı moleküllere parçalanır. Isı yardımı ile yapılan krakingle (termal kraking) düz zincirli alkanlar oluşur. Bu yüzden sanayide ihtiyaç duyulan dallanmış alkanlar daha çok katalizörle yapılan kraking (katalitik kraking) yöntemi ile elde edilir.

Termal kraking yöntemiyle uzun zincirli alkanlar basınç altında yüksek sıcaklıkta (425-650 ^{o}C) hafif moleküllere parçalanır.

Yüksek sıcaklıkta ayrıca hidrokraking (hidrojenle parçalama) adı verilen yöntem de kullanılmaktadır. Sanayide en çok ihtiyaç duyulan, daha değerli ve küçük moleküllü ürünler hidrojenle parçalama yöntemi ile elde edilir. Hidrokraking ile katalitik kraking aynı amaçla yapılır. Hidrokraking işleminin avantajı, besleme ünitesindeki kirleticilerin azaltılabilmesi veya giderilebilmesidir. Bu işlem katalitik kraking işleminin tamamlayıcısı olarak da kullanılır.

Katalitik kraking yöntemiyle ağır gaz yağları yüksek sıcaklık ve katalizör yardımı ile hafif hidrokarbonlara dönüştürülür. Bu işlem, modern rafinerilerde benzin üretiminin en önemli aşamasıdır. Bu işlemde buhar fazı içinde sıvı akışkan olarak hareket eden küçük küresel katalizör partikülleri reaksiyon bölgesi ile geri kazanım bölgesi arasında gidip gelir. Böylece katalitik etkisinin yanı sıra ısı transferi de sağlar (Şekil 3.2).



Şekil 3.2: Katalitik kraking ünitesi şeması

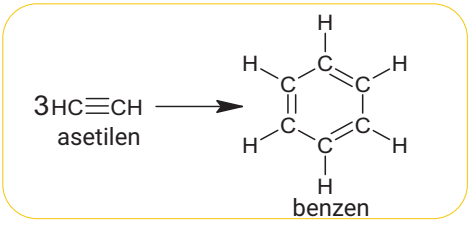
Olefinlerin endüstriyel açıdan önemi; benzinin (gazolin) oktan sayısının yükseltilmesi ve polimerleşme tepkimeleri için başlangıç maddesi olarak kullanılmasıyla artmıştır. (**Oktan sayısı** benzinin yanma kalitesinin ölçüsüdür.)

Olefinler ya doğal gazdan kraking yöntemi ya da hidrokarbonlardan termal ve katalitik kraking yöntemi ile üretilir. Endüstride birçok kimyasal ve dönüştürülmüş petrokimya kaynaklı ürünlerin büyük bir kısmı olefinlerden elde edilir (Tablo 3.2).

Tablo 3.2: Olefinlerin Ürünleri ve Kullanım Alanları

Olefin	Yaygın Ürünleri	Bazı Kullanım Alanları
etilen	polyester, polietilen (PE), polietilen tereftalat (PET), PVC, teflon (PTFE), antifriz, polistiren (PS), etanol	tarımda bitkisel hormon, plastik üretiminde ara madde, soğutucu ve antiseptik madde üretimi
propilen	aseton, epoksi reçineler, akrilonitril, polipropilen, akrilik polimerler, otomotivde kullanılan yapı malzemeleri, gliserin, poliüretan	plastik, orlon, yapay kauçuk, fren hidrolik sıvısı vb. kimyasal maddelerin eldesi, kozmetik ve ilaç üretimi
büten ve izomerleri	oktan yükseltici, LPG katkısı, bütadien, izopren, çeşitli kimyasal maddeler	sentetik kauçuk üretimi, polimerlere esneklik, direnç ve dayanıklılık kazandırma, LPG katkı maddesi

Sanayide hâlen az da olsa kullanım alanı olan asetilen; henüz etilen kullanımı yaygınlaşmadan önce petrokimya endüstrisinin en önemli bileşikleri arasında yer alıyordu. Birçok organik maddenin sentezlenmesi için kullanılan benzen, asetilenin trimerleşmesi ile elde edilir.



Asetilenden elde edilen 1,4-bütandiol ise tetrahidrofuran (THF), polibüten tereftalat (PBT) ve çeşitli polimerlerin üretiminde kullanılır. THF; PVC, yapay kauçuk ve bazı polimerler için iyi bir çözücü olmasının yanı sıra poliüretanların üretiminde de yer alır. PBT yardımıyla yapılan polyester ise fiber, cam filmi, yapıştırıcı yapımı, otomotiv ve kompozit malzeme sanayisinde kullanılır.

Asetilen gazının diğer kullanım alanları;

- metallerin kesilmesinde kullanılan asetilen kaynakları (Görsel 3.2),
- plastik madde üretimi,
- şamandıra ve maden kuyularının aydınlatılması,
- zararlı böceklerle mücadele için kullanılan kimyasallar,
- çözücü maddelerin eldesidir.

Görsel 3.2: Asetilen kaynağı

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27529

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
ASETİLEN GAZI ELDESİ

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Karpitten asetilen gazı eldesini öğrenmek.

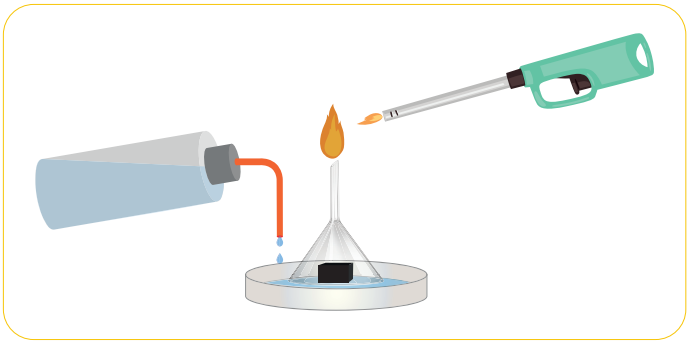
Araç gereç: Piset, petri kabı, cam huni, uzun mutfak çakmağı.

Kimyasal maddeler: Karpit (CaC_2).

DİKKAT: Asetilen, yanıcı bir gazdır.

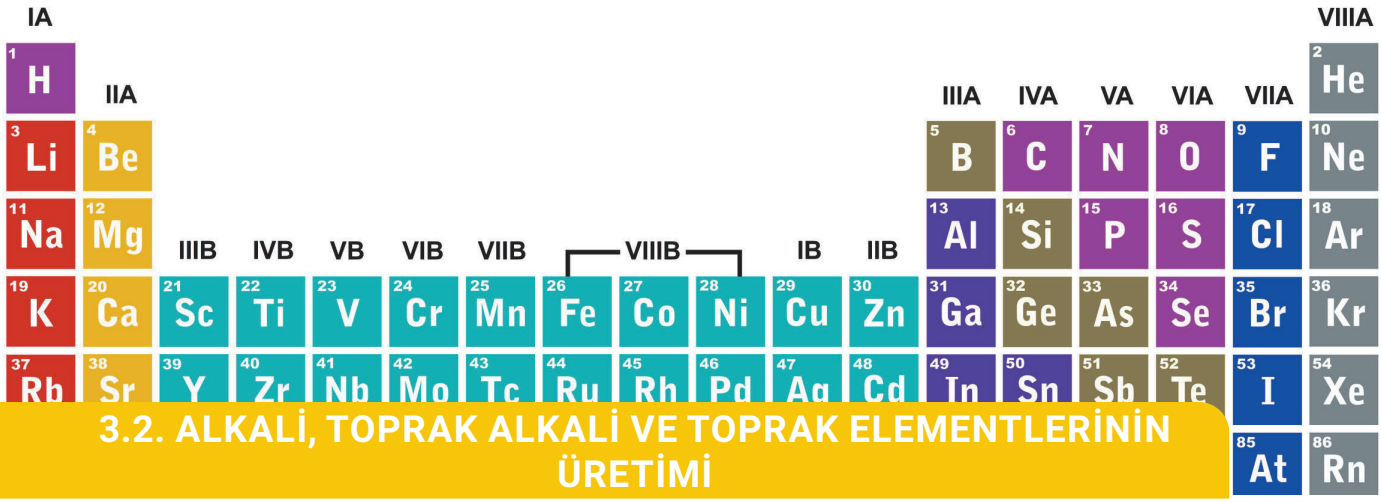
Uygulamanın Yapılışı

1. Kesme şeker büyüklüğünde bir parça karpiti petri kabına koyunuz.
2. Piset yardımıyla karpitin üzerine az miktarda su ekleyiniz ve hemen cam huniyi ters çevirerek karpit içinde kalacak şekilde petri kabına yerleştiriniz.
3. Huninin üstte kalan borusundan çıkan gazı uzun mutfak çakmağı yardımıyla dikkatli bir şekilde tutuşturunuz.
4. Alev azaldıkça piset yardımıyla az miktarda su ekleyiniz. Gaz çıkışı bitip alev sönene kadar deneyi devam ettiriniz.
5. Deney sırasındaki gözlemlerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.
6. Çıkan gazın yanma tepkimesini yazınız.



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Deney düzeneğini hazırlar.	20	15	10	5
3	Su ekleyerek tepkimenin başlamasını ve devamını sağlar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5



3.2. ALKALİ, TOPRAK ALKALİ VE TOPRAK ELEMENTLERİNİN ÜRETİMİ

Alkali (1A), toprak alkali (2A) ve toprak (3A) grubu elementleri genellikle aktif metallerden oluşur. 1A grubunda sırasıyla hidrojen (H), lityum (Li), sodyum (Na), potasyum (K), rubidyum (Rb), sezyum(Cs) ve fransiyum (Fr) elementleri yer alır. Bu elementlerin hidrojen hariç tamamı metaldir. Bu gruptaki metaller bileşiklerinde +1 yük alır. 2A grubunda berilyum (Be), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), stronsiyum (Sr), baryum (Ba) ve radyum (Ra) elementleri bulunur. Bileşiklerinde +2 yük alan bu elementlerin tamamı metaldir. 3A grubu ise bor (B), alüminyum (Al), galyum (Ga), indiyum (In), talyum (Tl) ve nihoniyum (Nh) elementlerinden oluşur. Bor elementi yarı metal diğerleri metal olan bu gruptaki elementler bileşiklerinde genellikle +3 yüklüdür.

1A, 2A ve 3A metalleri genellikle erimiş tuzlardan elektroliz yöntemiyle elde edilir. Bazı 2A ve 3A metalleri ise kendilerinden daha aktif olan metaller yardımıyla indirgenerek elde edilebilmektedir. Bu metallerin yer kabuğunda bol miktarda bulunanlarının bile elde edilmesi yüksek miktarda enerji gerektirir. Bu nedenle metalik hâlde elde edilmeleri oldukça masraflıdır.

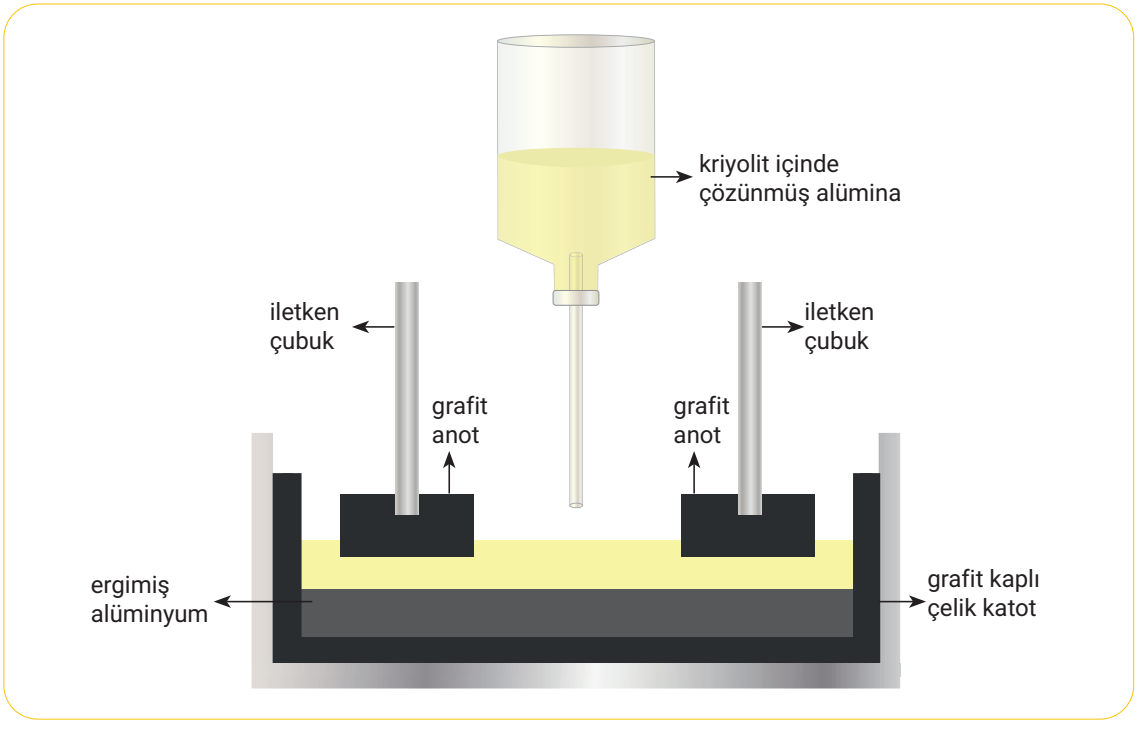
Özellikle 1A ve 2A metalleri çok aktiftir. Elementel hâlde havadaki oksijen ve su ile kolayca tepkimeye girerek yükseltgenir. Bu nedenle parafin, gaz yağı gibi maddeler içerisinde saklanır.

3.2.1. Elektrolitik Yöntemle Alüminyum Eldesi

Alüminyum, oksijen ve silisyumdan sonra yer kabuğunda en bol bulunan üçüncü elementtir. Demirden sonra en çok kullanılan ikinci metaldir. Alüminyum, doğada oksitleri hâlinde pek çok mineralin içinde bulunsa da üretimi alüminyum boksit mineralinden yapılmaktadır. **Boksit minerali,** silisyum, demir ve titanyum içeren alüminyum oksit ve hidroksitlerin bir karışımı olan maden cevheridir (Görsel 3.3).

Görsel 3.3: Boksit minerali

Boksit minerali, alüminyum elektroliz edilmeden önce Bayer yöntemi ile alüminyum oksi-de (alümina, Al_2O_3) dönüştürülür. Elde edilen alümina yaklaşık 980 ^oC sıcaklıkta bulunan erimiş kriyolit (Na_3AlF_6) içinde çözülerek elektroliz edilir. Alüminyum elektroliz hücresi Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3: Alüminyum elektroliz hücresi

Katotta oluşan oksijen gazının büyük kısmı karbon elektrot ile tepkimeye girerek kar-bondioksit gazına dönüşür. Alüminanın elektrolizine ait sadeleştirilmiş katot, anot ve net tepkime denklemleri aşağıda verilmiştir:

katot tepkimesi: $4Al^{3+} + 12e^- \rightarrow 4Al$

anot tepkimesi : $6O^{2-} \rightarrow 3O_2 + 12e^-$

net tepkime : $4Al^{3+} + 6O^{2-} \rightarrow 4Al + 3O_2$

Bu yöntemle %99,7 saflıkta alüminyum üretilebilir. Üretilen alüminyumda bulunan az mik-tardaki safsızlıklar metalin mekanik ve kimyasal özelliklerini bozar. Bu nedenle üretilen alüminyum ikinci kez elektroliz edilerek %99,99 saflıkta alüminyum elde edilir.

Havadaki oksijen, alüminyumun yüzeyinin çok ince oksit tabakası ile kaplanmasına ne-den olur. Oluşan oksit tabakası alüminyumun korozyon direncini artırır. Alüminyum, deniz tuzu, sodyum ve potasyum hidroksit çözeltilerinden etkilenir ancak organik asitlerden etkilenmez.

Alüminyumun mekanik özelliklerini iyileştirmek için magnezyum, bakır, mangan, silisyum gibi elementlerle oluşturduğu alaşımları kullanılır.

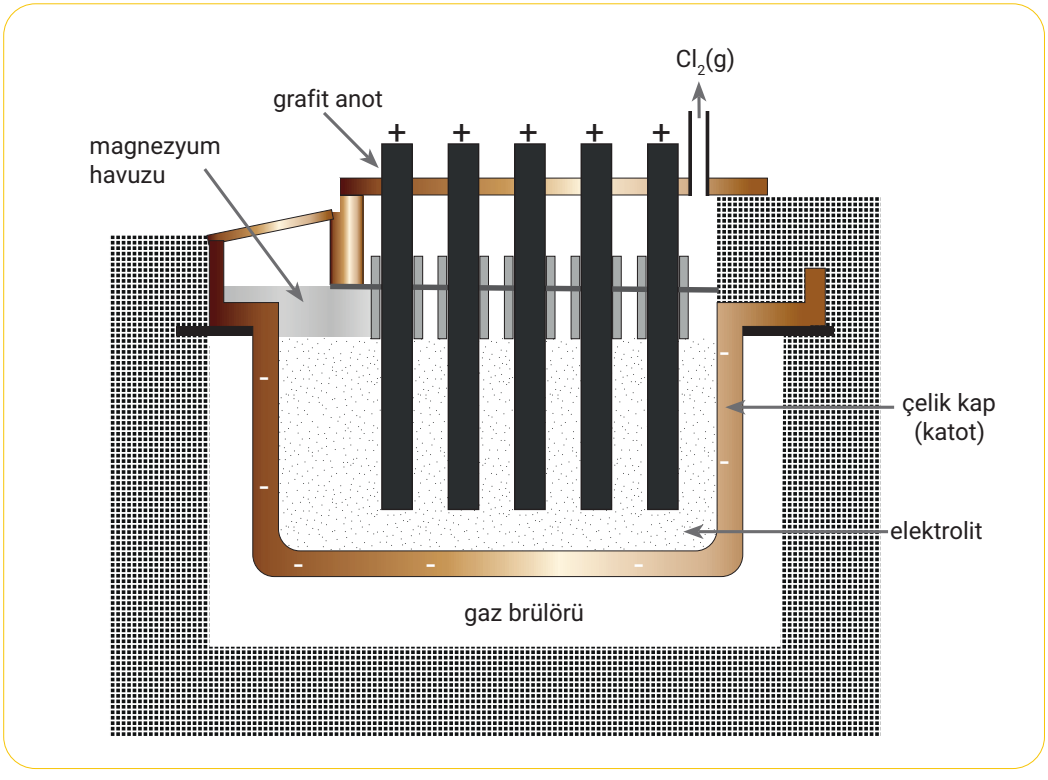
Alüminyum, ısı ve elektriği iyi ileten aktif bir metaldir. Hafif olmasından ötürü uzay, havacılık, otomotiv sektöründe tercih edilir. Mutfak araçları ve ambalaj üretimi alüminyumun diğer önemli kullanım alanlarındandır. Kimya sektöründe de indirgen olarak kullanılabilir. Ancak pahalı bir indirgen olması sebebiyle karbonla indirgenemeyen kıymetli metallerin eldesinde tercih edilebilir.

3.2.2. Elektrolitik Yöntemle Magnezyum Eldesi

Magnezyum, hafif ve çok aktif bir metaldir. Yer kabuğunda en çok bulunan sekizinci, deniz suyunda çözünmüş elementler arasında sodyum ve kalsiyumdan sonra en çok bulunan üçüncü elementtir. Deniz suyu, magnezyum için tükenmez bir kaynaktır. Magnezit ($MgCO_3$), dolomit [$CaMg(CO_3)_2$] ve brusit [$Mg(OH)_2$] magnezyum içeren diğer önemli minerallerdir.

Magnezyum elementi; alüminyum alaşımlarında, kimya sanayisinde, çimento, kâğıt ve gübre üretiminde kullanılır. Tekstil sanayisinde, kauçuk, ilaç, boya ve ayrıca patlayıcı üretiminde de magnezyum bileşiklerine ihtiyaç duyulur. Metalürjide ise titan, zirkonyum, uranyum, berilyum ve hafniyum gibi metalleri indirgemek amacıyla kullanılır.

Deniz suyu ve tuzlu sular kireç sütü ve dolomit ile muamele edilerek $Mg(OH)_2$ çöktürülür. $Mg(OH)_2$, HCl ile nötralleştirilerek $MgCl_2$ elde edilir. Süzülüp kısmen kurutulan $MgCl_2$; NaCl ve $CaCl_2$ bileşikleri ile karıştırılarak elektroliz edilir (Şekil 3.4). Katotta erimiş magnezyum elde edilirken anotta klor gazı açığa çıkar. Yan ürün olarak elde edilen klor gazı HCl'ye dönüştürülerek $Mg(OH)_2$'nin nötralleştirilmesinde kullanılır.



Şekil 3.4: Magnezyum üretiminde kullanılan elektroliz hücresi

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27530

2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
KARBON ELEKTROT HAZIRLAMA

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Odun kömüründen karbon (grafit) elektrot hazırlamak.

Araç gereç: Mangal, mangal kömürü, maşa, avometre, A4 boyutunda kâğıtlar, selobant, cetvel, makas, spatül, baget, maket bıçağı, hazırlayacağınız elektrot sayısı kadar kurşun kalem, deney tüpü, sıcak su banyosu, 50, 250 ve 500 mL'lik 3 adet beher.

Kimyasal maddeler: Etil alkol, şeker, çam reçinesi. (Çam reçinesi bulunamazsa jelatin veya çamaşır kolası kullanılabilir.)

DİKKAT: Hazırladığınız elektrodu Laboratuvar Çalışması 3'te kullanacaksınız.
Verilen malzemelerin yerine alternatiflerini kullanabilirsiniz. Yeni ve farklı tasarımlar yapabilir, farklı modeller geliştirebilirsiniz.

Uygulamanın Yapılışı

1. Odun kömürünü açık havada, mangalda yakarak tamamının kor hâle gelmesini sağlayınız.
2. Kor hâldeki kömürlerden bazılarını maşayla alıp su dolu behere daldırarak söndürünüz. (Kömürlerden bazılarını kullanamayacağınızdan mümkün olduğunca fazla kömür hazırlayınız.) Kömürlerin kurumasını bekleyiniz.
3. Tamamen kuruttuğunuz kömürlerin direncini avometre ile ölçünüz. Direnci 30 ohm'dan küçük olan kömür parçalarını kullanmak üzere ayırınız. **Direnci yüksek olan kömür parçalarını kullanmayınız.**
4. Ayırdığınız kömür parçalarını havanda ezerek toz hâle getiriniz. Elde ettiğiniz kömür tozunu bir beherde biriktiriniz.
5. Kâğıdı, kalın bir kurşun kalemin etrafına en az üç kat olacak şekilde sararak yaklaşık 12 cm yüksekliğinde silindir elde ediniz. Silindirin etrafını selobantla sağlamca yapıştırınız.
6. Kâğıdın, içindeki kalemi çıkarıp bir ucunu kıvırarak silindirin bir ucunu kapatınız. Kapattığınız kısmı selobantla yapıştırınız. (Bu şekilde hazırlayacağınız elektrot sayısı kadar kâğıt silindir oluşturunuz.)
7. Her bir elektrot için 13 gram şeker, 10 gram su ve yaklaşık 15 gram kömür tozu gerekmektedir. Hazırlayacağınız elektrot sayısına göre gereken madde miktarlarını hesaplayarak bir beherde karıştırınız.
8. Elde ettiğiniz karışım, katı bir macun kıvamında olmalıdır. Kıvamı tutturmak için su ya da kömür tozu ekleyebilirsiniz.
9. Hazırladığınız kömür tozu macunundan silindirin içine bir miktar koyarak kalemle ya da bagetle dikkatlice sıkıştırınız. Bu işlemi tekrarlayarak silindiri doldurunuz. **Sıkıştırma işlemi iyi yapılmazsa elektrot parçalanacaktır.**
10. Bir kurşun kalemin tahta kısmını maket bıçağıyla dikkatlice keserek grafit ucu çıkarınız. Çıkardığınız ucu doldurduğunuz silindirin tam ortasına 2 cm'si dışarıda kalacak şekilde batırınız.

11. Mangalı tekrar yakarak hazırladığınız elektrotları mangal ateşine atınız. Elektrot akkor hâle gelince maşa yardımı ile ateşten alarak soğumaya bırakınız. Elektrodun yüzeyine yapışan kâğıt külleri varsa temizleyiniz.
Yüksek sıcaklık, kömür tozu ile karıştırdığınız şekerin karbonize olmasına neden olacak, kâğıt ve selobant ise yanarak uzaklaşacaktır. Böylece saf karbondan oluşan, üstelik mikro gözenekler içeren kaliteli bir elektrot elde edilecektir.

12. Elde ettiğiniz elektrotlar aşağıda verilen şekildeki (1) gibi görünmelidir**.** Elektrotların direncini avometre ile ölçünüz. (Elektrot direçlerinin 5 ohm civarında olması gerekir.)

Sonraki adımlar hazırladığınız karbon elektrodun aşınma direncini artırmak içindir. Uygulanması isteğe bağlıdır.

13. Yaklaşık 20 gram, mümkün olduğunca temiz çam reçinesi toplayınız. Reçineyi 50 mL'lik behere koyarak beheri kaynar su banyosunda 15 dakika bekletiniz. Böylece reçinedeki uçucu bileşenler uzaklaşacaktır. (Çam reçinesi bulamazsanız çamaşır kolası, bitkisel ya da hayvansal jelatin veya yumurta akı kullanmayı deneyebilirsiniz.)

14. Reçineyi 30 mL etanol içinde çözünüz. Çözeltinin berrak kısmını uygun boyutlu bir deney tüpüne aktarınız.

15. Hazırladığınız tamamen kuru olan karbon elektrotları reçine çözeltisine batırıp 90 ^{o}C sıcaklıktaki fırında 30 dakika bekletiniz.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		**Performans Düzeyi**			
		Çok İyi	**İyi**	**Orta**	**Geliştirilebilir**
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Yakma, söndürme ve kurutma işlemlerini yaparak ham maddeyi hazırlar.	20	15	10	5
3	Elektrodu hazırlayarak avometre ile direncini ölçer.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

3.3. ANORGANİK ASİTLERİN ÜRETİMİ

Bazı volkanik bölgelerde, SO_2 ve SO_3 gibi volkanik gazların suda çözünmesi ile asit gölleri oluşur. Bu tür asit göllerinin etrafındaki hava oldukça zehirlidir. Çok eski zamanlardan beri insanlar bu göllerin suyunun yakıcı ve tehlikeli olduğunu biliyordu. Zamanla bu yakıcı ve tehlikeli suyun çeşitli işlerde kullanılabileceğini keşfetti. Bu ve benzeri maddelere olan ihtiyaç arttıkça yeni kaynaklar aramaya başladı.

Doğada nadiren karşımıza çıkan H_2SO_4, HCl ve HNO_3 gibi asitler 8. yüzyıldan itibaren yapay olarak üretilmiştir. Ancak Sanayi Devrimi sonrasında bu asitlere olan talep artmıştır. Günümüzde de bu artış sürmektedir. Kimya endüstrisi de artan talebi daha ekonomik ve çevreye duyarlı yöntemlerle karşılayabilmek için çalışmaya devam etmektedir.

3.3.1. Sülfürik Asit Üretimi

Sülfürik asit, saf hâlde renksiz, yağımsı bir sıvıdır. 290 ^oC'ta kaynar, -10 ^oC'ta donar, su ile her oranda karışabilir. Kuvvetli nem çekicidir. Kaynama noktası yüksek, organik sentezlerde etkili bir katalizör ve ucuz olduğu için sanayide en çok kullanılan kimyasal maddedir. Kimya endüstrisinin neredeyse her alanında kullanılabilir ancak üretilen sülfürik asidin %60'ından fazlası gübre üretimi için harcanır (Görsel 3.4).

Görsel 3.4: Sülfürik asit fabrikası

Saf hâldeki sülfürik asit, monohidrat ($H_2SO_4.H_2O$) formundadır. Sülfürik asidin sulu çözeltileri ($H_2SO_4.nH_2O$) ve saf sülfürik asidin SO_3 gazı içeren hâlleri de piyasada aynı isimle anılmaktadır. Ancak doğru olan, çözünmüş hâlde SO_3 içeren saf sülfürik asidi **dumanlı sülfürik asit** veya **oleum** diye adlandırmaktır. Sülfürik asit üretiminde elde edilen ürün genellikle dumanlı sülfürik asittir.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27531

3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
KARBON SÜTUNU

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Sülfürik asidin nem çekici özelliğini gözlemlemek.

Araç gereç: Beher (100 mL), baget, mezür, kristalizuvar, eldiven.

Kimyasal maddeler: Toz şeker, derişik H_2SO_4.

DİKKAT: Sülfürik asit kuvvetli nem çekicidir. Bir karbonhidrat olan çay şekeriyle (sakkaroz - $C_{12}H_{22}O_{11}$) karıştırılması durumunda şeker moleküllerini aşağıdaki tepkimeye göre parçalar. Oluşan suyu çeker ve şekerin kömürleşmesine neden olur.

$$C_{12}H_{22}O_{11}(k) + H_2SO_4(s) + 1/2O_2(g) \rightarrow 11C(k) + 12H_2O(s) + CO_2(g) + SO_2(g)$$

Uygulamanın Yapılışı

1. Beherin yarısını toz şeker ile doldurunuz.
2. Beheri kolay temizlenebilecek bir yüzey ya da kristalizuvar içerisine koyunuz.
3. Koruyucu eldivenlerinizi giydikten sonra behere 30 mL derişik sülfürik asit ekleyiniz.
4. Bagetle karıştırarak şekerin tamamının sülfürik asitle ıslanmasını sağlayınız.
5. Biraz bekleyerek reaksiyonu gözlemleyiniz. (Oluşan karbon sütununun devrilmemesi için bagetle destekleyebilirsiniz.)

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Tepkimeyi gerçekleştirir.	20	15	10	5
3	Tepkime sonucunda meydana gelen hacim değişimine sebep olan maddeleri belirler.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27532

Güvenlik İşaretleri

4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
SÜLFÜRİK ASİT ELDESİ

Amaç: Bakır sülfat çözeltisinin elektrolizi ile sülfürik asit üretmek.

Araç gereç: Beher, cam baget, huni, süzgeç kâğıdı, Pastör pipeti, bakır elektrot, grafit elektrot, **(Laboratuvar çalışması 2'de hazırladığınız grafit elektrodu kullanınız.)** güç kaynağı, bağlantı kabloları.

Kimyasal maddeler: $CuSO_4$, Na_2CO_3, saf su.

Uygulamanın Yapılışı

1. Beher içerisine yaklaşık 15 gram $CuSO_4$ katısı ve 200 mL saf su koyup bagetle karıştırarak çözünmesini sağlayınız.
2. Bakır ve grafit elektrotları behere daldırınız.
3. Güç kaynağının (-) ucunu bakır elektroda, (+) ucunu karbon elektroda bağlayınız. Katot (bakır elektrot), anot (karbon elektrot) tepkimeleri ile net tepkime aşağıdaki gibidir:

   anot tepkimesi: $H_2O(s) \rightarrow 2H^+(suda) + 1/2O_2(g) + 2e^-$

   katot tepkimesi: $Cu^{2+}(suda) + SO_4^{2-}(suda) + 2e^- \rightarrow Cu(k) + SO_4^{2-}(suda)$

   net tepkime: $CuSO_4(suda) + H_2O(s) \rightarrow Cu(k) + H_2SO_4(suda) + 1/2O_2(g)$
4. Güç kaynağını 9 V'a ayarlayarak elektroliz işlemini başlatınız. (Elektroliz sürecinde anotta oluşan oksijen gazı karbon elektrodu aşındıracaktır. Oluşan karbon parçacıkları çözeltiye karışarak siyah renkli bir süspansiyon oluşturacaktır.)
5. Elektroliz işlemini en az bir saat devam ettiriniz. Bir saatin sonunda Pastör pipeti ile elektroliz kabından bir miktar çözelti alarak pH kâğıdına damlatıp pH'ını kontrol ediniz. (İsterseniz elektrolizi burada sonlandırabilirsiniz.)
6. Elektroliz işlemini devam ettirirseniz çözeltideki Cu^{2+} iyonları tükenecek ve H^+ iyonları hidrojen gazına dönüşmeye başlayacaktır. Bakır elektrot yüzeyinden gaz çıkışı (H_2 gazı) gördüğünüz anda güç kaynağını kapatınız.
7. Bağlantı kablolarını sökerek elektrotları çözeltiden çıkarınız.
8. Huni ve süzgeç kâğıdı yardımıyla beherde bulunan ve karbon parçacıkları ile kirlenen çözeltiyi süzünüz. (Süzüntü bir miktar karbon içerir ve biraz bulanık görünür.)
9. Saat camına bir miktar Na_2CO_3 koyarak üzerine elde ettiğiniz sülfürik asit çözeltisinden damlatıp reaksiyon olup olmadığını gözlemleyiniz.

   Sizce anotta neden grafit elektrot kullanılmıştır? Anotta grafit dışında hangi elektrotlar kullanılabilir? Arkadaşlarınızla tartışınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Elektroliz düzeneğini hazırlar.	20	15	10	5
3	pH ölçümünü yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

Sanayi Devrimi sonrasında sülfürik asit **kurşun odalar** (nitrous) yöntemiyle üretildi. Günümüzde daha ucuz, verimli ve çevre dostu olan **kontakt yöntemi** ile üretim tercih edilmektedir.

Kontakt yönteminde sülfürik asit üretimi dört aşamada gerçekleşir:

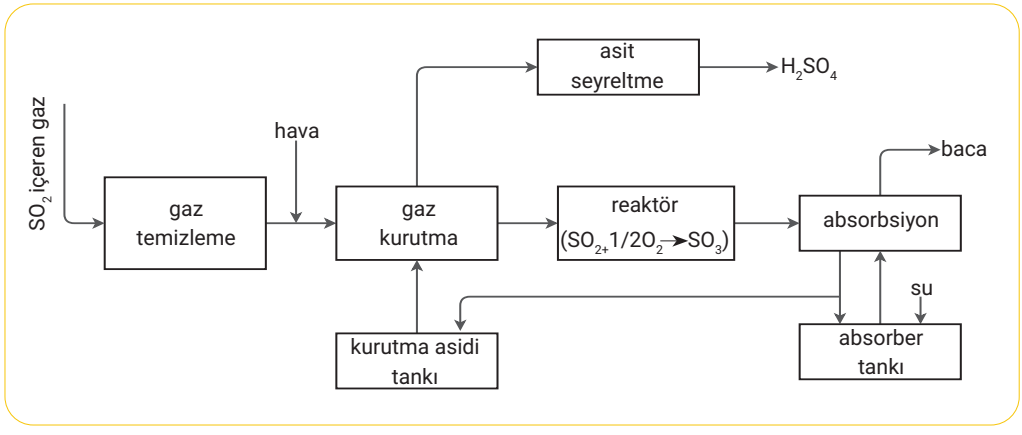
1. aşama: SO_2 gazının elde edilmesi ve saflaştırılması.

2. aşama: SO_2 gazının kurutulması.

3. aşama: SO_2 gazının katalizör yardımıyla SO_3 gazına dönüştürülmesi.

4. aşama: SO_3 gazının soğurulması. (**Soğurma,** gazların sıvı ile temas ettirilerek çözeltilerinin elde edilmesi işlemidir.)

Sülfürik asit üretimine ait basitleştirilmiş akış şeması 3.1'de görülmektedir.



Şema 3.1: Kontakt yöntemi ile sülfürik asit üretimi akış şeması

1. Aşama: SO_2 Gazının Üretimi ve Saflaştırılması

Sülfürik asit hangi yöntemle üretilirse üretilsin üretimin ilk aşaması SO_2 gazı eldesidir. SO_2 gazı elementel kükürdün (S) yakılması ile elde edilebilir. Bazı durumlarda pirit (FeS) ve çinkoblend (ZnS) gibi sülfürlü minerallerin kavrulmasıyla elde edilen SO_2 gazı da kullanılır. Ayrıca büyük endüstriyel tesislerin (demir-çelik fabrikaları gibi) baca gazlarından da SO_2 elde edilebilmektedir. Safsızlık oluşturan metal buharları, metal tozları, yanmamış hidrokarbonlar ve halojenler katalizörü zehirleyeceği (etkisiz hâle getireceği) için SO_2 gazı saflaştırılır. Saflaştırma işlemi için gaz soğutulur. Toz ayırıcılardan geçirilen gaz, ters akımla, derişik sülfürik asit çözeltisi ile yıkanır. Saflaştırılan SO_2 gazını sülfürik asit damlacıklarından temizlemek için içerisinde kok kömürü bulunan kurşun kaplar kullanılır.

2. Aşama: SO_2 Gazının Kurutulması

Saflaştırılan SO_2 gazı bir miktar su buharı içerir. SO_2 gazı nem çekici özelliğe sahip derişik sülfürik asit ile yıkanarak su buharından arındırılır.

3. Aşama: SO_2 Gazının SO_3 Gazına Dönüştürülmesi

Sülfürik asit üretimindeki en önemli aşamadır. Dönüşüm, $SO_2(g) + 1/2O_2(g) \rightleftharpoons SO_3(g)$ tepkimesine göre gerçekleşir. Tepkime, bir denge tepkimesidir; 200 ^oC gibi düşük sıcaklıklarda çok yavaştır. Sıcaklık artırıldıkça hız artar fakat tepkime ekzotermik olduğu için denge, girenler yönüne kayar ve az miktarda ürün elde edilir. Genellikle vanadyum pentoksit (V_2O_5) katalizörlüğünde yaklaşık 420 ^oC sıcaklığında optimum hız ve verimle gerçekleşir.

Katalizör olarak demir(III) oksit de kullanılabilir. Dört farklı katalizör yatağı üzerinden geçirilen SO_2 ve O_2 karışımı %98 oranında SO_3 gazına dönüşür.

4. Aşama: SO_3 Gazının Soğurulması ve H_2SO_4 Eldesi

Elde edilen SO_3 gazı önce soğutulur. Gazı soğurmak (absorblamak) için su kullanılmaz. SO_3 gazının su ile etkileşimi kuvvetli ekzotermik bir tepkime olduğu için çok tehlikelidir. Absorbsiyon için derişik sülfürik asit veya oleum kullanılır. İsteniyorsa elde edilen oleum su ile seyreltilerek sülfürik aside dönüştürülüp satılır.

3.3.2. Nitrik Asit Üretimi

Nitrik asit, saf hâlde renksiz bir sıvıdır; 86 ^{0}C'ta kaynar; -41 ^{0}C'ta donar. Oldukça aşındırıcı ve kuvvetlidir. Aynı zamanda güçlü bir oksitleyicidir. Platin, rodyum, iridyum ve altın hariç tüm metalleri yükseltgeyebilir.

Nitrik asit, altın ve gümüşü ayırmada, pirinç alaşımlarının yüzeyini temizlemede doğrudan kullanılır. Organik nitro bileşiklerin (nitroselüloz, nitrogliserin, boyar maddeler gibi) sentezinde gereklidir. En çok azotlu gübrelerin üretiminde kullanılır.

Bilinen en eski yöntem, güherçileden ($NaNO_3$) nitrik asit üretimidir. 20. yüzyılın başlarında elektrik arkı ile havadan NO elde edilerek nitrik asit üretilmiştir. Ancak çok fazla elektrik enerjisi gerektirdiği için kısa sürede bu yöntemden vazgeçilmiştir. Günümüzde amonyağın (NH_3) katalitik oksidasyonu ile nitrik asit üretilmektedir.

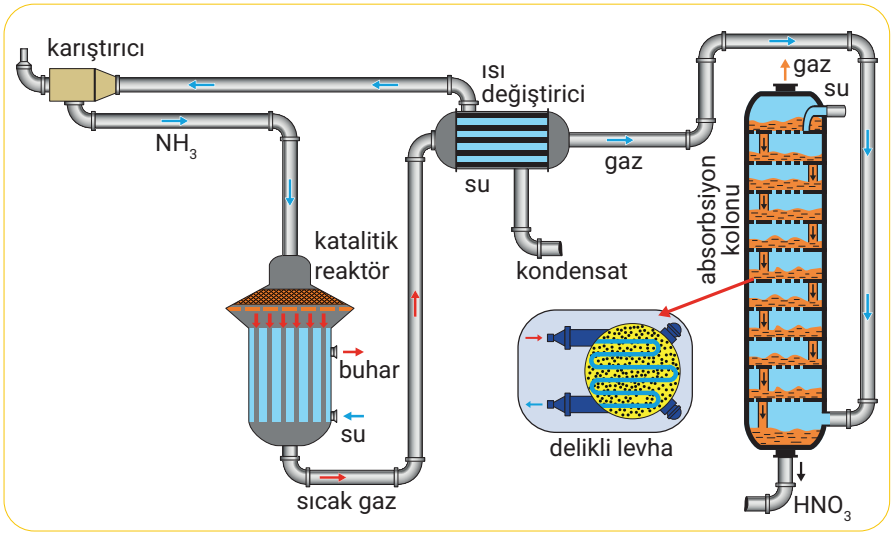
Amonyağın oksidasyonu ile [Oswald (Ozvold) yöntemi] nitrik asit üretimi üç aşamada gerçekleşmektedir:

1. aşama: NH_3'ün katalitik oksidasyonuyla NO eldesi.

2. aşama: NO gazının havanın oksijeni ile NO_2 gazına dönüştürülmesi.

3. aşama: NO_2 gazının absorbsiyonu.

Üretimin sadeleştirilmiş akış şeması Şekil 3.5'de verilmiştir.



Şekil 3.5: Amonyağın katalitik oksidasyonu ile nitrik asit üretimi

1. Aşama: NH_3ün Katalitik Oksidasyonuyla NO Eldesi

$4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$ tepkimesine göre amonyağın katalitik oksidasyonunu kapsar. Katalizör olarak platin kullanılır. Oksidasyon aşamasında NO ile birlikte N_2O ve N_2 gazı da oluşabilir. İstenmeyen ürünlerin oluşumu, uygun sıcaklıkta (yaklaşık 800 ^oC), katalizör yardımıyla minimuma indirilir. NH_3ün yaklaşık %98'i NO gazına dönüştürülür.

2. Aşama: NO Gazının Havanın Oksijeni ile NO_2 Gazına Dönüştürülmesi

$2NO(g) + O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$ tepkimesine göre azot monoksit havanın oksijeni ile azot diokside dönüştürülür. Reaksiyon verimini artırmak için düşük sıcaklık ve yüksek basınç gereklidir. Tepkime ekzotermik olduğu için reaktör soğutulur.

3. Aşama: NO_2 Gazının Absorbsiyonu

$2NO_2(g) + H_2O(s) \rightarrow HNO_3(suda) + HNO_2(suda)$ tepkimesine göre azot dioksit su ile absorblanır. Tepkimede oluşan nitröz asit (HNO_2) kararsızdır ve
$3HNO_2(suda) \rightarrow HNO_3(suda) + 2NO(g) + H_2O(s)$ tepkimesine göre ayrışarak nitrik aside dönüşür. Düşük sıcaklık ve yüksek basınç, azot dioksit absorbsiyonunu artırır. Absorbsiyon sonunda, asit derişimi %45-50 civarında olan seyreltik asit çözeltisi elde edilir.

Derişik nitrik asit üretmek için NO_2 gazı ve derişik nitrik asit yaklaşık -10 ^oC'a kadar soğutulur. NO_2 gazının derişik nitrik asitte çözünmesiyle dumanlı nitrik asit elde edilir. Dumanlı nitrik asidin ısıtılmasıyla saf NO_2 gazı açığa çıkar. NO_2 gazı soğutularak
$2NO_2(g) \rightleftharpoons N_2O_4(s)$ tepkimesine göre N_2O_4 sıvısına dönüştürülür. 50 atm basınçta ve 75 ^oC sıcaklıkta gerçekleşen $2N_2O_4(s) + 2H_2O(s) + O_2(g) \rightarrow 4HNO_3(s)$ tepkimesine göre %98'lik derişik nitrik asit elde edilir.

Absorbsiyon sonunda oluşan atık gazlar bir miktar NO ve NO_2 içerir. Atık gaz, Na_2CO_3 çözeltisi içeren kulelerden geçirilerek $NaNO_3$e dönüştürülür.

3.3.3. Hidroklorik Asit Üretimi

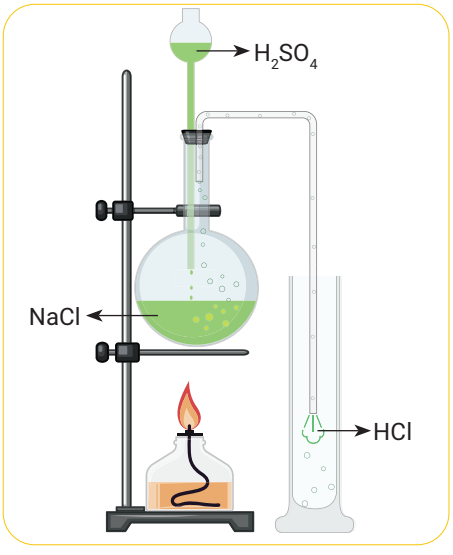
Hidroklorik asit, HCl gazının sudaki çözeltisidir. Saf HCl normal basınç ve sıcaklıkta renksiz, kokusuz bir gazdır. Erime noktası -114,2 ^oC, kaynama noktası -85 ^oC'tur. Tahriş edici ve zehirlidir. Suda çok iyi çözünür. Sulu çözeltisi kuvvetli asittir. HCl çözeltisi soy ve yarı soy metaller hariç bütün metallere etki eder.

Hidroklorik asit, en çok petrokimya sektöründe, aktif metallerin elde edilmesinde, başta çelik olmak üzere metallerin yüzeylerinin temizlenmesinde, klorürlü anorganik tuzların üretiminde kullanılır. Gıda sektöründe protein ve karbonhidratların hidroliz edilmesinde, vinil klorür gibi klor içeren organik ürünlerin sentezinde de hidroklorik asitten yararlanılır. İhtiyaç fazlası hidroklorik asit elektroliz edilerek H_2 ve Cl_2 gazlarına dönüştürülür.

HCl gazı elde etmek için dört temel yöntem vardır:

1. HCl gazı, hidrokarbonların klorlandırılmasıyla yan ürün olarak elde edilir.
   $[CH_4(g) + Cl_2(g) \rightarrow CH_3Cl(g) + HCl(g)]$ Bu yolla elde edilen HCl miktarı oldukça fazladır.
2. H_2 ve Cl_2 gazlarının uygun koşullarda tepkimesinden HCl gazı elde edilebilir. Ancak $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$ tepkimesi kuvvetli ekzotermik ve H_2 - Cl_2 gazlarının karışımı belli konsantrasyonlarda patlayıcıdır. Bu nedenle işlemin çok dikkatli ve kontrollü yapılması gerekir.

3. Diğer yöntem, tuz-sülfürik asit yöntemidir.
$2NaCl(k) + H_2SO_4(s) \rightarrow Na_2SO_4(k) + 2HCl(g)$ tepkimesine göre adi tuz üzerine sülfürik asit eklenerek beyaz, ağır bir duman hâlinde HCl gazı elde edilir (Şekil 3.6). Tuz ruhu adı da buradan gelmektedir.
4. HCl üretimi için diğer bir yöntem Hargreaves (Hargırivs) yöntemidir. Bu yöntemde kükürtdioksit, hava ve su buharı; adi tuz ile yüksek sıcaklıkta (500-600 ^oC) tepkimeye girerek $2NaCl(k) + SO_2(g) + 1/2O_2(g) + H_2O(g) \rightarrow Na_2SO_4(k) + 2HCl(g)$ denklemine göre HCl gazını oluşturur.



Şekil 3.6: Laboratuvarda HCl eldesi

Hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın hidroklorik asit üretimi iki temel aşamadan oluşur:

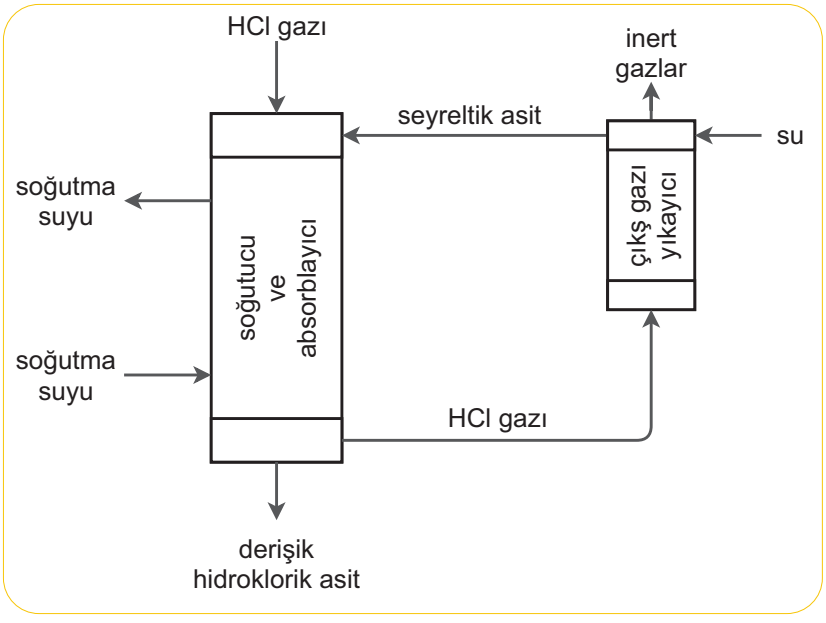
1. aşama: HCl gazının elde edilmesi ve saflaştırılması.

2. aşama: HCl gazının su ile absorblanması.

(Günümüzde tuz-sülfürik asit ve Hargreaves yöntemi önemini kaybetmiştir. Hâlen kullanılmalarının sebebi cam ve kâğıt endüstrisinin tuz kekine (Na_2SO_4) olan talebidir.)

Elde edilen HCl gazı su içinde çözülerek piyasaya sunulur. HCl gazının suda çözünmesi kuvvetli ekzotermiktir. Bu yüzden daha ılıman bir etkileşim için HCl gazı, seyreltik HCl çözeltisi ile absorblanır. Yine de absorbsiyon sisteminin soğutulması gerekir.

Şema 3.2'de HCl gazının absorbsiyonu için basitleştirilmiş bir akış şeması verilmiştir.



Şema 3.2: HCl gazı absorbsiyonu akış şeması

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27533

5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
HİDROKLORİK ASİT ELDESİ

Güvenlik İşaretleri

Amaç: NaCl ve H_2SO_4 kullanarak hidroklorik asit elde etmek.

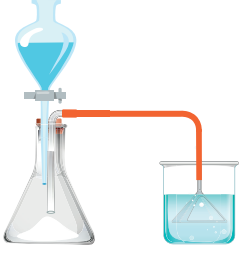
Araç gereç: Erlen, ayırma hunisi, huni, beher, dik açılı cam boru, çift delikli lastik tıpa, kauçuk hortum, termometre, pH kâğıdı, bunzen mesnedi ve kıskaç.

Kimyasal maddeler: İyotsuz sofra tuzu, sülfürik asit, saf su.

DİKKAT: Deneyde kullanılan sülfürik asit aşındırıcı ve tahriş edici, açığa çıkan HCl gazı ise tahriş edicidir. Deney sırasında mutlaka koruyucu gözlük ve eldiven kullanınız. Deneyi çeker ocakta yapınız.

Uygulamanın Yapılışı

1. Erlene 10 gram NaCl koyunuz.
2. Erlenin ağzına çift delikli lastik tıpayı takıp şekildeki düzeneği kurunuz.
3. 10 mL derişik sülfürik asidi ayırma hunisine, musluğunun kapalı olduğundan emin olduktan sonra, huni yardımıyla koyunuz.
4. Behere 100 mL saf su ekleyip huniyi kauçuk hortumun ucuna şekildeki gibi bağlayınız. Hortumun ucuna bağladığınız huniyi beherdeki suya daldırınız.
5. pH kâğıdı ile saf suyun pH değerini ve sıcaklığını ölçerek not ediniz.
6. Ayırma hunisinin musluğunu yavaşça açarak sülfürik asidi, tuz üzerine damla damla ilave ediniz.
7. Erlende tepkime tamamlanınca beherdeki çözeltinin pH değerini ve sıcaklığını tekrar ölçünüz.
8. Erlenin sıcaklığının değişip değişmediğini elinizle dikkatli bir şekilde kontrol ediniz.



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Deney düzeneğini hazırlar.	20	15	10	5
3	Madde miktarlarını ayarlayarak tepkimeyi başlatır.	10	8	5	3
4	Ölçümleri yapar.	20	15	10	5
5	Çalışma ortamını temizler.	10	8	5	3
6	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

3.4. ANORGANİK MADDELERİN ÜRETİMİ

Günlük hayatın ve sanayinin vazgeçilmezleri arasında yer alan birçok maddenin üretim proseslerinin bilinmesi gerekir. Tuz (NaCl), kostik (NaOH), soda külü (Na_2CO_3), alçı ($CaSO_4$), kireç taşı ($CaCO_3$), sönmemiş kireç (CaO) ve sönmüş kireç [$Ca(OH)_2$] bu maddelerin en önemlilerindendir.

3.4.1. Tuz Üretimi

Tuz, ilkçağlardan beri üretimi yapılan ve ticari değeri olan bir kimyasaldır. Yemeklerde lezzet verici olarak kullanılır, canlılar için vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Günümüzde birçok kimyasal bileşiğin ham maddesidir. Sodyum hidroksit, sodyum karbonat, hidroklorik asit, klor gazı ve metalik sodyum tuzdan üretilmektedir. Ayrıca boya ve sabun üretiminde, et ve balığın korunmasında, bazı gıdaların salamura edilmesinde, süt ve konservecilik sektöründe de tuz kullanılmaktadır.

Tuz, deniz ve tuzlu göllerin sularının buharlaştırılmasıyla ve kaya tuzu yataklarından madencilik yöntemleriyle elde edilir. Elde edilen rafine edilmemiş ham tuza **adi tuz** denir.

Doğal tuzlu sulardan tuz elde etme yöntemi Akdeniz ve Atlas Okyanusu kıyıları gibi sıcak coğrafyalarda uygulanır. Bu uygulamada tuz, tuzlu suyun buharlaştırma havuzlarına alınıp, güneş enerjisi ve rüzgârın yardımıyla buharlaştırılarak çöktürülmesiyle elde edilir. Deniz suyunda bulunan tuzun saflığı %78-79 civarındadır. Deniz tuzu safsızlık olarak potasyum, kalsiyum, magnezyum, klorür, sülfat ve karbonat iyonlarını içerir. Deniz suyundan elde edilen tuzun saflığını artırmak için tek bir buharlaştırma havuzu yerine üç aşamalı buharlaştırma havuzları kullanılır. Bu havuzlar sırasıyla deriştirme, salamura ve kristalizasyon havuzlarıdır.

Deriştirme havuzları deniz suyu ile doldurulur. Deniz suyundaki asılı katı maddeler çökerek ayrılır. Su buharlaştıkça çözelti yoğunluğu artarken Fe_2O_3, $CaCO_3$ tuzları tamamen ve $CaSO_4$ tuzu kısmen çöker. Yoğunluk belli bir değere ulaşınca tuzlu su salamura havuzlarına alınır.

Tuz derişimi arttığı için buharlaşma, salamura havuzlarında daha yavaştır. Bu havuzlarda su buharlaştıkça $CaSO_4$ çökmeye devam eder. Ancak $CaSO_4$ün tamamı çöktürülemez. Tuzlu su, bu aşamada içerisinde yaşayan tek hücreli bir canlıdan ötürü pembe renklidir. Çözelti doygunluk sınırına ulaşınca tuzlu su kristalizasyon havuzlarına alınır.

Kristalizasyon havuzlarında buharlaşma devam ederken tuz, kristallenerek dibe çöker. Tuzlu suyun rengi bu aşamada koyu pembe-kırmızımsıdır (Görsel 3.5). Safsızlığın artmaması için yoğunluk belli bir değere ulaşınca çözelti deriştirme havuzlarına geri döndürülerek deriştirme havuzlarındaki tuz derişimi artırılabilir. Bazı tesislerde ise bu çözelti denize boşaltılır.

Görsel 3.5: Kristalizasyon havuzlarında tuzlu suyun görünümü

Yaz mevsimi sonunda kristalizasyon havuzlarındaki tuz toplanır. Toplanan tuzun rengi pembe-kırmızımsıdır. Toplanan tuz açık havada büyük yığınlar hâlinde depolanır. Yağan yağmurlarla az miktarda tuz kaybı olsa da yağmur suyuyla yıkanan tuzda safsızlıklar azalır. Pembe-kırmızımsı renk büyük oranda kaybolarak doğal tuz rengi ortaya çıkar. Tuz yığınının üzerinde gömlek denilen sert bir tabaka oluşur. Bu tabaka tuz kaybını önemli oranda azaltır. Kış mevsimi boyunca açık alanda bekleyen tuzdaki sodyum klorür oranı %98 civarına ulaşır.

Tuzlu göl sularından ve deniz suyundan tuz eldesi yöntemleri aynıdır. Türkiye'de bulunan Tuz Gölü gibi bazı göllerde buharlaşma çok fazla olduğundan tuz üretimi için buharlaştırma havuzlarına ihtiyaç duyulmaz. Çöken tuz tabakasını iş makineleriyle toplamak yeterlidir (Görsel 3.6).

Görsel 3.6: İş makineleriyle tuzun toplanması

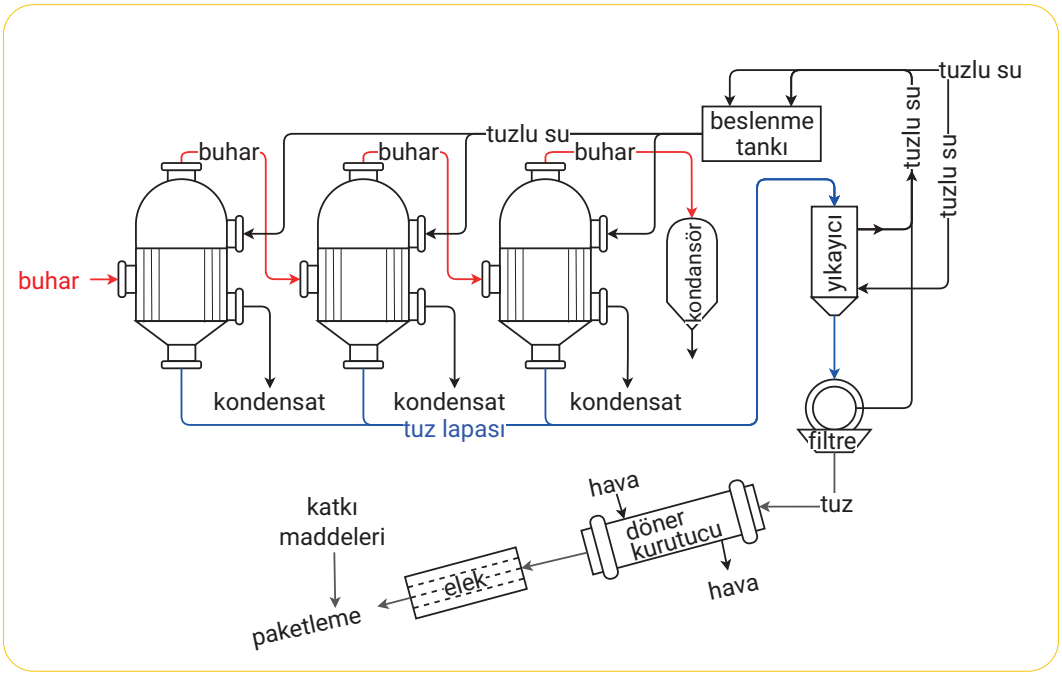
Kaya tuzu yataklarından tuz elde etmek için açık ve kapalı madencilik yöntemleri kullanılabileceği gibi yer altındaki tuz katmanına borularla su pompalanarak da tuzlu su elde edilebilir. Hangi yöntemin kullanılacağı, ekonomik faktörler ve teknik imkânlar değerlendirilerek belirlenir.

Türkiye'de üretilen tuzun %64'ü Tuz Gölü ve diğer tuzlu göllerden, %28'i İzmir ilinin sınırları içinde bulunan ve deniz suyundan tuz üreten Çamaltı Tuzlası'ndan elde edilmektedir. Türkiye'nin pek çok yerinde kaya tuzu yatakları mevcuttur. Kapalı madencilik teknikleri ile işletilen bu madenlerden en önemlileri; Çankırı, Nevşehir-Gülşehir ve Yozgat-Sekili'de bulunmaktadır.

Deniz ve göllerden elde edilen tuz daha çok gıda sektöründe kullanılır. Kaya tuzu ise ağırlıklı olarak kimya sektöründe değerlendirilir.

3.4.2. Rafine Tuz Üretimi

Deniz, göl ve kaya tuzu yataklarından elde edilen adi tuzun, gıda ve kimya sektöründe kullanılmadan önce rafine edilmesi (saflaştırılması) gerekir. Tuz rafinasyonu için en yaygın yöntem rekristalizasyon (yeniden kristallendirme) yöntemidir. Yönteme ait sadeleştirilmiş akış şeması Şema 3.3'de verilmiştir.



Şema 3.3: Rekristalizasyon işlemi ile rafine tuz üretiminin akış şeması

Bu yöntemde tuz, su içinde çözünür; suda çözünmeyen katı maddeler süzülerek ayrılır. Çözeltiye kireç sütü ve soda külü ilave edilir. 12 saat boyunca dinlendirilen çözeltide istenmeyen kalsiyum ve magnezyum bileşikleri çöktürülür. İstenmeyen bileşiklerden arındırılan tuz çözeltisi besleme tankına alınır. Buradan kademeli vakum buharlaştırıcılara alınarak kristallendirilir. Kristallendirilen lapa hâldeki tuz, tuzlu su ile yıkanır. Yıkama suyu besleme kazanına verilir. Yıkanmış tuz ise döner vakum filtreye gönderilerek süzülür. Döner kurutucuda kurutulan rafine tuz elenerek boyutlarına göre paketlenir.

Üretilen tuz sofralık ise akışkanlığını artırmak için içerisine paketleme aşamasından önce bazı katkı maddeleri ilave edilir. Bunun için tuza % 0,5-1,0 oranında magnezyum karbonat ($MgCO_3$), kalsiyum silikat (Ca_2SiO_4), kalsiyum karbonat ($CaCO_3$), di ve trikalsiyum fosfat [$CaHPO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$] gibi katkı maddeleri eklenir.

İyot eksikliğinden kaynaklanan guatr hastalığını engellemek için iyotlu tuzlar üretilir. Az miktarda iyot ilavesi, vakum buharlaştırıcıdan gelen nemi alınmış tuza potasyum iyodür [KI(suda)] çözeltisi püskürtülerek yapılabilir. İyodür iyonunun (I^-) I_2 molekülüne dönüşmesini engellemek için stabilizatör olarak da kalsiyum karbonat ve sodyum tiyosülfat ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) eklenir. (**Stabilizatör**, gıda maddelerinin üretiminde istenilen yapıyı oluşturmak, korumak veya iyileştirmek amacıyla kullanılan koruyucu özellikteki katkı maddesidir.)

6.LABORATUVAR ÇALIŞMASI
TUZ RAFİNASYONU

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Yeniden kristallendirme ile kaya tuzunu saflaştırmak.

Araç gereç: Beher (2 adet), huni, süzgeç kâğıdı, erlen, baget, spatül, havan, ısıtıcı, dereceli silindir, test tüpü, etiket, terazi.

Kimyasal maddeler: Rafine edilmemiş kaya tuzu.

Uygulamanın Yapılışı

1. Yaklaşık 50 gram kaya tuzunu havanda döverek toz hâle getiriniz.
2. Toz hâle getirdiğiniz tuzun bir kısmını (yaklaşık 5 gram) test tüpüne koyarak etiketleyiniz. Etiketlediğiniz tüpü elde edeceğiniz saf tuzla kıyaslamak için saklayınız.
3. Toz hâldeki kaya tuzunun geri kalanını behere alarak üzerine 100 mL sıcak su koyunuz. Su, tuza doyuncaya kadar bagetle karıştırınız. (Tuzun tamamının çözünmesi hâlinde bir miktar daha kaya tuzu ekleyiniz.)
4. Huni içerisine süzgeç kâğıdını yerleştirerek beherdeki karışımı erlene süzünüz. Tuzun bir kısmı ile çözünmeyen katılar süzgeç kâğıdında kalacaktır.
5. Erlendeki süzüntüyü (doygun NaCl çözeltisini) temiz bir behere alarak suyun 1/4'ü buharlaşıncaya kadar kaynatınız.
6. Beheri ateşten alarak soğumaya bırakınız.
7. Kristallenmenin tamamlanması için çözeltiyi en az 1 saat bekletiniz.
8. Karışımı süzünüz. Süzgeç kâğıdında kalan tuzu, birkaç mililitre soğuk su ile yıkadıktan sonra süzgeç kâğıdı ile birlikte kurutunuz.
9. Yeniden kristallendirerek saflaştırdığınız tuz ile başlangıçta ayırdığınız tuzu karşılaştırınız. Gördüğünüz farkları arkadaşlarınızla paylaşınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Deney düzeneğini hazırlar.	20	15	10	5
3	Süzme ve kristallendirme işlemlerini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

3.4.3. Sodyum Karbonat (Soda) Üretimi

Sodyum karbonat, beyaz renkli, 853 ^{O}C sıcaklıkta eriyen bir tuzdur. Su ile oluşturduğu hidratlar farklı isimlendirilir. Örneğin $Na_2CO_3.10H_2O$ **hafif soda** olarak bilinir. $Na_2CO_3.H_2O$ ise **ağır soda**dır. Kristal suyu içermeyen Na_2CO_3 ise **solvay tuzu** olarak adlandırılır. Sodyum karbonat, havadaki nem ve karbondioksitle $Na_2CO_3(k) + CO_2(g) + H_2O(g) \rightleftharpoons 2NaHCO_3(k)$ tepkimesine göre sodyum bikarbonata dönüşür. Sodyum bikarbonat da yüksek sıcaklıkta bozunarak sodyum karbonata dönüşür.

Soda, endüstriyel kimyadaki en önemli tuzlardan biridir. En çok cam endüstrisinde kullanılır. Önemli miktarda soda da diğer anorganik tuzların üretiminde kullanılır. Sodanın diğer kullanım alanları; kâğıt, sabun, deterjan, yüzey aktif maddelerin üretimi, tekstil sektörü, su arıtımı şeklinde sıralanabilir.

Deniz yosunu gibi tuzlu su bitkilerinin yakılmasıyla elde edilen küller önemli oranda soda içerir. Dünyanın pek çok bölgesinde doğal soda yatakları bulunmaktadır. Bu kaynakların bir kısmı günümüze kadar işletilerek tüketilmiştir. Bazı tuzlu su içeren göllerde de önemli miktarda soda bulunur. Van, Erçek ve Arin gölleri soda içeren göllerdir (Görsel 3.7). Sodanın doğal kaynaklardan elde edilmesi çoğu zaman hem çevreyi daha az kirletir hem de ekonomiktir.

En eski soda üretim yöntemi **Leblanc yöntemi**dir. Bu yöntemle elde edilen soda, saf değildir. Saflaştırılması oldukça güç ve maliyetlidir. Bu nedenle günümüzde kullanılmamaktadır.

Günümüzde soda üretmek için **Solvay yöntemi** kullanılır. Bu yöntemde kaya tuzu, kalker (kireç taşı) ve amonyak kullanılarak soda üretilir. Yöntemdeki en pahalı girdi olan amonyak, işlemin sonunda geri kazanılır. Üstelik elde edilen ürün oldukça saftır.

Görsel 3.7: Van Gölü

Solvay yönteminde aşağıdaki aşamalar sırası ile uygulanır:

1. aşama: Tuzlu suyun hazırlanması ve temizlenmesi.

2. aşama: Amonyağın absorbsiyonu.

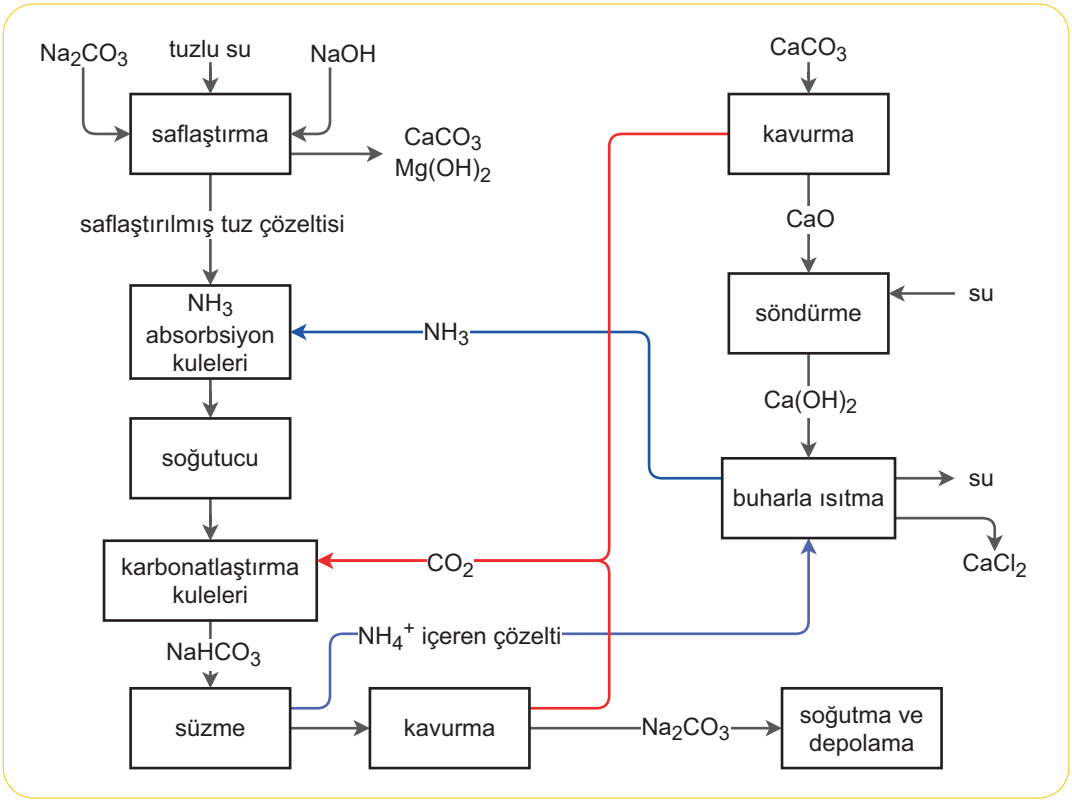
3. aşama: Karbonlaştırma.

4. aşama: Çöken bikarbonatın süzülmesi ve yıkanması.

5. aşama: Sodyum bikarbonatın sodyum karbonata dönüştürülmesi.

6. aşama: Amonyağın geri kazanılması.

Solvay yöntemi ile soda üretimine ait akış şeması 3.4'te verilmiştir.



Şema 3.4: Solvay yöntemi ile soda üretimi akış şeması

1. Aşama: Tuzlu Suyun Hazırlanması ve Temizlenmesi
Adi tuz suda çözdürülür. Suda çözünmeyen kısımlar ise süzülerek ayrılır. Tuz çözeltiside bulunan Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyonları sodyum karbonat ve sodyum hidroksit ilave edilerek, $CaCO_3$ ve $Mg(OH)_2$ şeklinde çöktürülerek ayrılır.

2. Aşama: Amonyağın Absorbsiyonu
Bir kule içerisinde tuzlu su ve amonyak gazı ters akıtılarak amonyağın çözünmesi sağlanır. Ürün verimini artırmak için çözeltideki tuz ve amonyak derişiminin mümkün olduğunca fazla olması istenir. Amonyak gazının çözünürlüğünü artırmak için kule soğutulur. Kuleden çıkan çözelti katı tuz üzerinden geçirilerek tuza doyurulur.

3. Aşama: Karbonlaştırma
Amonyaklı doygun tuz çözeltisi 25-30 metrelik kulenin üzerinden verilir. Kulenin altından ve ortasından ise CO_2 gazı gönderilir. CO_2 gazı sodyum bikarbonatın ve kireç taşının kavrulmasıyla elde edilir.

$NH_3(suda) + CO_2(g) + H_2O(s) \rightarrow NH_4HCO_3(suda)$

$NH_4HCO_3(suda) + NaCl(suda) \rightarrow NaHCO_3(k) + NH_4Cl(suda)$

tepkimelerine göre oluşan $NaHCO_3$ tuzu çöker. Çökmeyi kolaylaştırmak için kule soğutulur. Kuleye gönderilen CO_2 gazı bir miktar amonyağı sürükler. Kuleden çıkan gazlar tuzlu su ile yıkanarak amonyak geri kazanılır. Çözelti absorbsiyon kulesine gönderilir.

4. Aşama: Çöken Sodyum Bikarbonatın Süzülmesi ve Yıkanması
Çöken $NaHCO_3$ kule tabanından süspansiyon şeklinde alınır. Döner süzme silindirinde vakum altında süzülerek kısmen kurutulur. Vakum altında açığa çıkan amonyak gazı absorbsiyon kulesine gönderilir. Elde edilen katı, $NaHCO_3$ çözeltisi ile yıkanarak içerisindeki amonyum tuzları uzaklaştırılır. Yıkama suyu, amonyak kazanım ünitesine gönderilir.

5. Aşama: Sodyum Bikarbonatın Sodyum Karbonata Dönüştürülmesi
Nemli $NaHCO_3$ sürekli çalışan bir fırında 150-175 ^0C sıcaklığa kadar ısıtılarak sodaya dönüştürülür.

$2NaHCO_3(k) \rightarrow Na_2CO_3(k) + CO_2(g) + H_2O(g)$

Elde edilen CO_2 gazı karbonatlaştırma kulesine gönderilir.

6. Aşama: Amonyağın Geri Kazanılması
Karbonatlaştırma kulesinden çıkan karışımdan $NaHCO_3$ ayrıldıktan sonra kalan çözelti amonyak geri kazanım ünitesine gönderilir. Çözeltiler burada ısıtılarak içerisindeki bikarbonatlar parçalanır.

$NH_4HCO_3(suda) \rightarrow NH_3(g) + CO_2(g) + H_2O(s)$

$2NaHCO_3(k) \rightarrow Na_2CO_3(suda) + CO_2(g) + H_2O(s)$

$Na_2CO_3(suda) + 2NH_4Cl(suda) \rightarrow 2NaCl(suda) + 2NH_3(g) + CO_2(g) + H_2O(s)$

Böylece çözeltiye kireç ilave edilmeden önce karbondioksit giderilmiş olur. Oluşan CO_2 karbonatlaştırma kulesine gönderilir.

$2NH_4Cl(suda) + Ca(OH)_2(suda) \rightarrow CaCl_2(suda) + 2NH_3(g) + 2H_2O(s)$

Çözelti gaz giderme bölmesinde sürekli havalandırılarak NH_3 ayrılır. Bu süreçte açığa çıkan NH_3 ise absorbsiyon kulelerine gönderilir. $CaCl_2$ içeren çözelti ekonomik değeri düşük olduğu için çoğu zaman atılır.

7. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
SODA ÜRETİMİ

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Sodyum bikarbonat kullanarak soda üretmek.

Araç gereç: 2 adet beher, mezür, baget, porselen kapsül, ısıtıcı, terazi, pH kâğıdı ya da pH metre.

Kimyasal maddeler: Sodyum bikarbonat (kabartma tozu).

Uygulamanın Yapılışı

1. 100 gram sodyum bikarbonatı (kabartma tozu) tartarak porselen kapsül içine koyunuz.
2. Porselen kapsüldeki kabartma tozunu ısıtıcı yardımıyla karıştırarak ısıtınız. (Yaklaşık 200 ^{o}C civarında sodyum bikarbonat $2NaHCO_3(k) \rightarrow Na_2CO_3(k) + CO_2(g) + H_2O(g)$ denklemine göre sodyum karbonata dönüşecektir.) Gaz ve buhar çıkışı tamamlanıncaya kadar karıştırarak ısıtmaya devam ediniz.
3. Porselen kapsülü ısıtıcıdan alarak soğumaya bırakınız.
4. Elde ettiğiniz sodayı tartınız. **Kütle değişimi verilen denklemle uyumlu mu? Kütlede azalma meydana geldi mi? Hesaplayınız.**
5. Kabartma tozundan ($NaHCO_3$) 8,4 gram, elde ettiğiniz sodadan (Na_2CO_3) 10,6 gram tartınız.
6. Tarttığınız katıları iki ayrı behere koyarak üzerlerine yüzer mililitre su ilave ediniz. Bagetle karıştırarak katıların tamamen çözünmesini sağlayınız.
7. pH kâğıdı veya pH metre kullanarak iki çözeltinin pH'ını ölçüp kıyaslayınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Tartma ve ısıtma işlemlerini yapar.	20	15	10	5
3	Maddelerin pH'larını ölçerek, karşılaştırır.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

3.4.4. Klor ve Sodyum Hidroksit Üretimi (Klor-Alkali Yöntemi)

Sodyum klorür çözeltisinin elektrolizi ile sodyum hidroksit (NaOH) elde edilir. Elektroliz sırasında klor (Cl_2) ve hidrojen (H_2) gazları yan ürün olarak oluşur.

Sodyum hidroksit, mat beyaz renkli bir kristaldir. 328 ^oC sıcaklıkta erir. Kuvvetli nem çekici bir maddedir. Açık havada CO_2 ile etkileşerek karbonatlaşır. Sulu çözeltisi kuvvetli bazdır. En çok sabun üretiminde ve petrol rafinasyonunda kullanılır. Organik maddelerin sentezi, tekstil endüstrisi, deri işleme, madencilik, kâğıt üretimi kullanıldığı diğer alanlardır.

Klor, oda sıcaklığında ve normal basınçta sarı-yeşil renkli keskin kokulu zehirli bir gazdır. -33,6 ^oC sıcaklıkta kaynar, -102 ^oC sıcaklıkta donar. Çok aktif bir elementtir, suda ve organik çözücülerde çözünür. Klor içeren organik bileşiklerin sentezinde, böcek ilaçlarında, tekstil sanayisinde, hidroklorik asit, boya ve polimer üretiminde kullanılır. Ağartıcı ve dezenfektan özellik gösteren çamaşır suyu ve diğer hipoklorit içeren bileşiklerin üretimi de önemli kullanım alanlarındandır.
Elektrolizle sodyum hidroksit üretimi iki aşamada gerçekleşir:

1. aşama: Tuzlu su çözeltisinin hazırlanması ve saflaştırılması.
2. aşama: Elektroliz.

1. Aşama: Tuzlu Su Çözeltisinin Hazırlanması ve Saflaştırılması

Çözeltide bulunan Ca^{2+} ve Mg^{2+} iyonları elektrolize engel olacağı için tuz çözeltisine kireç ve soda eklenerek $CaCO_3$ ve $Mg(OH)_2$ çöktürülür. Tuz çözeltisinde bulunan SO_4^{2-} iyonları ise çözeltinin buharlaştırılması ile Na_2SO_4 şeklinde çöktürülebileceği gibi $BaCl_2$ ilavesi ile $BaSO_4$ şeklinde de çöktürülebilir. Çöken katılar süzülerek ayrılır.

2. Aşama: Elektroliz

Tuzlu suyun elektrolizinde katot ve anot yarı tepkimeleri ile toplam tepkime aşağıda verilmiştir:

anot tepkimesi: $2NaCl(suda) \rightarrow 2Na^+(suda) + Cl_2(g) + 2e^-$
katot tepkimesi: $2H_2O(s) + 2e^- \rightarrow H_2(g) + 2OH^-(suda)$
net tepkime: $2H_2O(s) + 2NaCl(suda) \rightarrow Cl_2(g) + H_2(g) + 2NaOH(suda)$

Elektroliz esnasında anot yarı hücresinde bazı yan reaksiyonlar da oluşur:
$2OH^-(suda) \rightarrow 1/2O_2(g) + H_2O(s) + 2e^-$
$H_2O(s) \rightarrow 1/2O_2(g) + 2H^+(suda) + 2e^-$

Ayrıca anotta oluşan klor, elektrolitte çözünerek aşağıdaki tepkimelere neden olur:
$Cl_2(g) + H_2O(s) \rightarrow HOCl(suda) + HCl(suda)$

Oluşan hipoklorit ve hidroklorik asit, katot yarı hücresinde oluşan NaOH ile aşağıdaki tepkimelere göre nötralleşir:
$HOCl(suda) + NaOH(suda) \rightarrow NaOCl(suda) + H_2O(s)$
$HCl(suda) + NaOH(suda) \rightarrow NaCl(suda) + H_2O(s)$

Yan reaksiyonlar, sodyum hidroksit verimini düşürür. Bu tepkimeleri önlemek için anot ve katot yarı hücre içeriklerinin karışmasını önleyecek donanımlara ihtiyaç duyulur. Bu amaçla günümüzde üç elektroliz yöntemi geliştirilmiştir.

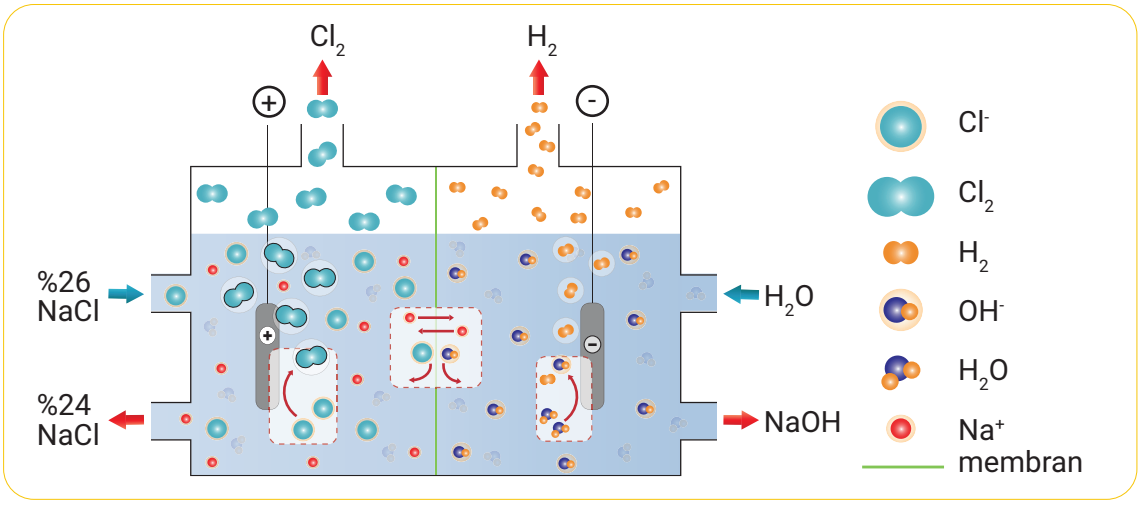
Bu yöntemlerin avantajları ve dezavantajları Tablo 3.3'te verilmiştir. **Cıva katotlu elektroliz yöntemi, cıva kirliliğine neden olduğu için günümüzde kullanılmamaktadır.**

Tablo 3.3: Elektrolizle Sodyum Hidroksit Üretim Yöntemlerinin Kıyaslanması

Yöntem	Avantajları	Dezavantajları
Diyaframlı yöntem	• Tuz çözeltisinin çok saf olması gerekmez. • Düşük voltajla çalışır.	• Elde edilen NaOH seyreltiktir ve tuz ile kirlenmiştir. • Asbest kirliliğine sebep olabilir. • Saf Cl_2 elde edilemez.
Cıva katotlu yöntem **(Kullanılmamaktadır.)**	• Saf ve derişik NaOH çözeltisi elde edilir. • Elde edilen Cl_2 gazı saftır.	• Çok saf tuz çözeltisi gerekir. • Cıva kirliliğine neden olur. • Yüksek voltajla çalışır.
Membran yöntemi	• Saf NaOH çözeltisi elde edilir. • Çevreyi kirletmez. • Düşük voltajla çalışır.	• Çok saf tuz çözeltisi gerekir. • Membranların fiyatı yüksek, kullanım ömürleri kısadır. • Saf Cl_2 elde edilemez.

Tüm yöntemlerde anot elektrot, açığa çıkan Cl_2 ve O_2 gazları ile aşınır. Bu nedenle anot yarı hücresinde grafit, platin ve titanyum gibi aşınmaya dayanıklı elektrotlar kullanılır. Zamanla grafit elektrotlar da aşınarak çözeltiyi kirletir.

Membran yöntemi, en gelişmiş yöntemdir. Yeni kurulan tesislerin büyük bölümünde bu yöntem kullanılır. Bu yöntemde genellikle anot olarak titanyum, katot olarak demir metali kullanılır. Anot yarı hücresine derişik tuz çözeltisi gönderilirken katot yarı hücresine saf su gönderilir. Yarı hücreler katyon değişim zarı (katyon değişim membranı) ile birbirinden ayrılmıştır. Elde edilen sodyum hidroksit oldukça derişik ve saf hâldedir. Membran, Na^+ katyonların geçmesine izin verirken anyonları geçirmez. Ancak membranlar pahalı ve kısa ömürlüdür. Bu yöntemde tuz çözeltisi çok daha saf olmalıdır. Aksi hâlde yabancı iyonlar, membran ömrünü önemli oranda kısaltır. Membran yönteminde kullanılan hücre şeması Şekil 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7: Membran yönteminde kullanılan elektroliz hücresi şeması

3.4.5. Kalsiyum Bileşikleri ve Portland Çimentosu

Kireç

Kireç taşı ($CaCO_3$), sönmemiş kireç (CaO) ve sönmüş kireç [$Ca(OH)_2$] formları çok eskiden beri bilinen maddelerdir. Volkanik kül ve kireç karışımı bir tür çimento olarak Antik Roma yapılarında, kireç ise beyaz renginden ötürü boyama amaçlı işlerde kullanılmaktaydı. Bu maddelerin mikrop öldürücü özellikleri ise çok eskiden beri bilinmektedir.

Günümüzde kirecin kullanılmadığı endüstri dalı yok gibidir. Başta çelik olmak üzere cam, soda, çimento, kâğıt üretiminde; su ve baca gazlarının arıtımında kireç kullanılır.

Kireç üretiminin ham maddesi kalsiyum karbonattır. Kireç üretiminde kullanılacak ham maddenin silisyum, kil ve demir içeriğinin mümkün olduğunca düşük olması, kireç taşı (kalker) içeriğinin ise en az %95 olması istenir. Kalsit, dolomit mineralleri ile mermer, tebeşir ve deniz kabukları da yüksek oranda kalsiyum karbonat içerir.

Kireç taşı kırılıp kömürle birlikte özel fırınlarda 1000-1100 ^oC sıcaklıkta yakılır. Kireç taşından $CaCO_3(k) \rightleftharpoons CaO(k) + CO_2(g)$ tepkimesine göre bozunarak sönmemiş kireç ve karbondioksit elde edilir. Kömür kullanılan fırınlarda elde edilen kireç külle, karbondioksit ise baca gazlarıyla kirlenir. Bu nedenle günümüzde sıcak havayla çalışan döner fırınların kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu fırınların içi ısıya dayanıklı tuğlalarla kaplıdır. 3-5 derecelik bir eğime sahip olan bu fırınlar dakikada 1-2 devir yapar. Döner fırına üstten kireç taşı yüklenir. Alt taraftan sönmemiş kireç alınır. Bu fırınlardan yüksek saflıkta kireç ve karbondioksit elde edilir.

Sönmemiş kirece su eklenmesi ile $CaO(k) + H_2O(s) \rightarrow Ca(OH)_2(suda)$ tepkimesi gerçekleşir. Bu tepkime kuvvetli ekzotermiktir. Genellikle fazla su kullanılır ve plastik çamur kıvamında, yaş sönmüş kireç elde edilir, buna **kireç sütü** de denir. Bu kireç inşaat sektöründe kullanılır. Kireç söndürülürken 1 mol kireç için 1 mol su kullanılırsa kuru sönmüş kireç elde edilir.

Sönmüş kireç, havadaki karbondioksitle $Ca(OH)_2(suda) + CO_2(g) \rightarrow CaCO_3(k) + H_2O(s)$ tepkimesine göre reaksiyona girerek tekrar kalsiyum karbonata dönüşür.

Alçı

Su ile karıştırıldığında bağlayıcı özellik kazanabilen bir yapı malzemesidir. Ham maddesi jips olarak bilinen alçı taşıdır. **Alçı taşı**, doğadan elde edilen kalsiyum sülfat ($CaSO_4.2H_2O$) mineralidir. Isıtılıp öğütüldüğünde yapısındaki su molekülünün %15'i buharlaşır ve alçı elde edilir.

$CaSO_4.2H_2O \rightarrow CaSO_4.1/2H_2O + 3/2H_2O$ tepkimesi ile suyunu kaybeden alçı taşından elde edilen alçı, tekrar su ile temas ettiğinde alçı taşına dönüşür.

Bakteri barındırmaması, asidik ve bazik özellik göstermemesi, kanserojen özellik taşımaması, vücut pH'ı ile uyumlu olması sayesinde tıpta ve sanayide rahatlıkla kullanılır. Gözenekli yapısı ile sıcak ve soğuk ortam sağlayabilmesi, ortam nemini ayarlayabilmesi, yangına dayanıklı olması geçmişten günümüze yapılarda kullanılmasının nedenlerindendir. Ayrıca üretim maliyeti emsallerinden çok daha düşüktür. Alçı ve alçı taşı;

- boyar madde olarak,
- inşaat sektöründeki yapı malzemelerinin yapımında,
- seramik endüstrisinde,
- döküm ve kalıp işlerinde,

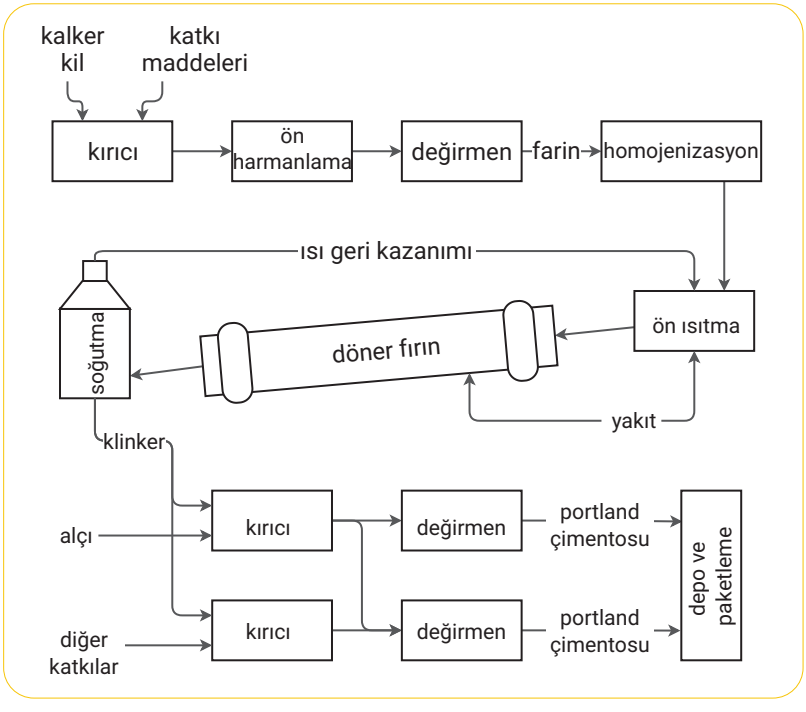
- ısı yalıtımında,
- çimento sanayisinde,
- dolgu maddesi olarak kâğıt ve pamuklu tekstil ürünlerinde yaygın olarak kullanılır.

Çimento

Doğal kalker taşları ve kil karışımının yüksek sıcaklıkta ısıtılması, öğütülmesi ve ardından kalsiyum sülfat formlarının eklenmesi ile üretilir. Genellikle gri renkte olan, hidrolik bağlayıcı özellikteki, anorganik toz maddedir. Suyla karışınca sertleşen bir macun oluşturur.

Çimento üretilen tesisler genellikle kalker, kil gibi minerallerce zengin olan bölgelere kurulur. Ham maddenin temininden ürünün paketlenmesine kadar tüm işlemlerin yapıldığı tesislere **entegre tesis** denir. Çimento üretimi entegre tesislerde yapılır.

Çimento üretim aşamalarından ilki taş ocaklarından ham maddelerin eldesidir (Şema 3.5). Ocaklardan çıkarılan ham maddeler öğütme ve homojenizasyon işlemlerinden geçirilerek depolanır. Öğütme sonucunda oluşan ham maddeye **farin** denir. Depolanan malzeme döner fırınlarda yüksek sıcaklık altında (yaklaşık 1300 °C) kalsinasyon ile klinkere dönüştürülür. **Kalsinasyon**, safsızlıkların ve uçucu maddelerin ortamdan uzaklaştırılması için yapılan ısıtma işlemidir. Pişmiş kil ile kireç taşlarının birleştirilmesi ile oluşturulan iri taneli malzemeye **klinker** denir. Klinkerin içeriğinde silikatlar, alüminatlar ve kalsiyum ferritler vardır. Döner fırından aşırı sıcak olarak çıkan klinker, çimentonun sertleşme özelliği için önemli bir bileşen olan **alit** (trikalsiyum silikat) oluşumunu sağlamak için ani olarak 100 °C'un altına kadar soğutulur.



Şema 3.5: Çimento üretimi akış şeması

Soğutucudan çıkan klinker; kalsiyum sülfat ve katkı malzemeleri katılarak öğütülür ve çimentoya dönüştürülür .Genellikle klinkerin öğütülme işleminde çimentonun katılaşma süresinin (priz süresi) uzatılması için alçı taşı ilave edilir.

Çimentonun üretilmesi için gerekli olan iki ana malzeme; klinker ve alçı taşıdır. Ancak katkı maddeleri kullanılarak farklı özelliklere sahip çimento türleri de üretilebilmektedir. Üretilecek çimento türüne göre katkı olarak uçucu kül, yüksek fırın cürufu, silis dumanı, kalker, puzolan (silisli-alüminli bağlayıcı özellik kazanabilen madde) ve benzeri malzemeler kullanılır. İlave edilen katkı malzemelerine göre çimentolar; puzolanik, kompozit, yüksek fırın cüruflu, portlant çimento gibi isimler alır. Belirli miktarda alçı taşı katılarak öğütülen klinkere **portland çimentosu** denir.

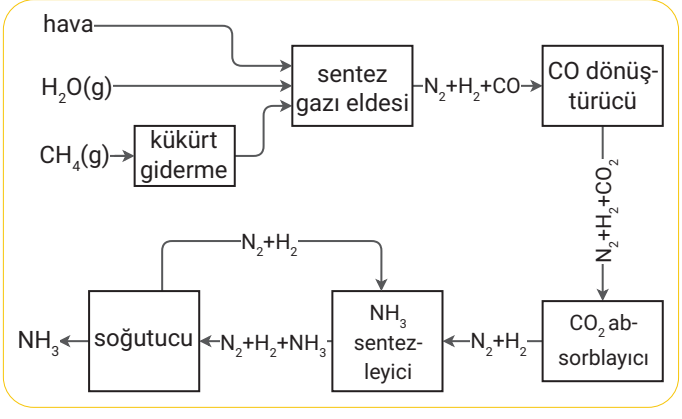
3.4.6. Amonyak Sentezi

Amonyak, atmosfer basıncında -33,4 ^{o}C sıcaklıkta kaynayan keskin kokulu zehirli bir gazdır. Su içinde iyi çözünür. Sulu çözeltisi baziktir. Üretilen amonyağın bir kısmı üre, boyar madde, patlayıcı, ilaç eldesinde; büyük bir kısmı ise gübre ve nitrik asit üretiminde kullanılır. Bazı temizlik ürünleri amonyak içerir. Sanayileşmiş ülkelerde yaşayan insanların vücudunda bulunan azotun %40'ı, kimya endüstrisinde üretilen amonyaktan gelmektedir. Amonyak içeren gübrelerin bitkiler tarafından kullanılması sayesinde azot insan vücuduna girer.

Günümüzde amonyak; azot ve hidrojenden $N_2(g) + 3H_2(g) \rightleftharpoons 2NH_3(g)$ denklemine göre sentezlenmektedir. Amonyağın, elementlerinden sentezi ilk kez Le Chatelier (Lö şatöli) tarafından önerilmiş, endüstriyel ölçekli üretim ise Fritz Haber (Fırıts Heybı) tarafından 1908 yılında gerçekleştirilmiştir. Amonyak üretimi ile ilgili çalışmaları nedeniyle Fritz Haber 1918'de, Carl Bosch (Karl Boş) ise 1931'de Nobel Kimya Ödülü'nü almıştır. 2007 Nobel Kimya Ödülü ise amonyak oluşum mekanizmasını tam olarak açıklayan Gerhart Ertl'e (Gehart Ördıl) verilmiştir.

Amonyak üretimi için gereken azot gazı, atmosferden elde edilir. Hidrojen gazı ise fosil yakıtların su buharı ile etkileşimi sonucunda (reforming), suyun elektroliziyle veya klor alkali metodu ile elde edilebilir.

Şema 3.6'da metanın su buharı ile $CH_4(g) + H_2O(g) \rightarrow CO(g) + 3H_2(g)$ tepkimesinden elde edilen sentez gazı (CO-H_2 gazı karışımı) ile amonyak üretimine ait basitleştirilmiş akış şeması verilmiştir. Gaz karışımında bulunan karbonmonoksit, karbondioksit gazına dönüştürülerek absorblanır. Geriye kalan azot ve hidrojen gazı, demir katalizör içeren bir reaktörde yaklaşık 450 ^{o}C sıcaklık ve 200 atm basınç altında amonyağa dönüştürülür. Verim %6 civarındadır. Amonyak, reaktörden çıkan karışımın basınç altında soğutulmasıyla sıvılaştırılır ve ayrılır. Tepkimeye girmeden kalan azot ve hidrojen gazı tekrar reaktöre gönderilir.



Şema 3.6: Haber yöntemi ile amonyak sentezi akış şeması

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27536

8. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
AMONYAK ELDESİ

Güvenlik İşaretleri

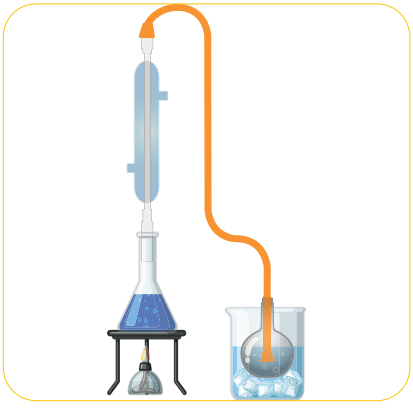
Amaç: Üre kullanarak amonyak çözeltisi elde etmek.

Araç gereç: Erlen, düz tabanlı cam balon, ısıtıcı (üç ayak, amyantlı tel, bunzen beki), bunzen mesnedi ve bağlama parçaları, soğutucu, plastik hortum, buz banyosu, terazi, mezür.

Kimyasal maddeler: Üre, sodyum hidroksit, saf su.

Uygulamanın Yapılışı

1. Erlene 200 mL saf su, 90 gram üre koyunuz.
2. Aynı erlene çalkalayarak yavaş yavaş 120 gram sodyum hidroksit ekleyiniz. (Sodyum hidroksidin suda çözünmesi kuvvetli ekzotermik olduğu için işlemi dikkatlice yapınız.)
3. Amonyağı absorblamak için kullanılacak cam balona 100 mL saf su koyunuz ve ağırlığını ölçüp not ediniz.
4. Cam balonu buz banyosuna yerleştiriniz. (Cam balonda soğutulan su, amonyak gazını absorblamak için kullanılacaktır.)
5. Şekildeki damıtma düzeneğini kurarak ısıtıcıyı çalıştırınız. (Geri soğutucudan gelen plastik hortumun absorbsiyon balonunun en altına ulaştığından emin olunuz.)
6. Üre ve sodyum hidroksit eklediğiniz erlen içerisinde, $CO(NH_2)_2(suda) + 2NaOH(suda) \rightarrow Na_2CO_3(suda) + 2NH_3(g)$ tepkimesine göre amonyak gazı oluşacaktır.
7. Absorbsiyon balonunda oluşan hava kabarcıklarının miktarı azaldığında ısıtıcıyı kapatınız.
8. Absorbsiyon balonunu buz banyosundan çıkararak kuruladıktan sonra tartınız.
9. Kütle farkını hesaplayarak kaç gram amonyak absorbladığınızı belirleyiniz. Elde ettiğiniz amonyak çözeltisinin kütlece yüzde derişimini hesaplayınız.



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Deney düzeneğini hazırlar.	20	15	10	5
3	Absorbsiyon işlemini gerçekleştirir.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

3.4.7. Kimyasal Gübreler

Bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için gerekli elementleri içeren anorganik tuzlardır (Görsel 3.8). Yoğun tarımsal faaliyetler, topraktaki bazı minerallerin giderek azalmasına neden olur. Tarımın verimli şekilde sürmesi için azalan minerallerin toprağa geri kazandırılması gerekir. Yapılan deneyler bitkilerin en çok azotlu, fosfatlı, potasyumlu ve magnezyumlu maddelerden faydalandığını ortaya çıkarmıştır.

Görsel 3.8: Kimyasal gübre

Basit gübreler, bitkinin ihtiyacı olan sadece bir minerali içerir. **Çift ya da üçlü gübreler** ise sırasıyla iki ve üç farklı mineral bulundurur. Bitkinin ihtiyaç duyduğu tüm mineralleri uygun oranlarda içeren gübrelere ise **tam gübre** denir. Tam gübreler, sırasıyla, içerdikleri N, P ve K yüzdeleri belirtilerek piyasaya sunulur. Örneğin 16-8-24'lük tam gübre; %16 N, %8 P_2O_5 ve %24 K_2O içerir. Bitkilerin çok az miktarda gereksinim duyduğu bor, mangan, çinko, bakır, demir, molibden gibi elementleri içeren gübrelere ise **mikro gübre** denir. Mikro gübreler çok az miktarda katkı olarak kullanılır.

Çift, üçlü ya da tam gübreler hazırlanırken bileşenler gelişigüzel karıştırılmaz. Örneğin süperfosfat, kalsiyum siyanamidle karıştırılırsa oluşan nötralleşme tepkimesi nedeniyle fosforun çözünürlüğü azalır. Bileşenler arasında oluşabilecek kimyasal etkileşimler dikkate alınır ve uyumlu bileşenler uygun oranda karıştırılır.

Günümüzde kimyasal gübre üretimi kimya endüstrisi için oldukça önemlidir. Çünkü kimyasal gübreler çok büyük miktarlarda üretilmektedir.

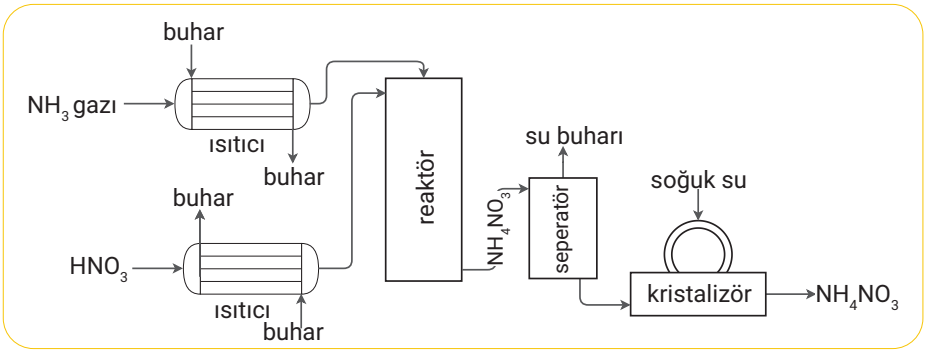
Azotlu Gübreler

Azotlu gübrelerde, azot ya amonyum (NH_4^+) katyonu ya da nitrat (NO_3^-) anyonu şeklinde bulunur. Bazı azotlu gübrelerde bu iki iyon bir arada bulunabilir. Nitrat iyonları bitkiler tarafından çok hızlı alınırken amonyum iyonları yavaş alınır. Azotlu gübreler suda iyi çözünür. Bu durum gübrenin bitki tarafından kolayca alınabilmesini sağlasa da gübrenin şiddetli yağmurlarla toprağın derinliklerine sürüklenmesine de sebep olur. Gübrenin çözünmesini yavaşlatmak için gübre toz hâlde değil, granül hâlde üretilir ve kullanılır.

Azotlu gübreler sodyum, potasyum ve kalsiyum nitratlar; amonyum tuzları, kalsiyum siyanamid ve üre formunda üretilir.

Sodyum hidroksit ve kirecin seyreltik nitrik asit ile tepkimesinden sodyum ve kalsiyum nitrat elde edilir. Potasyum nitrat ise $KCl(suda) + NaNO_3(suda) \rightarrow KNO_3(k) + NaCl(suda)$ tepkimesine göre çözelti derişimi ve sıcaklığı ayarlanarak potasyum nitratın çöktürülmesi ile elde edilir.

Amonyum nitrat, yüksek oranda azot içeren (%33-35) bir gübredir.
$NH_3(g) + HNO_3(suda) \rightarrow NH_4NO_3(suda)$ tepkimesinden elde edilir. Tepkime ekzotermiktir. Tepkimede açığa çıkan ısı, amonyum nitrat çözeltisinin buharlaştırılması için kullanılır. Şema 3.7'de amonyum nitrat üretimine ait basitleştirilmiş akış şeması verilmiştir.



Şema 3.7: Amonyum nitrat üretimi akış şeması

Toz hâldeki amonyum nitrat bekletildiğinde birbirine yapışarak sert bir yapı oluşturur (pekleşme). Ayrıca saf amonyum nitrat kendiliğinden patlayabilen tehlikeli bir kimyasaldır. Amonyum nitratı güvenli hâle getirebilmek için içerisine bazı katkı maddeleri eklenebilir.

? Meraklısına

1921 yılında Almanya'nın Ludwigshafen kentinde bulunan amonyak fabrikasının deposundaki 400 ton amonyum nitrat gübresi patlamıştır. Kazada çok sayıda insan hayatını kaybetmiştir. Amonyum nitratın sebep olduğu bu kazanın sonunda Alman toplumu gerekli tedbirleri almıştır. Günümüzde Almanya'da saf amonyum nitratın gübre olarak kullanımı yasaktır.

Büyük miktarda amonyum nitratın depolandığında kendiliğinden pekleşerek ısındığı ve $NH_4NO_3(k) \rightarrow N_2O(g) + 2H_2O(g)$ tepkimesine göre ayrıştığı bilinmektedir. Tepkime ekzotermik olduğu için artan sıcaklık çok daha ekzotermik $N_2O(g) \rightarrow N_2(g) + 1/2O_2(g)$ tepkimesine neden olur. İyice artan sıcaklık, tüm amonyum nitratın yüksek sıcaklık üreterek gaz hâline dönüşmesine ve patlamalı kazalara sebep olur. Günümüzde amonyum nitratın patlamasına sebep olan bu mekanizma iyi bilinmektedir.

4 Ağustos 2020 günü Beyrut Limanı'nda çok büyük bir patlama meydana gelir. Patlamanın meydana geldiği alanda 140 metre genişliğinde bir krater oluşur. Patlama noktasına 9 km uzaklıkta bulunan havaalanındaki camlar kırılır, şehrin büyük kısmı tahrip olur. Patlamanın 3,3 büyüklüğünde bir sarsıntıya sebep olduğu ve patlama sesinin Beyrut'tan 240 km uzaktaki Kıbrıs'tan duyulduğu rapor edilir. İlk şok atlatıldığında Liman'da 2013 yılından beri bekleyen bir gemideki 2750 ton amonyum nitratın patladığı anlaşılır. İşin garip tarafı Beyrut Liman İşletmesi, tamirat için limana giren gemi, amonyum nitrat taşıdığından ve bu madde tehlikeli olduğundan gemiye 2014 yılında el koyar. Ancak gerekli önlemleri almaz. Gemi sahibi ve mürettebatı gerekli yasal sorumluluklarını yerine getirmemek için gemiyi terk eder ve olay hukuksal bir çıkmaza girer. Sonraki altı yıl boyunca geminin yasal durumu hukukçular arasında sabırla tartışılır.

Görünen o ki kimya yasaları hukukçular kadar sabırlı değildir(!). Büyük bir kaza ile sonuçlanan ihmaller dizisi bir kez daha bilimsel düşüncenin önemini insanlara hatırlatır.

Amonyağın sülfürik asit ile tepkimesinden elde edilen amonyum sülfat, amonyum içeren diğer bir gübredir. Ayrıca amonyum sülfat, nispeten ucuz bir malzeme olan alçı taşından da $CaSO_4(k) + CO_2(g) + H_2O(s) + 2NH_3(g) \rightarrow (NH_4)_2SO_4(suda) + CaCO_3(k)$ tepkimesine göre elde edilebilir. Bu yöntem ülkemizde de uygulanmaktadır.

Üre, tuz olmayan azotlu bir maddedir. Toprakta yavaşça bozunarak amonyum iyonu oluşturur. Üre sentezi iki basamakta gerçekleşir. Amonyak ve karbondioksitten $2NH_3(g) + CO_2(g) \rightarrow NH_2COONH_4(k)$ tepkimesine göre ilk basamakta amonyum karbaminat meydana gelir. İkinci basamakta amonyum karbaminat $NH_2COONH_4(k) \rightarrow (NH_2)_2CO(k) + H_2O(s)$ tepkimesine göre bozunarak üre oluşur.

Üre elde etmek için kalsiyum siyanamid de kullanılmaktadır. Kalsiyum siyanamid kullanıldığında ilk basamakta $CaCN_2(k) + CO_2(g) + H_2O(s) \rightarrow H_2CN_2(suda) + CaCO_3(k)$ tepkimesine göre siyanamid elde edilir. Siyanamid, asidik ortamda $H_2CN_2(suda) + H_2O(s) \rightarrow (NH_2)_2CO$ tepkimesine göre hidroliz olarak üreye dönüşür.

Fosfatlı Gübreler

Fosfor ve fosfor bileşiklerinin üretimindeki en önemli ham madde fosfat kayalarıdır. Dünya üzerinde pek çok yerde fosfat cevheri bulunur. Cevher açık ya da kapalı madencilik yöntemleri ile çıkarılır. Zenginleştirilerek işlenir. Ayrıca hayvan kemikleri, çelik üretiminde açığa çıkan cüruflar da fosfat üretiminde kullanılabilir.

Fosfat kayasında fosfat, $Ca_3(PO_4)_2$ formundadır ve suda çözünmez. Fosfatlı gübreler, fosfat kayasının çözünür tuzlara dönüştürülmesi ile elde edilir. Fosfat kayasının asitlerle (sülfürik asit) etkileşimi sonucunda oluşan primer kalsiyum fosfat $[Ca(H_2PO_4)_2]$ ve sekonder kalsiyum fosfat $[Ca_2H_2(PO_4)_2]$ tuzları suda çözünür. Fosfat kayası aşırı sülfürik asitle muamele edilirse fosforik asit (H_3PO_4) elde edilir. Fosforik asit, nötralleştirilerek gübre üretiminde kullanılabilir. Ayrıca fosfat cevherinden elektrotermal yöntemlerle elementel fosfor da elde edilebilir.

Fosfat gübreleri; normal süper fosfat, triple süper fosfat, amonyum fosfatlar, nitro fosfatlar ve kompoze fosfatlar (azot, fosfor, potasyum ve magnezyum içeren gübreler) şeklinde piyasaya sunulur.

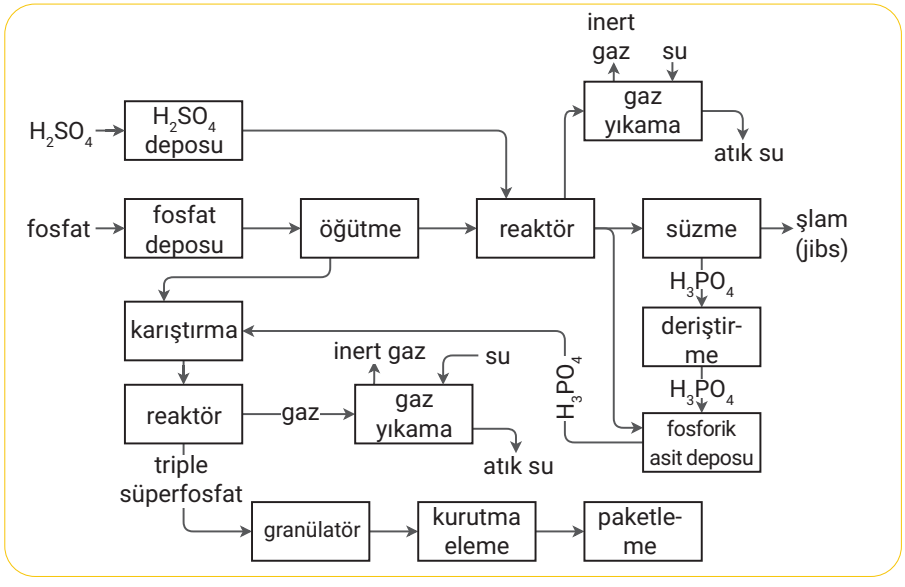
Süper fosfat ya da **normal süper fosfat**; primer kalsiyum fosfat hidratı $[Ca(H_2PO_4)_2.H_2O]$ ve kalsiyum sülfat hidratı ($CaSO_4.1/2H_2O$) içeren gri renkli bir tozdur. Doğal fosfat kayası ve sülfürik asitten $3Ca_3(PO_4)_2(k) + 6H_2SO_4(s) + 6H_2O(s) \rightarrow 3Ca(H_2PO_4)_2.H_2O(k) + 6CaSO_4.1/2H_2O(k)$ tepkimesi ile elde edilir.

Diğer fosfatlı gübrelere göre daha ucuzdur. Ancak içerisindeki kalsiyum sülfat ve diğer safsızlıklar fosfat oranını düşürür. Normal süper fosfatta fosfat oranı %20'den düşüktür.

Triple süper fosfat; normal fosfat kayası ve derişik fosforik asitten

$Ca_5F(PO_4)_3(k) + 7H_3PO_4(suda) + 5H_2O(s) \rightarrow 5Ca(H_2PO_4)_2.H_2O(k) + HF(g)$ tepkimesiyle elde edilir.

Fosforik asit ise fosfat kayası ile sülfürik asit tepkimesinden ya da elementel fosforun yakılması ile elde edilir. Triple süper fosfat %40-50 oranında fosfat içerir. Normal süper fosfata göre daha pahalı olmasına rağmen faydalı kütle oranının yüksek olması, taşıma maliyetlerinden tasarruf edilmesini sağlar. Şema 3.8'de triple süperfosfat üretimine ait basitleştirilmiş bir akış diyagramı verilmiştir. Bu yöntemin ilk aşamasında fosfat kayasının bir kısmı sülfürik asit ile tepkimeye sokularak fosforik asit üretilmektedir.



Şema 3.8: Triple süper fosfat üretimi için akış şeması

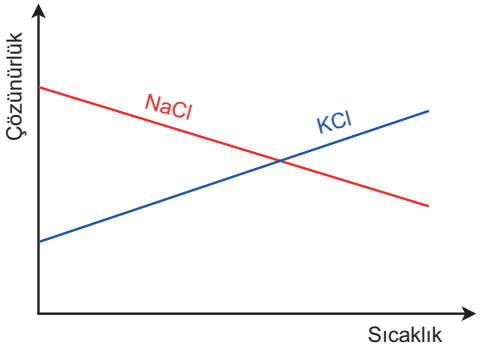
Amonyum fosfatlar hem azot hem de fosfat içeren gübrelerdir. Monoamonyum fosfat (MAP), fosforik asit ve amonyaktan $H_3PO_4 + NH_3 \rightarrow NH_4H_2PO_4$ tepkimesine göre elde edilir. Diamonyum fosfat (DAP) ise monoamonyum fosfat ve amonyaktan $NH_4H_2PO_4 + NH_3 \rightarrow (NH_4)_2HPO_4$ tepkimesine göre elde edilir.

Potasyumlu Gübreler

Yaygın adı potas olan bu gübreler, potasyum tuzlarıdır. Potas mineralleri, okyanusla bağlantısı kesilen denizlerin ve tuzlu göllerin buharlaşması ile oluşmuştur. Ayrıca alüminyum içeren minerallerin içerisinde de potasyum bulunur. Deniz suyunda ise potasyum miktarı oldukça düşüktür.

Potasyum tuzu çeşitli madencilik yöntemleri ile kuyulardan veya göl ve denizlerdeki tuzlalarda tuz çöktürüldükten sonra kalan, atık salamura suyundan elde edilir. Elde edilen potasyum tuzu genellikle potasyum klorürdür. Potasyum klorür, talebe göre potasyum sülfat ve potasyum nitrata dönüştürülür.

Madenlerden elde edilen potaslı mineraller, potasyum yanında magnezyum ve sodyum da içerir. Mineraller önce kaynar suda çözünür. Çözelti buharlaştırılıp deriştirilir ve soğutulursa KCl kristallenerek ayrılır. Grafik 3.1'de NaCl ve KCl tuzlarının bir arada çözünmesi durumundaki çözünürlükleri gösterilmiştir. Bu iki tuz aynı çözeltide çözündüğünde çözünürlük davranışlarının normalden farklı olduğu gözlemlenir. Grafik incelenirse çözelti sıcaklığı azaldıkça NaCl çözünürlüğünün arttığı, KCl çözünürlüğünün azaldığı görülür. Bazı tesislerde ise potas mineralleri öğütülerek sıcak ve sodyum klorüre doygun çözelti ile karıştırılır. Çözeltinin soğutulması ile KCl kristallenir. Elde edilen KCl %90 saflıktadır. Doğrudan gübre olarak kullanılabilir.



Grafik 3.1: Aynı çözeltide bulunan NaCl ve KCl tuzların çözünürlüklerinin sıcaklıkla değişimi

Potasyum sülfat, potasyum klorür ve sülfürik asitten
$2KCl(k) + H_2SO_4(suda) \rightarrow K_2SO_4(suda) + 2HCl(g)$ tepkimesiyle elde edilir. Aynı zamanda Hargreaves yöntemi ile potasyum klorür ve SO_2 gazından
$2KCl(k) + SO_2(g) + 1/2O_2(g) + H_2O(s) \rightarrow K_2SO_4(suda) + 2HCl(g)$ tepkimesine göre de elde edilir. Tütün ve patates gibi klor sevmeyen bazı bitkiler için potas kaynağı olarak potasyum klorür yerine kullanılır.
Potasyum nitrat, klor içermeyen potaslı gübre türüdür. Potasyum klorür ve nitrik asitten $4KCl(k) + 4HNO_3(suda) + O_2(g) \rightarrow 4KNO_3(suda) + 2Cl_2(g) + 2H_2O(s)$ tepkimesine göre elde edilir. Sodyum, kalsiyum ve magnezyum nitratların potasyum klorür ile yer değiştirme tepkimesiyle de elde edilebilir. Potasyum yanında azot da içermesi önemli bir avantajıdır.

3.4.8. Anorganik Pigmentler

Pigmentler, çoğunlukla yüzey örtme işlemlerinde kullanılan, suda çözünmeyen, renkli, organik veya inorganik maddelerdir. (Görsel 3.9). Bu bileşikler, doğal olabileceği gibi yapay da olabilir. Kimya endüstrisi tarafından üretilir ve büyük bir kısmı boya üretiminde kullanılır.

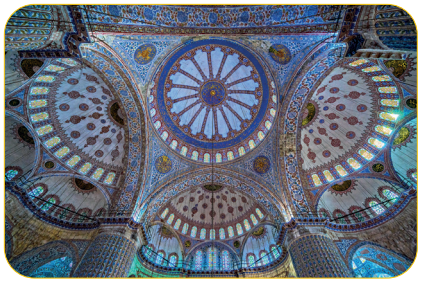
Görsel 3.9: Değişik renklerde pigmentler

Boya, koruyucu ve dekoratif amaçla yüzeylere uygulanan maddedir. Uygulandığı yerde ince bir film tabaka oluşturur. İçeriğinde beş temel bileşen bulunur. Boya üretiminde kullanılan bileşenler, kullanılma amaçları ve bu bileşenlerin bazı örnekleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4: Boya Bileşenleri

Bileşen	Kullanım Amacı	Örnek
pigment	Boyaya rengini veren ve örtücü özellik kazandıran maddelerdir.	TiO_2, kırmızı demir oksit, prusya mavisi, alizarin, indigo
bağlayıcı	Boya bileşenlerini birbirine bağlar. Kuruma süresi ve dayanıklılık gibi özelliklerini belirler. Boyanın türünü de (yağlı boya, su bazlı boya) belirler.	binder, alkid, doğal ve sentetik reçineler
dolgu malzemesi	Boyaya hacim ve yoğunluk kazandırır.	talk, kaolin, barit, kalsit
çözücü	Boyanın kolayca uygulanabilmesi için diğer bileşenlerin içerisinde dağıldığı sıvı fazdır.	su, ketonlar, aromatikler, alkoller, glikol eter ve esterleri
diğer katkı maddeleri	Kabuk önleyici, köpük kesici, kurutucu ve çökmeyi engelleyen maddelerdir.	kobalt, mangan, çinko naftanatlar, rezinatlar, ftalik asit oktil esteri

Her renkli bileşik, pigment olarak kullanılamaz. İyi bir pigment suda ve yağlarda çözünmemeli, opak (ışık geçirmez) olmalı, sürüldüğü yüzeyi kaplamalı, yüzeyden kolayca sıyrılmamalı ve ucuz olmalıdır. Pigment sayesinde elde edilen renk; oksijen, diğer aşındırıcı gazlar ve ışık etkisi ile solmamalıdır.Ayrıca bir pigmentin zehirsiz ve inert olması istenir.



Görsel 3.10: Sultan Ahmet Camisi Çinileri

Bazı anorganik pigmentler, doğadan hazır olarak elde edebildikleri için çok eskiden beri bilinmektedir. Işık, sıcaklık ve kimyasal aşındırıcılara organik pigmentlerden daha dayananıklıdır. Örneğin Sultan Ahmet Camisi'nin çinileri 400 yıldan uzun süredir canlı renklerini korumaktadır (Görsel 3.10).

Anorganik pigmentler genellikle metallerin oksit, sülfür, silikat, sülfat ve karbonatlı bileşikleri ile bazı durumlarda bu bileşiklerin hidratlarından oluşur. Pigmentler beyaz ve renkli olmak üzere iki grupta incelenir. Bunların dışında metalik, manyetik ve lüminesans pigmentler de vardır.

Beyaz Pigmentler

Günümüzde beyaz pigmentlerin tamamı sentetik olarak üretilir. Bilinen en eski beyaz pigment, **üstürbeç**tir ($PbCO_3$). Kurşun içerdiği için çok zehirlidir. Günümüzde kullanılmamaktadır. Eskiden çok kullanılan **çinko oksit** (ZnO) de pigment olarak önemini kaybetmektedir. Bir diğer beyaz pigment **litopon**dur ($BaSO_4$.ZnS). Günümüzde en çok kullanılan beyaz pigment ise **titandioksit**tir (TiO_2).

Titandioksit, örtme gücü yüksek ve ucuz bir pigmenttir. Doğal minerallerin (ilmenit, rutil) işlenmesi ile elde edilir. Boya üretiminin dışında kâğıt, plastik ve ilaç üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılır.

Renkli Pigmentler

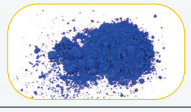
Demir, krom, molibden, kadmiyum gibi metallerin bileşikleri değişik renklerde pigmentler oluşturur. Renkli pigmentlerin bazıları doğal minerallerin madenciliği ile elde edilir. Örneğin **ombra boyası** ya da **umber** (Fe_2O_3 ve MnO_2 içeren bir mineral) Kıbrıs adasında geniş çöküntüler hâlinde bulunur. Madencilik yöntemleri ile çıkarılır ve kalsine edilerek satılır. Günümüzde tüm renkli pigmentler sentetik yollarla elde edilebilmektedir.

Anorganik pigmentlerin rengi, bileşiğin formülünün yanında bileşiğin kristallenme şekline de bağlıdır (Görsel 3.11). Örneğin α-Fe_2O_3 eşkenar dörtgen formunda kristallerden oluşur ve rengi kırmızıdır. Bu pigment kırmızı Akdeniz toprağına (terra rossa) ve Mars gezegenine de rengini verir. γ-Fe_2O_3 kristalleri ise kübiktir ve kahverengidir. Sentetik olarak üretilen pigmentlerin istenilen biçimde kristallenmesi için üretim safhasında aşı kristalleri kullanılır. Pigmentlerin tanecik boyutu ve katkı maddeleri ile ayarlanan pH derecesi de renk tonunu değiştirir.

Görsel 3.11: Demir oksit mineralleri ile farklı renklere bürünmüş doğal kaya oluşumu

Bazı renkli pigmentler tablo 3.5'te verilmiştir.

Tablo 3.5: Anorganik Pigment Örnekleri

Ana Grup	Pigment	Renk	Görsel
demir oksitler	α-FeOOH	demir oksit sarısı	
	γ-FeOOH	portakal sarısı	
	α-Fe_2O_3	kırmızı	
	γ-Fe_2O_3	kahverengi	
	Fe_3O_4	siyah	
kromatlar	$Pb(Cr, S)O_4$	sarı	
	$PrCrO_4.PbO$	kırmızı	
ultramarin pigmentleri	$Na_8(Al_6Si_6O_{24})S_x$ (Renk S_x bileşimine bağlıdır.)	mavi	
		mor (viole)	
kadmiyum	CdS	sarı	
ferrosiyanat	$Na[Fe^{2+}Fe^{3+}(CN)_6]xH_2O$	mavi (Prusya mavisi)	
krom(III) oksit	Cr_2O_3	yeşil	

Metalik Pigmentler

Alüminyum, bakır, bronz gibi metal ve alaşımların minik pul şeklindeki, milimetre ya da mikrometre çapında parçacıklarından oluşur. Özel renkleri, yüksek örtücülükleri ve dayanıklılıkları sebebiyle tercih edilir.

Boyalarda, matbaa mürekkeplerinde, plastiklerde, otomobil cilalarında ve astar boyalarda kullanılır.

Manyetik Pigmentler

Eskiden kullanılan teyp bantları ve disketler, günümüzde bilgisayarlarda veri depolayan sabit diskler; demir, demir oksitler, krom(IV) oksit gibi manyetik parçacıklar sayesinde üretilir. Manyetik parçacıklar (pigmentler), lazer yazıcı ve fotokopi makinesi toneri üretiminde de kullanılır. Kristal yapıları ince ve uzundur.

Lüminesans Pigmentler

Genellikle renksiz oksitler (ZnO, $CaWO_4$, Y_2O_3, Zn_2SiO_4, vb.) ve Sb^{3+}, Pb^{2+}, Eu^{3+}, Tb^{3+} gibi metal iyonlarını içeren bileşiklerin yüksek sıcaklıklarda ısıtılması ile elde edilir. Metal iyonları **aktivatör,** renksiz oksit bileşikleri ise **fosfor bileşimi** olarak adlandırılır.

Lüminesans pigmentler, yüksek enerjiyi bünyelerinde depolar ve daha sonra görünür bölgede ışıma olarak yayımlar. Floresan lambalar, eski model televizyon ekranları (tüplü televizyon), katot ışını tüpleri, radar ekranları gibi araçların üretiminde kullanılır. Lüminesans pigmentlerle karanlıkta ya da UV ışık altında parlayan floresans boyalar da üretilmektedir (Görsel 3.12).

Görsel 3.12: Floresan pigment içeren boyalar

3.4.9. Kimya Endüstrisinde Yenilikçi Yaklaşımlar ve Modern Ürünler

Kimya endüstrisi, en yenilikçi ve en hızlı büyüyen sektörlerden biridir. Kimya endüstrisinde oluşturulan ürünlerin çoğu diğer endüstriler tarafından da kullanılmaktadır. Giderek daha hızlı hesaplamaların yapılabildiği sistemler, otomatik laboratuvar setleri, hassas sensörler kimya alanındaki yenilikleri artırmakta, uygulamaları kolaylaştırmaktadır.

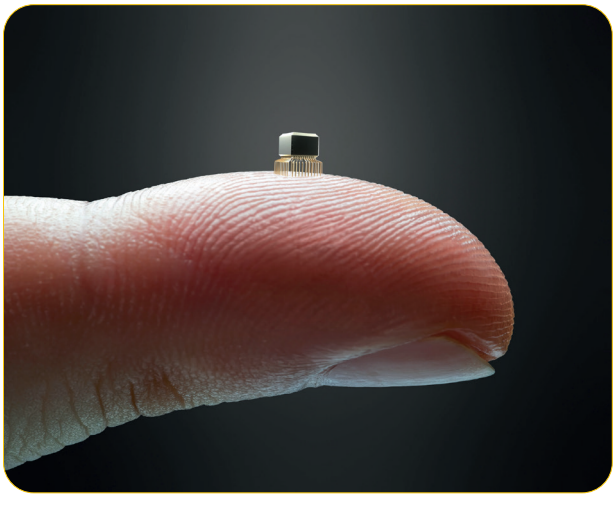
Biyoteknoloji alanındaki gelişmelere kimyagerlerin ve kimya mühendislerinin çok büyük katkısı vardır. Kimyagerlerin geliştirdiği araçlar, buldukları yeni tepkimeler ve tepkime kontrolleri, ürettikleri nano boyutlu madde ve malzemeler sayesinde biyoteknoloji hızla gelişmektedir.

Endüstrinin gelişerek çevre kirleticilerini artırması, canlı sağlığı ve ekoloji üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır. Bilim insanları; küresel iklim değişiklikleri, su kaynaklarının,

atmosferin kirlenmesi, mikroplastik kirlenmeler gibi tehditlerle baş edebilmek için daha yeni ve etkin çalışmalar yapmak zorunda kalmaktadır. Bu konuda kimya bilim insanları devreye girerek geri dönüşüm, arıtma, yeni enerji kaynakları, enerji tasarrufu, zararsız üretim prosesleri üzerinde çalışmalar yapmaktadır. Bu sayede çevreye zarar veren girişimlerin, doğayı katlederek elde edilen ham madde ve enerjinin, yenilenemez kaynakların tüketiminin önüne geçilmesi konusunda ümit veren gelişmeler ortaya çıkmaktadır. Özellikle ileri tasarım ve buluşlara açık olan kimyacılar, yenilikçi alanlara yönelmeye devam etmektedir. Kimyacılar, nanoteknoloji ve biyoteknoloji alanları ile mühendislik seramikleri, özellikli kimyasallar, süper iletkenler, mezo gözenekli ve kompozit ileri malzemelerin üretimi ile de ilgilenmektedir.

Nanoteknoloji

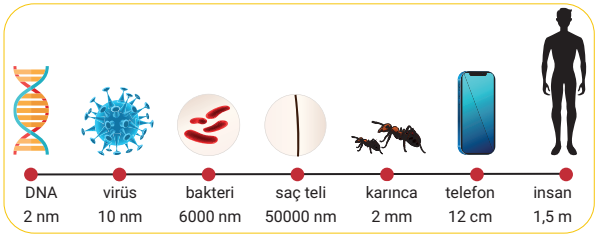
Kuantum mekaniği alanında Nobel ödülü alan Richard Feynman (Riçırd Faymın) 1959 yılında Kaliforniya Teknik Üniversitesinde "Aşağıda Çok Yer Var" isimli bir konuşma yaptı. Bu konuşmasında küçük boyutlarda çalışmaların yapılmasının öneminden bahsetti. Mikroskobik seviyede araçların, mikrobilgisayarların yapılabileceğini, moleküller arası etkileşimlerin bu boyutta öneminin büyük olduğunu anlattı. Santimetre boyutunda olan ve çalışabilen elektromotor yapabilen veya 24 ciltlik ansiklopedinin boyutunu elektron mikroskobu ile okunabilecek şekilde 25.000 kat küçültebilene 1000 dolar ödül vaat etti. Konuşmasında hiç nanoteknolojiden bahsetmemişti ama konuşmayı dinleyerek ciddiye alanların sayesinde nanobilimin temelleri atıldı. Nanoteknolojinin babası olarak da bilinen Feynman'ın ödül vereceğim dediği elektromotor projesi birkaç ay içinde yapıldı. Elektrik mühendisi McLellan (Meklalın) 250 mikrogram ağırlığında, dakikada 2000 devir yapabilen yaklaşık 0,3 mm uzunluğunda küp şeklinde bir motor üretti. "Nanoteknoloji" terimi ilk kez 1974 yılında Norio Taniguchi (Norio Tanuguçi) tarafından kullanıldı. 1985 yılında ise Feynman'ın konuşmasında ödül vaat ettiği nano kitap yapıldı. Stanford Üniversitesinde henüz lisansüstü eğitimde olan Tom Newman (Tom Nivmın), elektron ışınını kullanarak, Charles Dickens'in (Çarls Dikıns) İki Şehrin Hikâyesi adlı romanının ilk sayfasını 1/25.000 ölçeğinde küçülterek bir toplu iğnenin başına yazdı.



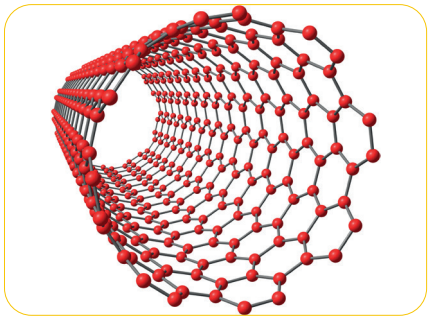
Görsel 3.13: Mikroçip

Feynman hayallerini söyledi ve bilim insanları yaptıkları çalışmalarla bu hayallerin çok ötesine geçti (Görsel 3.13).

Nanometre (nm) boyutuna yani metrenin milyarda birine inildi (1 nm = 10^{-9} m) ve klasik mekanik yasalarının geçerliliğini yitirdiği bu boyutta çalışmalar yapıldı (Görsel 3.14). Bakterilerden bile binlerce kat küçük boyutta nanoyapılar (nanotüpler vb.) inşa edildi (Görsel 3.15). Bu yapılara istenilen özellikler kazandırıldı ve bu özellikler yeni amaçlar için kullanılmaya başlandı. Atomik ve moleküler boyutta kimyasal süreçler kontrol altına alındı. Elektronik veya manyetik olağanüstü özelliklere sahip ürünler elde edildi. Kirlenmeyen, kendi kendini temizleyen yüzeyler, ıslanmayan, ütü istemeyen kumaşlar, süper iletkenler, hafif ve dayanıklı malzemeler üretildi.

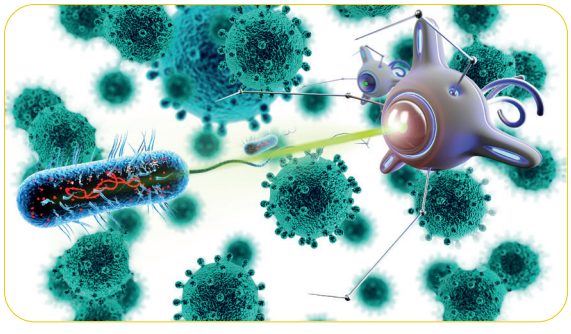


Görsel 3.14: Nanometre boyutunun karşılaştırılması



Görsel 3.15: Nanotüp

Bilim insanları, nano robotlarla (nanobot) tedavi ve kimyasal süreçleri konusunda araştırmalara devam ediyor (Görsel 3.16). Maddenin; atomik, moleküler hatta daha da alt boyutlarda kontrolü amacıyla aralıksız çalışıyor. Nano boyuta getirilen malzemelerin fiziksel birçok özelliğinin değişmesi ve kimyasal düzenlemeler yapılabilmesi, bu boyuttaki araştırmaların daha çok buluşları beraberinde getireceği konusunda ümitleri artırıyor.



Görsel 3.16: Nanobot

Mezogözenekli (Poröz) Malzemeler

Mezogözenekli malzemeler, çapı 2 ile 50 nm arasında gözenekler içerir. Malzemeler uluslararası literatürde (IUPAC) çaplarına göre;

mikrogözenekli malzeme < 2nm < mezogözenekli malzeme < 50 nm < makrogözenekli malzeme şeklinde sıralanır.

Mezogözenekli malzemeler sık ve dar gözenek boyutları ile geniş yüzey alanlarına sahiptir. Düşük toksisitesi, beraber kullanıldığı maddelerle uyumluluğu, önemli avantajlarındandır.

Son yıllarda mükemmel geçirgenliğe sahip, uzun kullanım ömrü olan, enerji absorblama özelliği yüksek mezogözenekli yapıların üretilmesine daha çok önem verildi. Kirletici maddelerin sudan uzaklaştırılması, gazların depolanması, enerji üretimi gibi çeşitli uygulamalarda mezogözenekli malzemeler kullanılmaya başlandı. Mezogözenekli katalizörler, filtreler, biyoreaktörler, sensörler, elektrotlar, ayrıştırıcılar, ısı değiştiriciler ve biyomalzemeler üretildi.

Karbon, mezogözenekli malzemelerin en önemlilerinden biridir. Mezogözenekli hâldeki karbonun temas yüzeyinin fazla olması enerji verimini artırır. Yakıt pili, güneş pili gibi enerji depolama amaçlı malzemelerde kullanılır. Aktif karbon da benzer şekilde, gözenekli yapısı ile yüzey alanı ve gözenek dağılımı sayesinde reaktifliği fazla, mekanik dayanıklılığı yüksek olan mezogözenekli malzemedir. Kimya, gıda, petrol, maden, nükleer, otomotiv sanayilerinde, atık gaz ve suların temizlenmesinde kullanılan önemli bir maddedir.

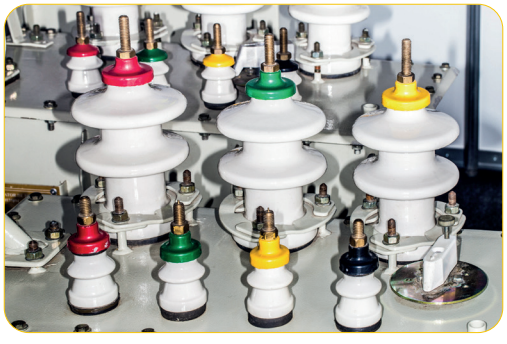
Günümüzde, mezogözenekli silika nanopartiküller (MSN), tüm mezogözenekli malzemelerin olumlu özelliklerini sağlamaları yanında "biyouyumlu" olmaları sayesinde "ilaç taşıma ve ilaç salım" sistemlerinde kullanılmaktadır. Bilim insanları, herhangi bir hastalığın tedavisi için sürekli ve belli zaman aralıklarında alınması gereken ilaçları, mezogözenekli silika nanopartiküllere yükleyerek laboratuvar ortamında bu ilaçların vücut sıvısında salınma (zamana karşı MSN'den salınan ilaç) miktarını incelemişler ve olumlu sonuçlar almışlardır. Böylece, yaşam boyu ve her gün alınması gereken ilaçların MSN'lerle birlikte bir kez alındıktan sonra yavaş yavaş ve yararlı miktarda vücuda salınması gerçekleştirilmiştir. Bu alandaki çalışmalar günümüzde yoğun bir şekilde devam etmektedir.

Katalizör özellikteki gözenekli zeolitler (iyon değiştirme ve adsorpsiyon özelliklerine sahip sulu alümino silikatlar); kirlilik kontrolü, enerji, tarım-hayvancılık, maden-metalürji gibi alanlarda kullanılmaktadır. Büyük moleküllerle gerçekleşen tepkimelerde katalizlerin gözeneklerinin mezo boyuta genişlemesi sağlanarak kütle transferlerinin, difüzyonun rahatlatılması üretim maliyetlerini önemli ölçüde düşürmüştür.

Mühendislik Seramikleri

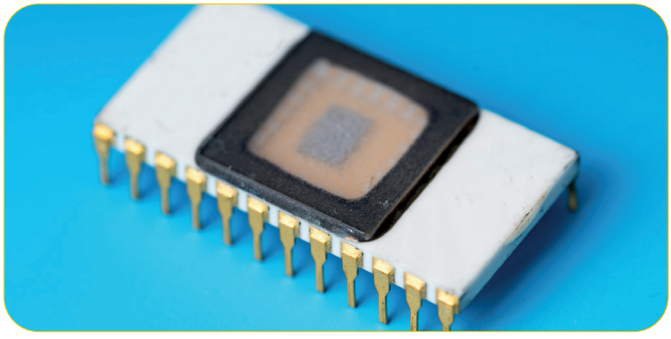
Sanayide kullanılan araçların tasarımı ve imalatı sırasında kullanılacak maddelerin kimyasal ve fiziksel özelliklerinin bilinmesi gerekir. Malzemelerin ısıya, korozyona, kullanılacağı ortam şartlarına dayanımları, aktiflikleri; elektrik ve ısı iletkenlikleri gibi özellikleri üretimden önce titizlikle araştırılır.

Seramikler, metal ve metal olmayan inorganik bileşikler içeren katı malzemelerdir. Tuğla, porselen, kiremit, refrakter (ısıya dayanıklı) tuğlalar, çanak-çömlek gibi yaygın kullanılan malzemeler seramik ailesindendir. Kimyasal bileşimleri ayarlanarak kırılgan, sert, basınçla sıkıştırılmaya, kimyasal ortama, yüksek sıcaklığa dayanıklı, ısı ve elektriğe karşı yalıtkan türde seramikler üretilebilmektedir (Görsel 3.17).



Görsel 3.17: Mühendislik seramikleri

Son yıllarda, mühendislik seramikleri diye bilinen ileri özellikli seramiklerin üretimi konusunda çalışmalar yapılmaktadır. Bu tür seramiklerde kil yerine genellikle alümina (Al_2O_3), zirkonya (ZrO_2), titanya (TiO_2) gibi oksitler veya karbürler, borürler, nitrürler ve silisitler gibi oksit olmayan bileşikler kullanılmaktadır. İleri seramiklerin kullanım alanlarına göre sertlik, iletkenlik, kimyasal olarak aktiflik gibi özellikleri kimyasal bileşimleri ile oynanarak ayarlanmaktadır (Görsel 3.18).



Görsel 3.18: Silikon seramik çip

Mühendislik seramikleri;

- yapı malzemelerinde (kaplamalar, borular, sağlık gereçleri),
- elektrik alanında (şalter ve sigorta parçaları, dirençler, termistörler, alçak-yüksek gerilim yalıtkanları),
- elektronik alanında (piezoelektrik seramikler, manyetik, dielektrik malzemeler, çipler),
- refrakter malzemelerde (ateşe dayanıklı silika, karbon tuğla, grafit, ateş çimentosu),
- aşındırıcı malzemelerde (zımpara taşları-tozları, sentetik elmas),
- biyoseramik malzemelerde (takma dişler, seramik kemikler, protezler),
- nükleer alanda (radyasyona karşı kullanılan betonlar, nükleer yakıt sistem seramikleri),
- mekanik alanda (otomotivde piston, rulman ve motor gövdesi),
- uzay çalışmalarında (ısı ve sürtünmeye dayanıklı kaplamalar, uçuş pist platformları),
- enerji iletimi sistemlerinde (süper iletken seramikler) kullanılmaktadır.

Kompozit İleri Malzemeler

Birden fazla değişik özelliklere sahip malzemenin birleştirilerek istenilen özelliklerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulan yeni tür malzemelere **kompozit malzeme** denir. Kompozit malzemeler homojen görünüme sahip olsalar da mikro ölçekte heterojendir.

Son yıllarda kompozit malzemelerin tasarım estetiğinin sağlanması, korozyona, kimyasal etkilere, ısıya ve basınca direncinin artırılması konusunda çalışmalar mikro seviyede yapılmaya başlandı. Malzemelerin, nano boyutlarda incelenmesi ve yeniden düzenlenmesi ile yüksek elektriksel iletkenliğe, yüksek dayanıklılığa, hafifliğe, kalıplama kolaylığına sahip olması sağlandı. Moleküler seviyede, malzemelerin yapısı ve karışımı dizayn edilerek daha kullanışlı ileri kompozit malzemeler yapıldı. Üretim maliyeti düştü.

Kimya sanayisindeki gelişmelerle birlikte üretilen yeni, daha kullanışlı ve dayanıklı kompozit malzemeler birçok alanda kullanılmaya başlandı. Deniz taşımacılığı, uzay çalışmaları, spor malzemeleri, bilgisayar, beyaz eşya, enerji üretimi, otomotiv, havacılık, raylı sistemler ve savunma sanayisi bu alanlardan bazılarıdır.

Süperiletkenler

Sıcaklık belli bir değerin altına düştüğünde elektrik akımına karşı direnç göstermeyen maddelerdir. Elektrik akımı, süperiletken özellikte bir malzemenin içinden hiçbir kaynaktan güç almadan geçer. 1911 yılında Onnes (Onış) iyice soğutulan katı cıvanın elektrik direncinin sıfırlandığını keşfetmiştir. Daha sonra aynı özelliği kurşun, niyobyum nitrat gibi çok sayıda başka malzemenin gösterdiği bulunmuştur.

Bütün maddeler süperiletkenliğe sahip değildir. Çoğu maddenin (altın, gümüş bakır vb.), sıcaklığın mutlak sıfıra (0 K) yaklaştığı durumlarda bile, direnci sıfıra düşmez. Metalin tamamen saf olmaması ve yapısındaki bozukluklar da maddelerin süperiletkenlik özelliği göstermesine engel olur. Bu yüzden günümüzde süperiletken malzemelerin üretimi için maddelerin yapılarında değişiklik yapılması ve bu sayede iletkenliğinin artırılması ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Geçmişte süperiletkenliğin çok düşük sıcaklıklarda gerçekleşebileceği düşünülüyordu. Günümüzde bilim dünyasında yapılan yeni çalışmalar daha yüksek sıcaklıklarda da süperiletken malzemelerin sentezlenebileceğini gösterdi. Süperiletkenler, günümüzde düşük sıcaklık ve yüksek sıcaklık süperiletkenleri olarak sınıflandırılmaya başlandı. Yüksek sıcaklık süperiletkenlerinin eldesinde yüksek basınç altında çalışmanın gerekmesi önemli bir sorun olarak görülmektedir. Süperiletkenlerin bu dezavantajının ortadan kaldırılması, yüksek basınç gerektirmeden oda sıcaklığında elde edilebilmesi için çalışmalar devam etmektedir.

Günümüzde süperiletkenler; elektronik, elektrik, sağlık, ulaşım ve iletişim gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Sağlık alanında kullanılan manyetik rezonans görüntüleme sistemlerinde (emar-MR), evreni anlamak için kullanılan parçacık hızlandırma deneylerinde de süperiletkenler kullanılmaktadır (Görsel 3.19).

Görsel 3.19: MR cihazı

Gemi, araç vb. için tasarlanan süperiletken motorların ve jeneratörlerin emsallerine göre verimliliği yüksek, kütleleri az ve hacimleri daha küçüktür.

Meraklısına

Geçmişten günümüze yolcu ve yük taşımada maliyetin ve yoğunluğun azaltılması, emniyetin sağlanması amacı ile ulaşımda trenlerin kullanımının yaygınlaştırılması üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bilim insanları, bu çalışmalar esnasında hızı artırma ve maliyeti düşürme konusunda yoğun araştırmalar yaptı. Sonuçta, hızı azaltan ve yakıt maliyetini artıran sürtünme kuvvetini en aza indiren, hızlı manyetik trenler yapıldı. Çok güçlü elektromıknatısların yardımı ile trenin rayla olan fiziksel irtibatı kesildi. Trenler, adeta uçak gibi, raylara temas etmeden yol almaya başladı. Bunun için geleneksel elektromıknatıslar yerine süperiletken elektromıknatıslar kullanıldı. Süperiletken magnetlerin daha hafif olması ve daha az güçle çalışması sayesinde trenler çok yüksek hızlara çıktı. Japonya'da hızı 603 km'ye ulaşan hızlı tren yapıldı.

Bu sistemde vagonlara yerleştirilen doğru akım süperiletken manyetik bobinler adeta süspansiyon görevi yapar. Bu bobinler levitasyon bobini olarak da bilinir. **Levitasyon**, bir cismi mekanik olarak desteklemeden havaya kaldırma ve dengeli konumda tutma işlemidir. Trenin hareketi ile birlikte bobinlerde akım meydana gelir ve trenin içerisindeki süperiletken magnetlerle arasında manyetik alan etkileşimleri oluşur. Bu sayede levitasyon başlar.

Kullanılan süperiletken magnetlerin dayanıklılıklarının artırılması ve maliyetlerinin düşürülmesi için araştırmalar devam etmektedir. Bu alandaki gelişmelerle hızlı trenlerin uçaklara rakip olacağı görülmektedir.

Teknik Gezi

Amaç: İşletmeleri gezerek organik ve anorganik madde üretim prosesleri hakkında bilgi sahibi olmak.

Araç gereç: Kalem, not defteri.

DİKKAT: İncelemelerinizi yapmak için gittiğiniz işletmedeki görevli personelden yardım isteyiniz.

Etkinliğin Yapılışı

1. İlinizde bulunan petrokimya, çimento, soda, deterjan, boya, gübre, tuz üretimi vb. alanlarda faaliyet gösteren işletmelerden birini belirleyiniz. Belirlediğiniz işletmeye öğretmeninizle beraber inceleme gezisi düzenleyiniz.
2. İşletme hakkında önceden bilgi toplayınız. Topladığınız bilgileri not ediniz.
3. Gezinin amacına ulaşması ve gezide neleri gözlemlemeniz gerektiğini bilmek için tesise gitmeden önce beşinci maddede verilen soruları okuyunuz.
   - Tesis içi güvenlik kurallarına uyunuz ve görevlilerden gereken yardımları alınız.
   - Yetkili kimyager, mühendis vb. kişilerden tesis hakkında bilgi alınız.
4. Tesis içinde yaptığınız gezi, inceleme ve uygulama anlarında edindiğiniz bilgi ve gözlemlerinizi not ediniz.
5. Notlarınızı inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a. **İnceleme yaptığınız tesiste, hangi alanda çalışma yapılmaktadır?**

.....

.....

b. **Üretimde hangi ham madde ve yardımcı kimyasallar kullanılmaktadır?**

.....

.....

c. **İşletme, üretim için gereken ham maddeleri ve yardımcı kimyasalları nereden temin etmektedir?**

.....

.....

ç. **Üretim sırasında kullanılan proses akım şeması konusunda bilgi toplayınız. Ham maddelerin ürüne dönüştürülme prosesinde hangi kimyasal ve fiziksel yöntemler kullanılmaktadır?**

.....

.....

d. **Üretim sonucunda tek çeşit ürün mü elde edilmektedir? Elde edilen ürün / ürünler nelerdir?**

.....

.....

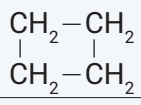
e. **Tesis eğer sizin olsaydı ham madde eldesi, üretim aşaması ve ambalajlama aşamalarında ne gibi yenilikçi tasarımlar yapardınız? Tartışınız.**

.....

.....

Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Aşağıda bazı hidrokarbonlar verilmiştir. **Bu hidrokarbonların karşılarına hangi grupta olduklarını yazınız.**

Hidrokarbon	Alkan / Alken / Alkin / Sikloalkan / Alkil Grubu
a) $CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$	
b) $CH_3 - CH_2 -$	
c) 	
ç) $CH \equiv C - CH_3$	
d) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_3$	

2. Bir çiftçi tarım arazisinde üst üste, toprağı dinlendirmeden ekim dikim yapıyor. Her geçen yıl toprağın verimi düşüyor ve alınan hasat azalıyor. Çiftçi, toprağın analizini yaptırdığında toprağın mineralce fakirleştiğini öğreniyor. Toprak analizi sonucunda bitkilerin en çok ihtiyaç duyduğu dört elementin azaldığı ortaya çıkıyor. **Çiftçi verimi artırmak için hangi elementleri içeren gübreleri kullanmalıdır?**

.....

.....

3. **Tuz kaynakları nelerdir ? Tuzlar hangi yöntemlerle elde edilmektedir? Kısaca açıklayınız.**

.....

.....

4. Petrolün yapısındaki uzun zincirli hidrokarbonlar, kraking yöntemiyle sanayide kullanılan kısa zincirli alkan ve alkenlere (olefinlere) dönüştürülmektedir. **Dönüştürmede kullanılan termal, katalitik ve hidrokraking yöntemi arasındaki fark nedir? Kısaca açıklayınız.**

.....

.....

5. Aşağıdaki tabloda bazı asitler ve kullanım alanları verilmiştir. **Buna göre verilen kullanım alanlarının karşılarına uygun olan asitleri yazınız.**

Kullanıldığı Alanlar	HNO_3 / HCl / H_2SO_4
a) Gıda sektöründe protein ve karbonhidratların hidroliz edilmesinde, klorürlü tuzların üretiminde kullanılır.	
b) Akülerde, gübre üretiminde, petrol arıtımında kullanılır. Organik sentezlerde ise etkili bir katalizördür.	
c) Altın ve gümüşü ayırmada, pirinç alaşımlarının yüzeyini temizlemede, azotlu gübrelerin üretiminde kullanılır.	

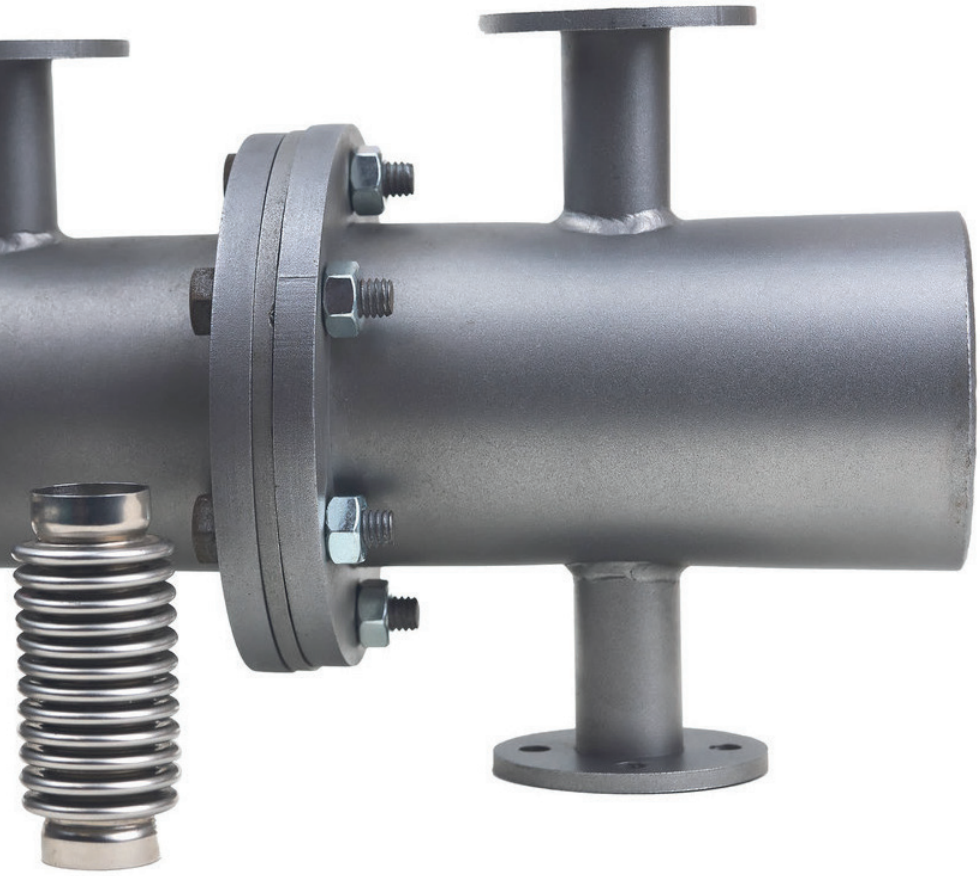
4.
ÖĞRENME BİRİMİ
ISITMA SİSTEMLERİNİN KONTROLÜ

KONULAR

4.1. ISI DEĞİŞTİRİCİ SİSTEMLER VE ISI KONTROLÜ
4.2. SERPANTİNLİ ISITMA SİSTEMLERİ
4.3. CEKETLİ ISITMA SİSTEMLERİ
4.4. ISI DEĞİŞTİRİCİ SİSTEMLERDE ÇEVRE DONANIMLARI

Kimyasal maddelerin doğrudan ısı kaynağına maruz bırakılması bozulmasına neden olabilir. Bu nedenle ısıtma işlemleri uygun ekipmanlar kullanılarak kontrollü biçimde yapılır. Günümüzde, sanayide ısıtma sistemlerinin kontrolünde ısı değiştirici adını verdiğimiz cihazlar; ısıtma, soğutma, buharlaştırma ve yoğuşturma sistemlerinde de kullanılır. Isı değiştiriciler evlerde kullanılan ısıtıcılarda, kimya ve petrokimya endüstrilerinde, termik santrallerde, iklimlendirme tesislerinde farklı tip ve kapasitelerde görülür.

Bu öğrenme biriminde ısı değiştiricilerinin çeşitlerini ve çalışma prensiplerini öğreneceksiniz.



HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

Evinizde ısınma ve ısıtma amaçlı kullandığınız araçlar nelerdir? Bu araçlarda sıcaklığı kontrol eden parçalar var mıdır? Araştırarak örnekler veriniz.

Çikolatanın eritilmesi için hangi yöntemin kullanıldığını araştırınız. Neden bu yöntemin kullanıldığını arkadaşlarınızla tartışınız.

4.1. ISI DEĞİŞTİRİCİ SİSTEMLER VE ISI KONTROLÜ

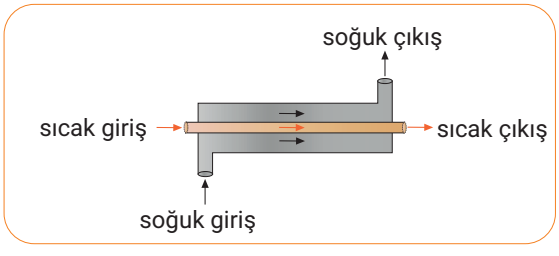
Kimya endüstrisinde çoğu zaman ısı transferini sağlamak, reaksiyon sonucunda açığa çıkan ısıyı kontrol altına alarak ortamı soğutmak gerekir. Bunun yanı sıra ham maddeleri belirli bir sıcaklığa getirmek de üretim aşamalarındandır. Isı değiştiricilerinin kullanılmasının amacı ısıyı kontrol altında tutmak, kimyasalların bozulmasını engellemek ve ısı enerjisinin verimli kullanılması ile tasarruf sağlamaktır. Kimyasalların aşındırıcı özellikleri de dikkate alınarak ısı değiştiricilerde kullanılacak alaşımlar belirlenir ve üretime en uygun tasarım yapılır. Kimya endüstrisinde çoğunlukla korozyona dayanıklı olan paslanmaz çelik tipleri, nikel, titanyum, zirkonyum ve tantal alaşımları kullanılır. Bazı ısı değiştiricilerin gövde-boru yapımında ise kimyasal maddelerin korozif özelliğinden etkilenmemesi ve ısı iletim katsayısının yüksek olması sebebiyle grafit kullanılır.

Isı değiştiriciler (eşanjörler); içinden geçen, birbirine temas etmeyen iki akışkan arasındaki ısı transferini sağlayarak soğutma ve ısıtma prosesleri için enerji tasarrufuna yardımcı olan araçlardır. Üretimlerde kullanılan farklı ısı transferi uygulamalarından dolayı çok farklı tiplerde ısı transferi aygıtları geliştirilmiştir. Isı değiştirici sistemlerde ısı transferi belli yüzeyler aracılığıyla sağlanır. Bu cihazların yüzey alanları mümkün olduğunca geniş tasarlanır.

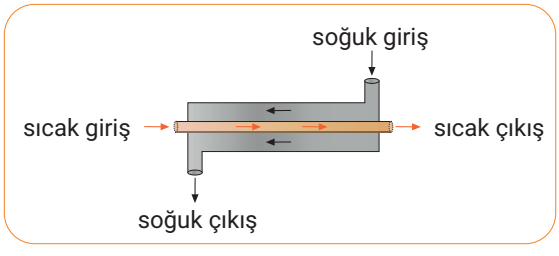
Isı değiştiricilerde ısı transferi üç basamakta gerçekleşir:

1. Sıcak akışkanın ısıyı bulunduğu sisteme aktarması
2. Isınan malzemenin ısıyı soğuk yüzeye iletmesi
3. Sıcaklığı artan yüzeyin ısıyı soğuk akışkana transfer etmesi ile soğuk akışkanın sıcaklığını artırması

Kullanılan en basit ısı değiştiriciler çift borulu ısı değiştiricilerdir. Çift borulu ısı değiştiriciler, birbiri ile temasta olan, çapları farklı iç içe iki borudan oluşur. İki yönlü akışa imkân verir: Aynı yönde akış, zıt yönde akış. Aynı yönlü akışta, sıcak ve soğuk akışkanın ikisi de ısı değiştiriciye aynı taraftan girer ve aynı yönde hareket ederek sistemden çıkar (Şekil 4.1a). Zıt yönlü akışta, sıcak ve soğuk akışkanlar ısı değiştiriciye ters taraftan girer ve zıt yönde hareket eder (Şekil 4.1b).



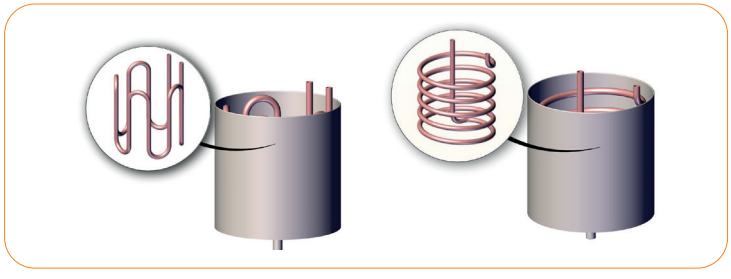
Şekil 4.1a: Aynı yönlü akışta ısı değiştirici



Şekil 4.1b: Zıt yönlü akışta ısı değiştirici

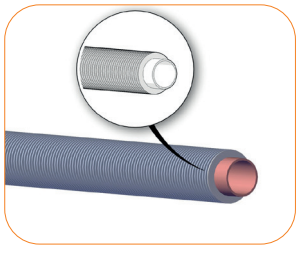
4.2. SERPANTİNLİ ISITMA SİSTEMLERİ

Serpantinli sistemler, içlerinde, ısıtılmış akışkan taşıyan borulardan oluşur. Boruların içerisinde sıcak su, kızgın buhar veya sıcak yağ dolaştırılır. Mühendislik uygulamalarında, serpantinli ısı değiştiriciler çok değişik biçimlerde tasarlanabilir. Kimya endüstrisinde kullanılanlar, genellikle reaktör ya da kazan içine daldırılmış borulardan ibarettir. Borular spiral ya da U şeklinde düzenlenebilir (Şekil 4.2). Kimya sektöründe serpantin üretiminde paslanmaz çelik, titanyum alaşımları, PTFE (teflon) kaplama tercih edilir. Korozif olmayan ortamlarda ve düşük basınçla çalışan sistemlerde ise yüksek ısı iletimi sebebiyle, bakır borular daha çok kullanılır.



Şekil 4.2: U tipi ve spiral serpantinli ısı değiştiriciler

Serpantinli ısıtıcılarda yüzey alanı daha geniş olduğu için kanatlı borular tercih edilebilir (Şekil 4.3). Ancak kanatlı borulardan imal edilen serpantinli ısıtıcıların temizlenmesi zordur. Bu nedenle katı parçacıklar içeren karışımlarda, korozif ortamlarda, tuz birikmesinin meydana geldiği yerlerde kullanımı uygun değildir.



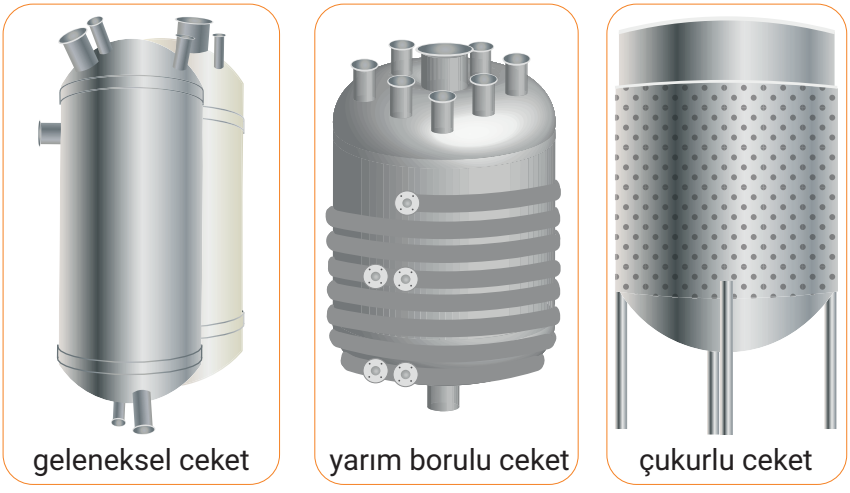
Şekil 4.3: Kendinden kanatlı boru

Serpantinli ısı değiştiriciler ceketli ısı değiştiricilere göre daha verimli çalışır. Ancak reaktörün / tankın içinde yer almaları sebebiyle aşındırıcı ortamlarda korozyona uğrar. Serpantinli ısı değiştiriciler reaktörün / tankın temizlenmesini ve sistemde karıştırıcı bulunuyorsa karıştırma işlemini zorlaştırır, akışa engel olur.

4.3. CEKETLİ ISITMA SİSTEMLERİ

Mühendislik uygulamalarında, ceketli ısı değiştiriciler çok değişik biçimlerde tasarlanıp farklı amaçlarla kullanılabilir. Kimya sektöründe ise yaygın olarak reaktör veya kazanların ısıtılmasında kullanılır. **Geleneksel ceketler,** reaktörü / kazanı dıştan saran ikinci bir kaptır. Geleneksel ceketlerde ceket içerisine yarım plakalar yerleştirilerek sıcak akışkan yönlendirilebilir. **Yarım borulu ceketler**, reaktörün / kazanın dış yüzeyine spiral biçiminde kaynak yapılmış yarım borulardan oluşur. Borular üzerinde farklı noktalara giriş ve çıkış bağlantıları eklenebilir. Bu sayede ceketin ısıtma verimi artar ve sadece o anda çalışması gereken belli bir kısmı çalıştırılabilir.

Çukurlu ceketler, geleneksel ceketlere benzer fakat belli noktalarında reaktörün / kazanın dış yüzeyine temas eden çukurlar oluşturulmuştur. Bu birleşme noktaları ısıtıcı akışkanı yönlendirir ve cekete mukavemet kazandırır. Çukurlu ceketler daha ince malzemelerden daha düşük maliyetle üretilir. Yüksek basınçla çalışan büyük boyutlu sistemlerde tercih edilir. Ceketlerin üretildiği malzeme ile reaktörün / kazanın üretildiği malzemenin genleşme katsayılarının aynı ya da birbirine yakın olması gerekir. Aksi hâlde ceketin birleşme noktalarında genleşmeden kaynaklanan gerilimler oluşur.



Şekil 4.4: Farklı türde ceketler

Ceketli ısıtıcılarda dış yüzeyden ısı kaybı olacağı için verimleri, serpantinli sistemlerden düşüktür. Ancak reaktörün / kazanın dışında yer almaları çok önemli bir avantajdır. Ceketli ısıtıcıların kullanıldığı reaktörün / kazanın temizliği kolaydır. Karıştırıcının çalışmasına engel oluşturmaz, reaktörün / kazanın içindeki korozif ortamdan etkilenmez. Piyasada en çok yarım borulu ve geleneksel ceketler tercih edilir. Şekil 4.4'te geleneksel, yarım borulu ve çukurlu ceket gösterilmiştir.

OKUMA PARÇASI

ISITMA SİSTEMLERİNİN TARİHÇESİ

Endüstride ve kimya endüstrisinde yaygın olarak kullanılan, sanayi devrimiyle birlikte geliştirilmiş ısıtma sistemleri modern sayılabilecek cihazlardır. Oysa yaşanılan mekanları ısıtmak için kullanılan ısıtma sistemlerinin tarihçesi çok daha eskidir. Günümüzden 9.000 yıl öncesine uzanan tarihiyle dünyanın en eski şehri sayılan Çatalhöyük yerleşkesindeki evler birbirine bitişikti. Evlerin bildiğimiz anlamda kapıları yoktu, girişleri çatılarındaydı. Bu girişler evlerde ısınma, yemek pişirme ve aydınlanma amacıyla yakılan ateşin dumanının tahliyesini de sağlıyordu. Yani Çatalhöyüklüler evlerine bacalardan giriyordu. Sonraki 7.000 yıl içerisinde kapı ve baca birbirinden ayrıldı ama yine de ısınma çoğunlukla çıplak alevle sağlandı.

Bilinen ilk merkezi ısıtma sistemleri, Antik Roma medeniyeti tarafından geliştirildi. Roma Dönemi'ne ait bilinen en eski merkezi ısıtma sistemine sahip yapı, günümüzde İzmir ilinin sınırları içerisinde yer alan Efes Antik Kenti'ndedir. Romalıların merkezi ısıtma sistemi "hypocaust" denilen, bir tür yerden ısıtma sistemidir. Bu sistemde zeminin üzerinde tuğlalarla yükseltilmiş ikinci bir zemin daha bulunur. Zeminde oluşturulan boşluktan duman ve sıcak hava geçirilir. Daha sonra duman ve sıcak hava bir baca sistemi ile dışarı atılır. Ancak bu sistem, sürekli yanan bir ateş ve yoğun bir iş gücü gerektirdiği için çok pahalıdır. Bu nedenle fazla yaygınlaşmamıştır. Hamam, tapınak gibi kamu binaları ve az sayıdaki bazı villalarda kullanılmıştır. Roma medeniyetinden bağımsız olarak benzer ısıtma sistemlerine Pakistan ve Gürcistan sınırları içerisinde yer alan bazı antik yapılarda da rastlanmaktadır. Ayrıca Korelilerin binlerce yıldır "ondol" denilen alttan ısıtma sistemi kullandığı bilinmektedir.

Ağrı ilinin Doğubeyazıt ilçesi sınırları içinde bulunan ve yapımı 1784'te tamamlanan İshak Paşa Sarayı'nda da benzer bir merkezi ısıtma sisteminin kullanıldığı düşünülmektedir. Bu sisteme göre sarayın her odasında taştan yapılmış ocaklar vardı ve belirli bir noktada ısıtılan hava, kanallarla odalara ulaştırılarak saray ısıtılırdı. Sıcak hava, duvarlar içinde bulunan pişmiş toprak borularla saraya, camiye, tören salonuna ve harem dairesine ulaştırılırdı. Yapılışı ve konumu ile sanat şaheseri olan bu yapı, dünyanın kalorifer tesisatına sahip ilk sarayı olarak kabul edilmektedir. İshak Paşa Sarayı'nda hamam sisteminden esinlenerek yapılan bir kalorifer tesisatını ilk bulgulayan kişi İngiliz akademisyen Goodwin (Gudvin) olmuştur.

18. yüzyılın sonlarına doğru James Watt (Ceymis Vat) merkezi bir kazan ve ona bağlı borularla çalışan buharlı ısıtma sistemini geliştirdi. Franz San Galli (Frans San Galli) merkezi ısıtma sistemlerinin kullanımı için çok önemli bir parça olan radyatörü icat etti. Önceleri buharla çalışan merkezi ısıtma sistemleri kullanılırken 20. yüzyılda elektrikli ısıtıcıların geliştirilmesi ile yanmaya olan bağımlılık ortadan kalktı. 21. yüzyılda akıllı sistemler ile mekanların ısısı uzaktan kontrol edilebilir hâle geldi.

Günümüzde evlerde ve sanayide kullanılan ısıtma sistemlerinin temeli tarihte yaşamış sorumluluk sahibi ve üretken bilim insanlarının çabaları ile atılmıştır.

Yazarlar tarafından yazılmıştır.

Güvenlik İşaretleri

1. UYGULAMA FAALİYETİ
ISI DEĞİŞTİRİCİ

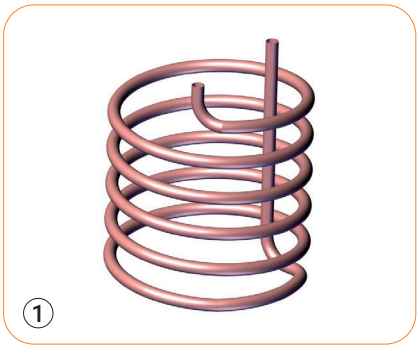
Amaç: Isı değiştiricilerinin çalışma prensibini öğrenmek.

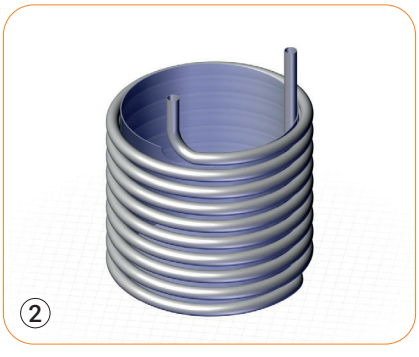
Araç gereç: İki adet beher, 3 mm çapında 50 cm bakır boru veya plastik hortum, iki adet pet şişe, termometre, silikon tabancası, silikon çubuk, strafor köpük veya küçük tahta parçaları.

DİKKAT: Verilen malzemelerin yerine alternatiflerini kullanabilirsiniz. Yeni ve farklı tasarımlar yapabilir, farklı modeller geliştirebilirsiniz.

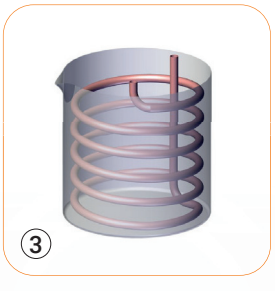
Uygulamanın Yapılışı

1. Isı yalıtımı için uygun boyutlu iki adet beheri iç içe yerleştiriniz. Dıştaki beherin tabanına strafor köpük veya küçük tahta parçaları gibi mümkün olduğunca küçük yalıtkan cisimler koyunuz. İçteki beheri dengeli biçimde yalıtkan cisimlerin üzerine yerleştiriniz.
2. Bakır boruyu beherin içine girebilecek boyutta uygun bir silindirik yüzey etrafına sararak birinci görseldeki serpantin bobinini hazırlayınız. (Bakır boru yerine plastik hortum da kullanabilirsiniz. Plastik hortum ısıyı daha az ileteceği için sarım sayısını mümkün olduğunca artırınız. Hortumdan elde edeceğiniz bobini, şeklini koruyabilmesi için, uygun boyutlu bir pet şişeden keseceğiniz silindirin üzerine ikinci görseldeki gibi sıcak silikonla sabitleyiniz.)


①


②

3. Serpantin bobinini içteki behere üçüncü görseldeki gibi yerleştiriniz. Beherin içini musluk suyuyla doldurup diğer beherin içine yerleştirdikten sonra sıcaklığını ölçünüz. Ölçüm sonucunu not ediniz.


③

4. Serpantin bobininin giriş ucuna yaklaşık 50 cm, çıkış ucuna 100 cm uzunluğunda hortumu su sızdırmayacak biçimde bağlayınız.
5. Pet şişelerden birine, tabanına yakın yerden bir delik açınız. Açtığınız bu deliğe serpantin bobininin giriş ucundan gelen hortumu sıcak silikonla yapıştırınız.
6. Serpantin bobininin çıkış ucuna bağlı hortumu boş pet şişenin ağzına sıcak silikonla tutturunuz.
7. Dördüncü görseldeki gibi dibinde delik bulunan pet şişeyi beherden yaklaşık 20 cm yükseğe, diğer pet şişeyi ise yere koyunuz.
8. Yüksekte bulunan pet şişeyi sıcak su ile doldurup sıcaklığını ölçünüz. Sıcak suyun yer çekimi etkisiyle serpantin bobininden geçmesini sağlayınız.
9. Belli aralıklarla, beherdeki sıcaklığı ölçüp not ediniz. Gerekirse sıcak su haznesini tekrar doldurunuz.
10. **Yaptığınız bu çalışma ile endüstride kullanılan ısı değiştiriciler arasında ne gibi benzerlikler veya farklılıklar vardır? Arkadaşlarınızla tartışınız.**

④

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

	Değerlendirme Ölçütleri	Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Serpantin bobinini hazırlar.	20	15	10	5
3	Sıcaklık ölçümünü yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

4.4. ISI DEĞİŞTİRİCİ SİSTEMLERDE ÇEVRE DONANIMLARI

Isı değiştirici sistemlerde kullanılan başlıca çevre donanımları; değişik türde vanalar, termometreler, manometreler ve pompalardır. Çevre donanımlarının, temas edeceği kimyasal maddelerle etkileşmeyecek materyallerden üretilmesi gerekir.

Vanalar: Isı değiştirici içerisindeki akışı kontrol etmek, sistemi açmak / kapatmak amacıyla kullanılır. Genellikle **şiber (sürgülü) vanalar** tercih edilir. **Termostatik vanalar** (Görsel 4.1), ısı belli bir değere ulaştığında sistemi dış müdahaleye gerek kalmadan kapatır ya da açar. Otomasyona uygun bir başka vana türü de **selenoid vanadır** (Görsel 4.2). Selenoid vanalar manyetik etkiyle çalışır. Sisteme bağlı bir termostattan gelen sinyaller yardımıyla sistemi açar ya da kapatır. **Otomatik hava tahliye vanası (purjör)** (Görsel 4.3) sistemde biriken havayı tahliye eder. **Emniyet vanası** (Görsel 4.4) ise sistemdeki basıncın aşırı yükselmesi durumunda devreye girerek basıncı düşürür.

Görsel 4.1: Termostatik vana

Görsel 4.2: Selenoid vana

Görsel 4.3: Otomatik hava tahliye vanası

Görsel 4.4: Emniyet vanası

Termometreler: Isıtma sisteminin vazgeçilmez bileşenidir. Isıtma sıcaklığı, otomasyona uygunluk gibi faktörler göz önüne alınarak uygun bir termometre türü seçilir.

Manometreler: Isıtma sisteminde akışkan basıncını takip etmek için mutlaka manometreler kullanılır. Sistemin verimliliği, güvenli aralıkta çalışıp çalışmadığı manometre yardımıyla kontrol edilir**.**

Pompalar: Isıtma sisteminde sıcak akışkanın taşınmasından sorumlu olan çevre bileşenidir. Isıtıcının ısıtma gücü arttıkça sistemde dolaştırılan akışkanın debisi de artacaktır. Gereken debiyi sağlayacak uygun bir pompa seçilmelidir.

Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. **Isı değiştiricilerin kullanım amacı nedir? Açıklayınız.**

.....

.....

2. **Serpantinli ısı değiştiriciler ile ceketli ısı değiştiriciler arasındaki farklardan iki tanesini yazınız.**

.....

.....

3. **Isı değiştirici türlerinin ve yapımlarında kullanılan maddelerin farklılık göstermesinin sebeplerini açıklayınız.**

.....

.....

4. **Isı değiştirici sistemlerde kullanılan çevre donanımları nelerdir?**

.....

.....

5. **Isı değiştiricilerde kullanılan maddelerin akış hızı önemli midir? Açıklayınız.**

.....

.....

6. **Sıcaklığı çok yüksek bir eşanjöre soğuk akışkan veya soğuk bir eşanjöre sıcak akışkan aniden verilirse ne gibi sorunlarla karşılaşılabilir?**

.....

.....

7. **Aşağıda bazı ısı değiştiriciler ve çevre donanımları ile ilgili bilgiler verilmiştir. Verilen bilgilerin karşısına ait olduğu ısı değiştirici veya çevre donanımını yazınız.**

Bilgi	Isı Değiştirici / Çevre Donanımı
a) Isı değiştirme işlemi tamamlandıktan sonra uygun sıcaklığa ulaşılıp ulaşılmadığını ölçen araçtır.	
b) Basıncı ayarlamak, fazla havayı tahliye etmek, sistemi açıp kapatarak akışı kontrol etmek amaçlı kullanılan araçtır.	
c) Tankın içine yerleştirilen, içinde sıcak akışkan kullanılan, ısı değiştirici olarak görev yapan araçtır.	
ç) Aynı veya farklı yönde olmak üzere iki yönlü akışa izin veren, iki farklı çapta boru içeren basit ısı değiştiricilerdir.	

5. ÖĞRENME BİRİMİ
SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN KONTROLÜ

KONULAR

5.1. KONDENSER (YOĞUŞTURUCU) SİSTEMİ
5.2. ÇİLLER SOĞUTMA SİSTEMİ

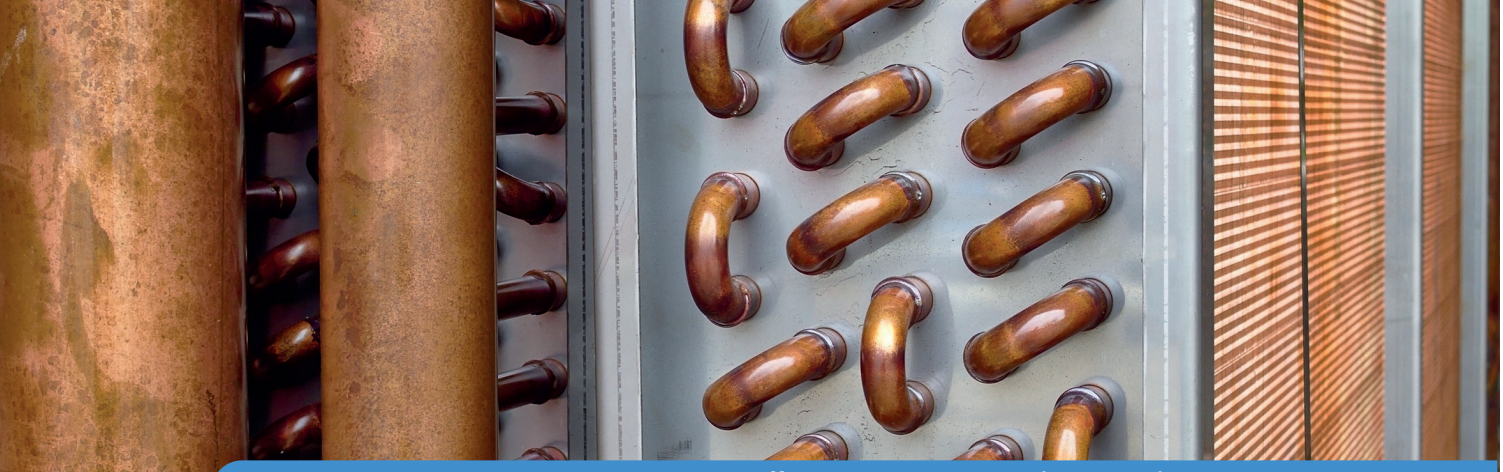
Bir maddenin veya sistemin sıcaklığının, onu çevreleyen ortamın sıcaklığının altına indirilerek yeni sıcaklığında tutulmak üzere ısısının alınması işlemine **soğutma** denir. Üretim anında gerçekleşen tepkimeler sırasında çoğunlukla ısı açığa çıkar. Açığa çıkan ısı, kullanılan makinelerin aşırı ısınmasına ve arızalanmasına neden olabilir. Tepkimelerin kontrollü yürümesi, basıncın düşürülmesi, ortamdaki maddelerin fiziksel ve kimyasal değişimlere uğramaması için sıcaklığın azaltılması gerekebilir. Soğutma işleminin bir amacı da enerji kaybının önlenmesi, ürün maliyetinin azaltılması ve ürün kalitesinin iyileştirilmesidir. Bu nedenlerle, endüstri uygulamalarında ve günlük yaşamda kullandığımız soğutma sistemleri vazgeçilemez teknolojik araçlardandır.
Soğutma işlemleri sırasında kullanılan malzemelerin ve kimyasalların, ortamı soğuturken aynı zamanda insan sağlığına ve çevreye de zarar vermemesi gerekir. Sanayide kullanılan soğutma sistemleri sürekli geliştirilmekte ve bu sayede doğal kaynakların daha verimli kullanılması sağlanmaktadır.

Bu öğrenme biriminde sanayide kullanılan yaygın soğutma sistemlerini ve bu sistemlerin nasıl çalıştığını öğreneceksiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

Günlük hayatta kullanılan, soğutma sistemine sahip araçlar nelerdir? Örnekler veriniz.

Evlerde kullandığımız soğutucular olmasaydı gündelik hayatımızda ne gibi farklılıklar olurdu?



5.1. KONDENSER (YOĞUŞTURUCU) SİSTEMİ

Günümüzde kullanılan soğutma sistemlerinde üç ana bileşen bulunur: Kompresör, kondenser (yoğuşturucu) ve evaporatör (buharlaştırıcı). Kondenser tek başına bir soğutma ünitesi değildir. Soğutma sisteminin bir parçasıdır. Kompresörle sıkıştırılarak yüksek basınca çıkarılmış olan sıcak gazın, ısısının dış ortama verilerek sıvılaştırıldığı ısı değiştirici bölüme **kondenser** denir. Kondenserlerde ısı alışverişi üç safhada gerçekleşmektedir. Bunlar; sıcak soğutucu akışkanın (refrijan) ısısının dış ortama verilmesi, yoğuşturulması ve soğutulmasıdır.

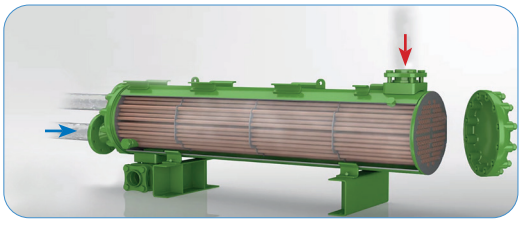
5.1.1. Kondenser Çeşitleri

Isı verilen ortama göre, kondenserler ikiye ayrılır: Su soğutmalı kondenserler, hava soğutmalı kondenserler.

Su Soğutmalı Kondenserler

Sisteme giren soğutucu akışkan buharının, ısısını kondenser yüzeyinden suya vermesi sayesinde, yoğunlaşması prensibi ile çalışır (Şekil 5.1). Büyük kapasiteli işletmeler için öncelikli soğutma sistemlerindendir. Soğuk su kaynaklarının bol olduğu yerlerde maliyeti düşürmek için kullanılır. Su soğutmalı kondenserler kullanım yer ve amacına göre farklı tasarımlarda yapılmaktadır. Kondenserler tasarlanırken kullanılan borunun yapıldığı malzemelerin ısıl geçirgenliği, kanatlı boru kullanıldı ise, kanat verimi göz önüne alınır. Ayrıca sistemde kullanılan suyun kirlenme katsayısı, su devresindeki basınç kaybı, soğutucu akışkanın soğutulma seviyesi, debi gibi veriler de hesaba katılır.

Büyük miktarda üretim yapılan tesislerde hava soğutmalı kondenserlere göre verimli ve ekonomik soğutma sağlamasının yanı sıra daha fazla ısı transferi de sağlar. Bu avantajı sayesinde su soğutma sistemi ve yardımcı teçhizatı daha az yer kaplayacak şekilde tasarlanabilmektedir. Su sıcaklığının hava sıcaklığına göre ani değişmemesi sistemin zarar görmesini engeller. Bakım maliyetleri düşüktür ve çalışma performansı düşmeden uzun süre çalışır. Fakat sudaki kireç ve çeşitli kirleticiler nedeniyle belirli periyotlarda temizlik ve bakım gerektirmesi sistemin bir süre devre dışı kalmasına sebep olur. Bu süre zarfında üretimin aksamaması için ek tedbirlerin alınması gerekir.



Şekil 5.1: Su soğutmalı kondenser

Hava Soğutmalı Kondenserler

Buhar fazındaki soğutucu akışkanın yoğunlaştırılması için havanın kullanıldığı kondenser tipidir (Görsel 5.1). Ev ve iş yerlerinde kullanılan klimaların dış üniteleri hava soğutmalı kondenserlere örnektir. Endüstriyel işletmelerdeki sistemler için de soğutma suyunun temin edilememesi durumunda hava soğutmalı kondenserler tercih edilebilir. Yüksek basınç ve sıcaklıktaki soğutucu akışkanın kondenser yüzeyinden havaya ısı vererek yoğunlaşması prensibi ile çalışır. Tasarımlarının basit olması, kurulum ve işletme maliyetlerinin düşük olması, tamir ve bakımlarının kolaylıkla yapılması hava soğutmalı kondenserlerin tercih edilmesinde önemli rol oynar. Bununla beraber su soğutmalı kondenserlere göre daha çok yer kaplar ve gürültülü çalışır.

Görsel 5.1: Hava soğutmalı kondenser

5.1.2. Kondenserin Soğutma Kapasitesine Etki Eden Faktörler

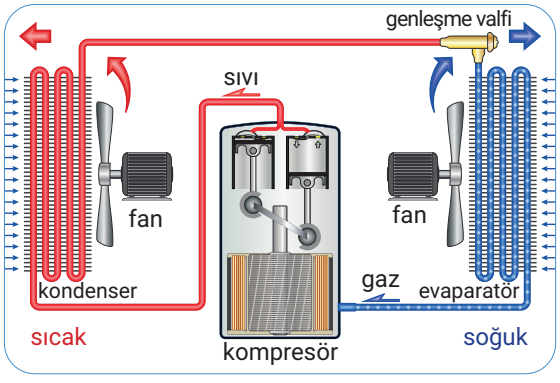
Isı transfer kabiliyetleri farklı malzemeler kullanılarak farklı boyutlara sahip kondenserler üretilmektedir. Kondenser ve çevre elemanlarının yapımında kullanılan metal ve alaşımların en yüksek verimi vermesi amaçlanır. Böylece kondenserin ısı transfer kapasitesi artırılır. İşletme şartları göz önüne alınarak çeşitli amaçlar için farklı boyutlarda, ısı transfer kabiliyeti yüksek modeller üretilir. Kondenserin verimli çalışması ve en az enerji tüketmesi istenir. Kondenserin dışarı attığı enerjinin başka bir üniteyi çalıştırmak üzere enerji kaynağı olarak kullanıldığı çalışmalar mevcuttur.

Kondenser kapasitesi, yoğunlaştırıcı ile olan temas yüzeyinin alanı ve soğutucu akışkanın miktarı ile de değişir. Kapasiteyi etkileyen en önemli faktörlerden biri de kondenserin temizliğidir. Bakımlarının periyodik olarak yapılması, kondenser yüzeyinin kirlerden arındırılması gerekir. Yüzeyi kaplayan kir tabakası ısı transferini engeller ve kondenserle hava arasındaki irtibatı azaltır.

Endüstride hava soğutmalı kondenserler çoğunlukla dış ortamda bulunduğu için farklı çevre sıcaklıkları ile temas hâlindedir. Çevre sıcaklığı yüksek ise sisteme alınan havanın yoğunlaşma sıcaklığı da yüksek olur. Sistemin yüksek yoğunlaşma sıcaklığında çalışması basıncı artırır, kompresörü zorlar ve enerji kaybına yol açar. Çevre sıcaklığının çok düşük olduğu durumlarda da yoğunlaşma sıcaklığının azalması iç basıncı düşürür. Basınç etkisi ile açılan genleşme valfinin açılıp kapanma kapasitesi düşer. Genleşme valfinden az soğutucu akışkan geçer ve buharlaştırma işlemi zorlaşır. Bu olumsuzluklar için sisteme alçak ve yüksek basınç engelleyici kısımlar eklenir.

5.2. ÇİLLER SOĞUTMA SİSTEMİ

Çiller soğutma sistemi, soğutucu akışkanı kapalı bir ortamda buharlaştırarak çevresindeki ısıyı alan ve bu ısıyı, soğutucu akışkanı tekrar yoğuşturarak farklı bir çevreye veren sistemdir. Kabaca, ısıyı ters yönde taşıyan bir sistemdir. Bir çiller sistemi, genel olarak kompresör, kondenser ve evaporatörden oluşur. Zorunlu olmamasına rağmen çoğu çiller soğutma sisteminde kondenser verimini artıran, soğutucu akışkanın depolandığı bir rezervuar da bulunur (Şekil 5.2). Çiller soğutma sisteminin çalışma prensibi aşağıdaki şekildedir:



Şekil 5.2: Çiller soğutma sistemi ve bileşenleri

1. Düşük basınçlı soğutucu akışkan aynı zamanda bir ısı değiştirici olan evaporatöre gelir.
2. Proses suyu evaporatörden geçirilir. Soğutucu akışkan, evaporatörde buharlaşırken çevresinden (proses suyundan) ısı emer. Böylece soğuk su elde edilir. Evaporatör içinde, soğutucu akışkanla soğutulacak su birbiriyle temas etmez.
3. Evaporatörden çıkan buhar, kompresör yardımıyla sıkıştırılarak kondensere gönderilir. Soğutucu akışkan, kondenser içerisinde sıvı hâle geçerken dışarıya ısı verir. Yoğuşma işleminin gerçekleşmesi ve yoğuşma sonucunda açığa çıkan ısının ortamdan alınması için kondenserin su ya da havayla soğutulması gerekir.
4. Kondenserden çıkan sıvı hâldeki soğutucu akışkan, yüksek basınçlı bir tankta (rezervuarda) depolanır.
5. Rezervuardan çıkan bir miktar soğutucu akışkanın, genleşme valfinden geçirilerek, basıncı düşürülür.
6. Sistem, evaporatörde proses suyundan emdiği ısıyı, kondenserde soğutma suyuna (ya da havaya) verir.

Çiller sisteminin çalışmasını sağlayan, bir anlamda sisteme hayat veren soğutucu akışkan çok önemlidir. Bir madde, soğutucu akışkan olarak kullanılabilmesi için, uygulanabilir basınçlarda kolayca sıvı hâle geçebilmeli, basınç ortadan kaldırıldığında ise kendiliğinden buharlaşabilmelidir. Ayrıca soğutucu akışkan korozif olmamalı, soğutma sisteminde kullanılan donanımla etkileşmemelidir. Soğutucu akışkanın zehirli, çevreye zararlı, yanıcı ve patlayıcı olmaması da çok önemlidir.

Teknik Gezi

Amaç: Soğuk hava deposu gezisi yaparak kullanılan soğutma sistemleri konusunda bilgi sahibi olmak.

Araç gereç: Kalem, not defteri.

Dikkat: İncelemelerinizi yapmak için gittiğiniz işletmedeki görevli personelden yardım isteyiniz.

Etkinliğin Yapılışı

1. İlinizde soğuk hava deposu olarak faaliyet gösteren işletmelerden birini belirleyiniz. Belirlediğiniz işletmeye öğretmeninizle beraber inceleme gezisi düzenleyiniz.
2. İşletme hakkında önceden bilgi toplayınız. Topladığınız bilgileri not ediniz.
3. Gezinin amacına ulaşması ve gezide neleri gözlemlemeniz gerektiğini bilmek için tesise gitmeden önce beşinci maddede verilen soruları okuyunuz.
   - Tesis içi güvenlik kurallarına uyunuz ve görevlilerden gereken yardımları alınız.
   - Yetkili kişilerden tesis hakkında bilgi alınız.
4. Tesis içinde yaptığınız gezi, inceleme ve uygulama anlarında edindiğiniz bilgi ve gözlemlerinizi not ediniz.
5. Notlarınızı inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.

a. **İnceleme yaptığınız tesiste, hangi ürünlerin soğuk olarak muhafazası yapılmaktadır?**

.....

b. **Hangi soğutucu sistemler kullanılmaktadır?**

.....

c. **Soğutucu sistemlerin periyodik kontrolü, bakımı, tamiri nasıl ve kimler tarafından yapılmaktadır?**

.....

ç. **Soğutulacak ürünlerin kaç dereceye kadar soğutulması gerektiği nasıl belirlenmektedir? Soğutma sıcaklığı mevsimlere ve depolanma süresine göre değişim gösteriyor mu?**

.....

d. **Soğutulacak ürünlerin soğutma ünitesine yerleştirilmesi rastgele mi yapılmaktadır? Ürünlerin üniteye yerleştirilmesinin kondenser verimine ve enerji tüketimine etkisine dikkat ediliyor mu?**

.....

e. **Soğutma sistemlerinin tesis içinde kapladığı alan, dış ünitelerin yerleşimi gibi tasarım ve hesap gerektiren faktörlere kurulum aşamasında dikkat edilmiş mi?**

.....

f. **Tesis eğer sizin olsaydı ne gibi yenilikçi tasarımlar ve geliştirmeler yapardınız? Tartışınız.**

.....

1. UYGULAMA FAALİYETİ
SU SOĞUTMA SİSTEMİ

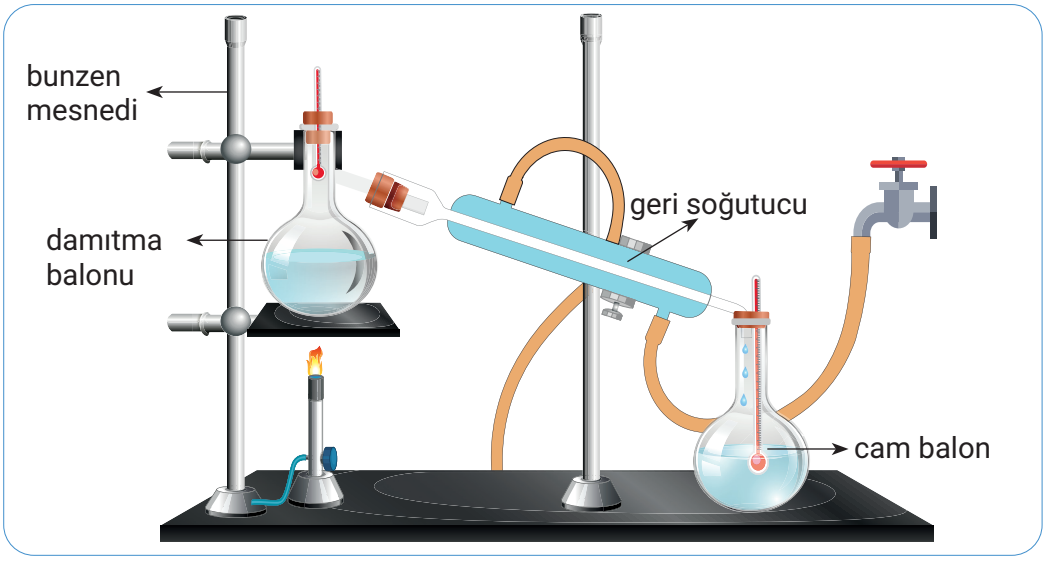
Güvenlik İşaretleri

Amaç: Su soğutmalı sistemlerin çalışma prensibini gözlemlemek.

Araç gereç: Geri soğutucu, bunzen mesnedi ve kıskacı (2 adet), bunzen ocağı, sacayak, damıtma balonu, cam balon, lastik hortum, amyant tel, 2 adet termometre, 3 adet tek girişli lastik tıpa, 1 adet 2 girişli lastik tıpa, alüminyum folyo.

Kimyasal maddeler: Su veya etil alkol.

DİKKAT: **Etil alkol kolay alev alabilir. Dikkatli çalışılmalıdır.**
Malzemeleri hazırlamadan önce görseli inceleyiniz.
Kurduğunuz düzeneklerdeki bağlantı noktalarını iyi yalıtınız.



Uygulamanın Yapılışı

1. Damıtma balonunun içine 100 ml suyu (veya etil alkolü) koyunuz.
2. Damıtma balonunun ağız kısmını tek delikli lastik tıpa ile kapatınız. Termometreyi lastik tıpanın deliğinden geçirerek sıvının üstünde kalacak şekilde, deliğe giriş kısmını alüminyum folyo ile yalıtarak sabitleyiniz.
3. Bunzen mesnedi ve kıskacıyla içine damıtılacak sıvıyı koyduğunuz damıtma balonunu sabitleyiniz. Damıtma balonunun çıkış borusuna diğer bunzen mesnedi ve kıskacı ile sabitlediğiniz geri soğutucuyu bağlayınız. Bağlantı noktalarını yalıtınız.

4. Geri soğutucunun su giriş kısmını lastik boru yardımı ile musluğa bağlayınız. Su çıkış kısmına bağladığınız lastik hortumun ucunu ise lavaboya koyunuz.
5. Geri soğutucunun çıkış kısmına, çıkan maddeyi biriktirmek için çift tıpalı lastik tıpa ile kapatılmış cam balonu bağlayınız.
6. Toplama kabının üstündeki tıpaya termometre yerleştirerek bağlantı noktalarını yalıtınız.
7. Musluktan gelen soğutma suyunun sıcaklığını ölçerek not ediniz.
8. Soğutma suyu bağlantılarını yapınız ve suyu açınız.
9. Düzeneği tamamladıktan sonra bunzen ocağını yakınız.
10. İlk buhar molekülleri gelmeye başladığında ve ilk sıvı oluşumu gerçekleştiğinde termometre ile sıcaklık ölçümlerini yaparak sonuçları not ediniz.
11. Sistemden çıkan soğutma suyunun sıcaklığını ölçerek ilk sıcaklığı ile karşılaştırınız.

Damıtma balonundan soğutucuya giren buhar fazındaki akışkanın sıcaklığında ve fiziksel hâlinde nasıl bir değişme oldu? Açıklayınız.

Musluk suyunun soğutucuya girmeden önceki ve soğutucudan çıktıktan sonraki sıcaklığını karşılaştırınız? Sonucu arkadaşlarınızla tartışınız.

Yaptığınız bu çalışma ile endüstride kullanılan su soğutmalı sistemlerin arasında ne gibi benzerlikler ve farklılıklar vardır? Arkadaşlarınızla tartışınız.

Aynı uygulama alkol-su karışımı ile yapılırsa nasıl bir sonuçla karşılaşılır? Tartışınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	10	8	5	3
2	Düzeneği kurar.	20	15	10	5
3	Soğutma ve yoğuşturma işlemini gerçekleştirir.	20	15	10	5
4	Sıcaklık ölçümlerini yapar.	20	15	10	5
5	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
6	Rapor hazırlar.	10	8	5	3

OKUMA PARÇASI

EİNSTEİN (AYNŞTAYN)-SZİLARD (SİLIRD) BUZDOLABI

Yazın en sıcak gününde dahi çimenlerin daha serin olduğunu fark etmiş, toprak testilerin suyu daha serin tuttuğunu duymuşsunuzdur. Bitkiler sürekli terleme yaparak, toprak testi ise yapısındaki gözenekler sayesinde içindeki suyun bir kısmını sızdırıp yüzeyinden buharlaştırarak serin kalır çünkü buharlaşan sıvılar etrafından ısı alarak sıcaklığı düşürür. Soğutma sistemleri de benzer prensiple çalışır.

20. yüzyılın başlarında üretilen ev tipi soğutucular, zehirli amonyak gazı ile çalışıyor ve sık sık arızalanarak zehirlenmelere sebep oluyordu. 1926 Almanyası'nda soğutma sisteminden sızan gazla tüm ailenin yaşamını yitirmesi haberinden etkilenen Einstein'in öğrencisi Szilard, güvenli bir soğutucu geliştirmeye karar verdi. Yazdığı bir mektupla Einstein'dan yardım istedi. 1926 ve 1934 yılları arasında güvenli ev tipi soğutma sistemi geliştirmek için birlikte çalışan ikili 3 farklı model için 45 patent aldı.

İkili, soğutucu akışkanı hareket ettirmek için elektromanyetik alan kullandı. Elektromanyetik alan sayesinde hareketli bir parça içermeyen soğutucu, güvenli çalışıyordu. Soğutucu akışkan olarak da bütan, amonyak, su ve bu akışkanların karışımları kullanılıyordu.

1930'lu yıllarda yaşanan ekonomik kriz ve sonrasında kloro floro karbon (CFC) türü zehirsiz soğutucu akışkanların keşfi Einstein-Szilard buzdolabının ticari bir ürün hâlini almasını engelledi.

O dönemde bir mucize olarak algılanan CFC gazlarının ozon tabakasına zarar verdiği anlaşılınca bazı çevreler Einstein-Szilard tasarımını yeniden ele aldı. Tasarım modernize edilerek daha verimli hâle getirildi. 2008 yılında üretilen bir soğutucu prototipi, çalışmak için elektriğe ihtiyaç duymuyordu. Soğutma işlevinin gerçekleşmesi için cihazın kısa bir süre ısıtılması yeterliydi. Prototip soğutucu 30 dakika ısıtıldığında 24 saat boyunca soğuk kalabilmekteydi.

Einstein-Szilard, buzdolabı bugün kullanılmıyor olsa da günümüz bilim insanlarına ilham vermektedir. Eskiden verimsiz ve işe yaramaz olarak görülen yöntem ve teknolojiler modernize edildiklerinde çevre dostu, verimli ve pratik hâle gelebilmektedir. Yeniliklere ve değişimlere açık olmak, başkalarının fikirlerine değer vererek bilgi birikimlerinden yararlanmak her insanın en başta sahip olması gereken özelliklerdendir.

Yazarlar tarafından yazılmıştır.

Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. **Kondenserlerin kullanım amacı nedir? Açıklayınız.**

.....

.....

.....

.....

2. **Evaporatör ile kondenser arasındaki farkı belirtiniz.**

.....

.....

.....

.....

3. **Çiller soğutma sisteminin temel bileşenleri nelerdir?**

.....

.....

.....

.....

4. **Soğutucu akışkan seçilirken nelere dikkat edilmelidir? Açıklayınız.**

.....

.....

.....

.....

5. **Aşağıda bazı soğutucu sistem bölümleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Verilen bilgilerin karşısına ait olduğu bölüm / eleman-bileşenini yazınız.**

Bilgi	Ait Olduğu Bölüm / Eleman-Bileşen Adı
a) Soğutucu akışkanın buharlaştırılarak sıcaklığın düşürüldüğü soğutma sistemi elemanı.	
b) Soğutucu akışkanın sistemde hareket etmesini sağlayan soğutma sistemi elemanı.	
c) Yüksek basınçlı soğutucu akışkanın basıncının düşürülmesini sağlayan soğutma sistemi elemanı.	
ç) Gaz hâlindeki soğutucu akışkanın sıvı hâle dönüştürüldüğü soğutma sistemi elemanı.	

6.
ÖĞRENME BİRİMİ
REAKTÖR KULLANMA

KONULAR

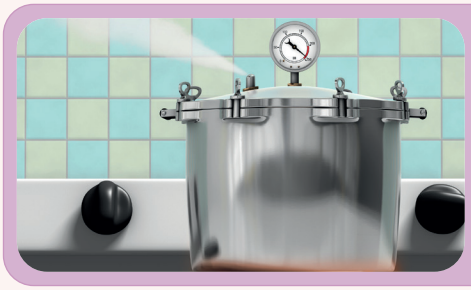
6.1. REAKTÖRÜ ÜRETİME HAZIRLAMA
6.2. REAKTÖRÜ DEVREYE ALMA
6.3. ÜRÜNÜ REAKTÖRDEN BOŞALTMA
6.4. REAKTÖRÜN TEMİZLENMESİ

Sürekli veya kesikli üretim yapmaya yarayan, içerisinde kimyasal tepkimelerin gerçekleştiği endüstriyel araçlara **reaktör** denir.

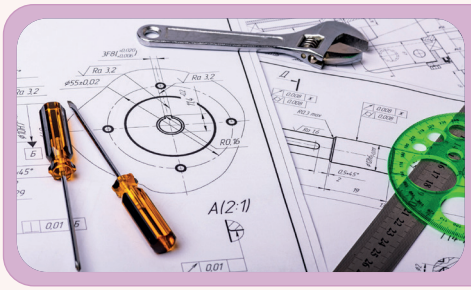
Reaktörlerde gerçekleştirilen tepkimeler, üretim çeşidine göre farklılıklar gösterir. Polimerleşme, nötrleşme, analiz, sentez tepkimelerinin ve hatta nükleer tepkimelerin gerçekleştirildiği reaktör çeşitleri vardır. Reaktörlerin içinde kullanılan ham maddeler sıvı, katı veya gaz hâlinde olabilir. Ham maddelerin farklılık göstermesi reaktörlerin tasarımını, içinde kullanılacak karıştırıcı vb. sistemleri, yardımcı donanımları etkiler. Bütün bu çeşitlilikten dolayı reaktörlerin ilk çalışma şartları, bakım ihtiyacı, ürünün reaktörden alınması ve reaktörün temizliği farklılık gösterir.

Bu öğrenme biriminde reaktörün kullanıma hazırlanma süreci, kullanımı ve sonrası ile ilgili genel bilgileri öğreneceksiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI



Yiyeceklerin pişirilmesinin kimyasal bir değişim olduğu göz önüne alınırsa düdüklü tencerenin bir tür reaktör olduğu söylenebilir. Düdüklü tencerede yemek pişirmek için ne tür hazırlıklar yapılır? Yemek pişerken nelere dikkat edilir? Yemek tencereden nasıl alınır? Araştırınız.



Kimyasal tepkimelerin gerçekleştiği kaplar ve ortamlar tasarlanırken göz önünde bulundurulması gereken en önemli faktör (maliyet, verimlilik, çevreye saygı vb.) nedir? Arkadaşlarınızla tartışınız.

6.1. REAKTÖRÜ ÜRETİME HAZIRLAMA

Üretime başlamadan önce mutlaka ekipmanlar ve fiziki şartlar kontrol edilmelidir. Öncelikle, gerçekleştirilecek üretime uygun reaktör seçilmelidir. Seçilen reaktör kullanım ömrünü tamamlamamış, korozyona uğramamış, herhangi bir sızıntı yapacak şekilde darbe almamış olmalıdır. Seçilen reaktörün temizliği yapılmalı, içinde önceki üretimlerden kalan artık bırakılmamalıdır. Bu işlem yapılırken reaktör temizleme prosedürlerine uyulmalıdır. Seçilen reaktörün iç ve dış donanımları eksiksiz olmalıdır.

Reaktörün yapılan üretim türüne göre uygun ortamda bulunması gerekir. Ortam basıncının ve sıcaklığının bulunması gereken aralıklar tespit edilerek uygun koşulları oluşturacak ek donanımlar sağlanmalıdır. Sıcaklık ve basınç değerlerini sürekli kontrol altında tutacak, değerlerin istenilen aralığın dışına çıkması durumunda uyarı verecek sistemin kurulması önemlidir. Uyarı durumunda koşulların tekrar eski hâline hızlı bir şekilde dönmesini sağlayacak ek sistemler de kurulmalıdır.

Reaktörün elektrik, ısı, su vb. bağlantı noktalarının uygunluğu kontrol edilmelidir (Görsel 6.1). Bozuk veya aşınmış bağlantı elemanları değiştirilmelidir. Voltaj değerleri, soğutma ve ısıtma sistemlerinde kullanılan akışkanların miktarı ve debisi ayarlanmalıdır.

Görsel 6.1: Reaktörlerde bağlantı noktalarının kontrolü

Sızıntı, elektrik kaçağı, yüksek basınç kaynaklı patlama, yangın, doğal afet kaynaklı tehlikeli durumlar için acil uyarı sistemleri kurulmalıdır. Acil durum müdahale ekiplerinin ve yapılması gereken işlemlerin yer aldığı talimatname hazırlanmalıdır. Tehlike anında kullanılacak ekipmanlar hazır bulundurulmalıdır. Herhangi bir olay anında yapılacak müdahaleler için reaktör içinde kullanılan maddelerin kimyasal özelliklerinin yer aldığı malzeme güvenlik bilgi formu hazırlanmalıdır. Reaktörü kullanacak ve tehlike anında müdahale edecek personelin bu konuda eğitim almış kişiler olması önemlidir.

6.2. REAKTÖRÜ DEVREYE ALMA

Üretime hazır hâle getirilmiş olan reaktöre ham maddeler ve yardımcı kimyasallar; vanalar, pompalar veya kompresörler yardımıyla eklenir. Tepkimenin uygun koşullarda gerçekleşmesi için gerekli yan donanımların çalışması sağlanır. Isıtma ve soğutma sistemleri yardımı ile reaktör sıcaklığı ayarlanır. Sıvı seviyeleri kontrol edilir. Kesiksiz çalışan reaktörlerde debi kontrolü yapılır. Gaz fazında bileşenler kullanılacaksa reaktöre, kompresör yardımı ile gaz gönderilerek basınç değerleri kontrol edilir. Karıştırıcı kullanılıyorsa reaktör, karıştırma hızı ayarlanarak devreye alınır (Görsel 6.2).

Görsel 6.2: Reaktörde üretim öncesindeki ayarlamalar

Reaktörün çalışma süresi boyunca sıcaklık, basınç, sıvı seviyesi, debi, pH gibi değerler sürekli kontrol edilir. Kesiksiz reaktörlerde ham madde miktarı kontrol edilerek ekleme işlemleri zamanında ve uygun miktarlarda yapılır.

Reaktörlerde genellikle gözetleme camları bulunur. Bu camlar yardımıyla reaktör içinde gerçekleşen fiziksel ve kimyasal olaylar gözlemlenir.

Reaktör içinde gerçekleşen tepkimenin sonuçlanıp sonuçlanmadığını anlamak için belirli zaman aralıklarında numune alınır. Sonuçlar değerlendirilir. Elde edilen ürünün kalitesi belirlenir. İstenilen kalitede ürünün yüksek verimle elde edilmesi için gerekli görülürse reaksiyon koşullarında değişikliğe gidilir.

6.3. ÜRÜNÜ REAKTÖRDEN BOŞALTMA

Reaktörün türü ve üretilen kimyasalların özelliği, ürünün reaktörden alınması ile ilgili işlemleri belirler. Kesiksiz çalışan reaktörlerde ürün, belli bir hızla ve sürekli; kesikli çalışan reaktörlerde ise işlem ya da tepkime tamamlandıktan sonra reaktörden alınır.

Ürünün reaktörden alınabilmesi için genellikle sıcaklık ve basıncın belli değerlere düşürülmesi gerekir. Yüksek basınç altındaki sıvılarda basıncın hızla düşürülmesi ile sıvının aniden kaynayacağı göz önünde bulundurularak gerekli tedbirler alınır.

Ürün tahliye sistemi genellikle reaktörün en altında bulunur. Hazır olan ürün, reaktörün altında yer alan tahliye vanasının açılması ile reaktörden alınır (Görsel 6.3). Ürünün boşaltılması genellikle yer çekimi yardımı ile yapılır. Bazı durumlarda bu işlem için pompa kullanılır.

Görsel 6.3: Ürünün reaktörden alınması

Reaktör içerisinde insan sağlığına zararlı gaz ya da kolay buharlaşabilen sıvı hâlde kimyasallar varsa ürünün reaktörden alınması için kapalı sistemler kullanılır. Reaktör ve ürünün depolanacağı tank arasında kapalı, sızdırmaz bir boru hattı yer alır. Ürün, pompa ya da yer çekimi yardımıyla boru hattından depolama tanklarına alınır.

Ürünün reaktörden boşaltılması esnasında veya depolanırken kirlenmemesi ve bozulmaması için gereken tedbirler alınır. Depolama tankı ya da kapların temiz ve kapların üretildiği malzemenin ürün ile etkileşmeyecek türde olmasına dikkat edilir.

Geriye doğru kalite kontrolünün yapılabilmesi için her partide üretilen ürün ayrı kaplarda depolanır. Kapların üzerinde mutlaka üretim tarihi ve parti numarası yer alır. Mümkünse bir stok yönetim yazılımı kullanılarak ham maddelerin kaynağı, üretim sorumlusu, üretimde görev alan personel bilgileri gibi bilgiler kayıt altına alınır.

6.4. REAKTÖRÜN TEMİZLENMESİ

Yüksek sıcaklık, basınç gibi ağır koşullar reaktörün kirlenmesine neden olur. Reaktörde ve çevre donanımında oluşan tortular ve yüzeylere yapışan kirler ısı iletimini zorlaştırır. Vana, pompa gibi donanımların çalışmasını engelleyebilir. Ayrıca reaktör ve donanımdaki kir, ürünün kalitesini de bozar. Bu nedenle reaktör ve çevre donanımlarının belli aralıklarla temizlenmesi gerekir.

Kesikli reaktörlerde, tepkime tamamlanıp ürün reaktörden alındıktan sonra reaktör temizlenir. Sürekli üretim yapan reaktörlerde ise belli aralıklarla üretime ara verilerek planlı bakım ve temizlik çalışmaları yapılır.

Reaktör ve çevre donanımlarının temizliğinin nasıl yapılacağı üretilen ürün ile ilgilidir. Su bazlı (çözücünün su olduğu) ürünlerin üretildiği reaktörlerde temizlik su ile yapılır. Reaktör, içerisine sıcak su ve uygun bir deterjandan oluşan karışım konulup, çalıştırılarak temizleme işlemi gerçekleştirilir.

Mineral veya doğal yağlar, esterler, emülgatörler ve yüzey aktif maddeler gibi hidrofobik ürün kalıntıları sıcak ve basınçlı su ile temizlenebilir. Hidrofobik özelliği çok yüksek olan maddelerin kalıntılarını temizlemek için metilen klorür, perkloretilen gibi kuvvetli çözücüler kullanılabilir. Reçineler, polimerler veya yüksek viskozite yağ kalıntıları için ise bu maddeleri çözebilen uygun çözücüler (solventler) kullanılır.

Temizlikte kullanılan çözücülerin kolayca buharlaşma ihtimali vardır. Temizlik işleminden sonra solvent buharıyla dolu olan reaktörün yangın, patlama ve zehirlenme gibi riskler taşıdığı göz önünde bulundurulmalıdır. Reaktör, solvent buharı uzaklaşıncaya kadar uygun donanımla havalandırılmalıdır. Bu işlemler sırasında geçerli ve etkin iş güvenliği kurallarına uyulmalıdır.

Biyoreaktörler (mikrobiyolojik reaktörler vb.), inkübatörler (etüvler) gibi biyoteknolojik ürün reaktörlerinde devam edecek olan üretimlerde bulaşı kalmaması önemlidir. Bu tip reaktörlerde mikrobiyolojik kalıntılar, ilave olarak hidrojen peroksit ve hipoklorit çözeltileri ile yıkanarak etkisiz hâle getirilir. Bazı özel durumlarda etilen oksit gazı ile sterilizasyon sağlanabilir.

İsrafı ve çevre kirliliğini önlemek için atık miktarını minimize edecek şekilde temizlik prosedürü planlanır. Su dışında çözücülerin kullanılması durumunda çözücünün geri kazanılması için uygun yöntemler araştırılır.

Tüm reaktörler ve üretim türleri için geçerli olan tek bir temizleme prosedürü yoktur.

Aşağıda bir ilaç araştırma laboratuvarında kullanılan mikro ölçekli bir reaktör için örnek bir temizleme prosedürü verilmiştir.

REAKTÖR TEMİZLEME PROSEDÜRÜ

Aşağıda belirtilen iş ve işlemleri yaparken geçerli ve etkin iş güvenliği kurallarına uyunuz.

1. Reaktörün boş ve alt vananın kapalı olduğunu kontrol ediniz.
2. Yapışan herhangi bir materyali çıkarmak için reaktörü bol su ile yıkayınız.
3. Gerekirse, yapışan malzemeyi çıkarmak için sıyırıcı kullanınız.
4. Reaktörün alt vanasını açarak suyu boşaltınız.
5. Reaktörün alt vanasını kapatınız ve reaktöre etanol doldurunuz; karıştırıcıyı, ısıtıcıyı ve geri akış sistemini bir saat boyunca çalıştırınız.
6. Karıştırıcıyı ve geri akış sistemini kapatınız. Reaktörü oda sıcaklığına kadar soğutunuz.
7. Etanolü reaktörden boşaltınız.
8. Reaktörü etanol ile durulayınız.
9. Durulama için kullandığınız etanolden 250 mL numune alarak içerisinde ürün kalıntısı bulunup bulunmadığını belirlemek için laboratuvara gönderiniz.
10. Laboratuvardan gelen analiz sonucu **"Ürün bulunmuyor."** şeklinde ise sonraki adıma geçiniz. Aksi hâlde temizleme prosedürünü tekrarlayınız.
11. Reaktörü 30 dakika vakum uygulayarak kurutunuz.
12. Reaktör durumu panosunu **TEMİZLENDİ** olarak güncelleyiniz. Reaktör kullanım kayıt defterine temizleme işlemini kaydediniz.

Depolama tankları ve kazanlar için de benzer temizleme prosedürleri uygulanır. Ham madde ve ürün transferi için kullanılan pompalar, vanalar, borular; genel olarak uygun sıcaklıkta su, su-deterjan karışımı ya da uygun bir çözücü, sistemde dolaştırılarak temizlenir. Kondenser ve diğer ısı değiştirici sistemlerin temizlik ve bakımı belli aralıklarla üreticinin tavsiyeleri doğrultusunda yapılır (Görsel 6.4).

Görsel 6.4: Isı değiştirici sistemlerin temizlenmesi

OKUMA PARÇASI

REAKTÖR KAZASI

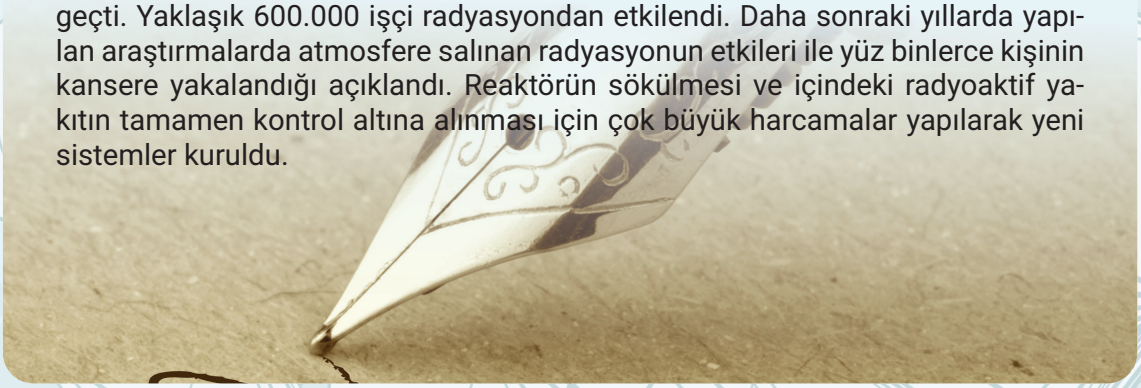
Kimyasal tepkimelerin gerçekleştiği reaktörlere benzer şekilde içerisinde nükleer tepkimelerin gerçekleştiği reaktörler de vardır. Bu reaktörlerde de tepkimelerin güvenli bir şekilde başlayıp yürümesini sağlayacak donanımlar bulunur. Belli aralıklarla, acil durum prosedürü oluşturmak, yeni teknolojiye uygun donanım eklemek gibi amaçlarla bir takım testler ve denemeler yapılır. Bu tür testler ve denemeler çok iyi planlanmalı, planlamalar yapılırken insan sağlığı, güvenliği ve çevreyi koruma düşüncesi ön planda bulundurulmalıdır. Bunlar olmazsa her an tarihte örneklerine rastladığımız türde felaketlerle karşılaşılabilir.

Tarihin en büyük felaketlerinden biri Çernobil nükleer reaktöründe gerçekleşen patlamadır.

Çernobil Nükleer Santrali, 1977 yılında o zamanlar Sovyet Sosyalist Birliği'ne bağlı olan Ukrayna'nın Pripyat şehri yakınlarında kuruldu. Dört nükleer reaktöre sahip bir santraldi.

26 Nisan 1986 sabahı dört numaralı reaktörde önceden planlanmış bir teste başlandı. Test sırasında ani güç dalgalanması oldu, operatörler reaktörü kapatmakta geç kaldı, test kontrolden çıktı. Operatörler paniğe kapıldı ve art arda hatalı kararlar aldı. Reaktör içinde aşırı yükselen basınç 1000 ton ağırlığındaki üst kapağı parçaladı. Nükleer çekirdek eridi. Arka arkaya iki patlama gerçekleşti. Fisyon (nükleer parçalanma) ürünleri ve sıcak grafit çevreye saçıldı. Yangını söndürmek ve radyoaktif serpintiyi kısmen kontrol altına almak ancak ertesi gün mümkün oldu. Bütün engelleme çabalarına rağmen atmosfere karışan, rüzgar etkisiyle taşınan radyoaktif maddeler, çevredeki yerleşim yerlerine ve hatta komşu ülkelere yayıldı.

Bu kaza Uluslararası Nükleer Olay Ölçeği'nin en yüksek sınıflandırma oranı olan 7 seviyesindeydi. Daha önce vahşice ve bilerek gerçekleştirilen Hiroşima ve Nagasaki'deki atom bombası faciasının benzeri bu kez ihmaller sonucunda yaşandı. Olayda yüz binleri bulan can kayıpları, saklanarak kayda sadece 30-40 kişi olarak geçti. Yaklaşık 600.000 işçi radyasyondan etkilendi. Daha sonraki yıllarda yapılan araştırmalarda atmosfere salınan radyasyonun etkileri ile yüz binlerce kişinin kansere yakalandığı açıklandı. Reaktörün sökülmesi ve içindeki radyoaktif yakıtın tamamen kontrol altına alınması için çok büyük harcamalar yapılarak yeni sistemler kuruldu.



OKUMA PARÇASI

Günümüzde Çernobil turizmi adı altında geziler düzenlenmektedir. Eğlencelerin de düzenlendiği bu geziler, insanların felaketleri hâlâ hafife almasından dolayı tepki çekmektedir.

İnsanlığın daha iyi bir yaşam sürmesi amacı ile yapılacak üretimlerin, yeni buluşların, geliştirmelerin öncesinde kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır. İşinde uzman kişilerden oluşan ekipler kurulmalı, akademik seviyede tartışmalar ve çalıştaylar gerçekleştirilmelidir. Kararlar tamamen uzman kişilerin raporuna dayanılarak alınmalıdır. Bir olumsuzlukla karşılaşılması durumunda alınacak tedbirler önceden planlanmalı, herhangi bir felaket yaşanmamalıdır. Gerçek veriler, her koşulda şeffaf ve doğru bir şekilde ilgili kurumlarla ve toplumla paylaşılmalıdır.

Yazarlar tarafından yazılmıştır.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27527

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
REAKTÖR TASARLAMA VE İNŞA ETME

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Örnek tasarım üzerinden basit bir reaktör yapıp reaktörlerin yapısını anlamak.

Araç gereç: Cam kavanoz (ağız genişliği 10 cm), U-PVC boru ve bağlantı parçaları (½ inch), lastik hortum, cam suyu silecek motoru (otomobiller için), hava kompresörü (akvaryum için), 12 V düşük devirli DC motor ile motora uyumlu şaft (bağlantı parçaları ile birlikte) ve pervane, 12 V güç kaynağı, bağlantı kabloları, açma kapama anahtarı (yeterli sayıda), havya, lehim teli ve yalıtkan bant, sıcak silikon tabancası ve silikon çubuk.

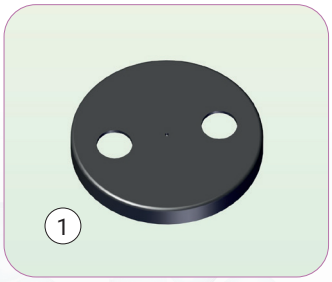
DİKKAT: Örnek reaktör gövdesi için cam kavanoz kullanılacaktır. İlk önce öğretmeninizin görüşünü alarak uygun boyutlu, plastik ve vida kapaklı bir kavanoz temin ediniz. (İsterseniz reaktör gövdesi için eski bir düdüklü tencere de kullanabilirsiniz.)

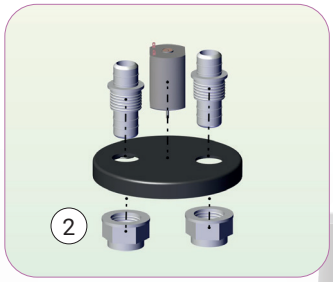
Örnek tasarıma sıvı girişi, gaz girişi ve gaz çıkışı olmak üzere üç adet bağlantı eklenecektir. Kendi tasarladığınız reaktörde madde transferi için kullanacağınız bağlantı tür ve sayısını belirlemelisiniz.

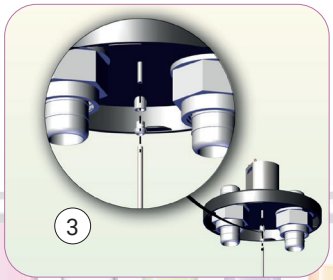
Verilen malzemelerin yerine alternatiflerini kullanabilirsiniz. Yeni ve farklı tasarımlar yapabilir, farklı modeller geliştirebilirsiniz. İsterseniz ilk tasarımınızı mümkün olduğunca basit tutup zamanla reaktörünüze yeni parçalar ilave edebilirsiniz.

Uygulamanın Yapılışı

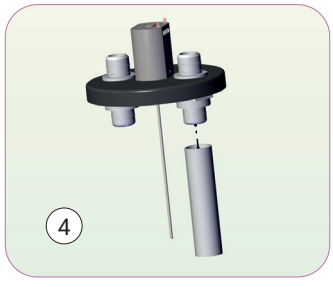
1. Reaktör tasarımınızı çiziniz. Gerekli parçaların listesini çıkarıp maliyet araştırması yapınız. Gerekiyorsa tasarımınızda düzeltmeler yapınız. (Sonraki aşamalar sizin tasarımınıza göre farklılık gösterebilir.)
2. Birinci görseldeki gibi, kavanozun kapağına delikler açınız.
3. İkinci görseldeki gibi, U-PVC bağlantı adaptörlerini yerlerine takınız. Motoru kapağın tam ortasına yapıştırarak etrafını sıcak silikonla yalıtınız.
4. Bağlantı adaptörlerinden birini açık bırakıp, diğerini uygun tıpa ile kapatıp kapağı kavanoza takınız. Açık bıraktığınız adaptörden üfleyerek sızdırmazlık testi yapınız.
5. Üçüncü görseldeki gibi, uygun uzunluktaki karıştırıcı şaftını bağlantı aparatları yardımıyla motor miline monte ediniz.

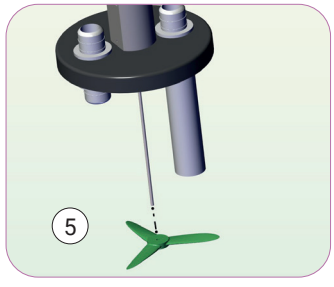


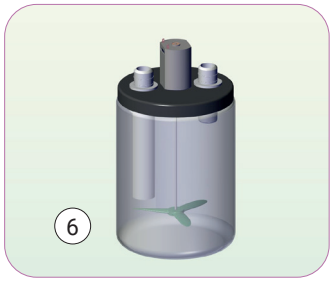




6. Dördüncü görseldeki gibi, U-PVC boruyu bağlantı adaptörlerine takınız. (Borunun boyu karıştırıcı şaftından kısa olmalıdır.)
7. Beşinci görseldeki gibi, karıştırıcı pervanesini şafta bağlayınız.
8. Altıncı görseldeki gibi, kapağı kavanoza takınız.
9. Pompa, kompresör, DC motor ve elektrik anahtarlarının elektrik bağlantılarını yapınız. Bağlantıları lehimleyip elektrik bandıyla yalıtınız.







Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Reaktör tasarımını çizer, maliyet araştırması yapar.	20	15	10	5
3	Tasarıma uygun biçimde reaktörü monte eder.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. **Reaktörü üretime hazırlama aşamasında yapılması gereken işlemlerden üç tanesini yazınız.**

.....
.....
.....
.....

2. **Reaktörlerden ürün alma işlemi reaktör çeşidine göre farklılık gösterir mi? Örnek veriniz.**

.....
.....
.....
.....

3. **Reaktörde gerçekleştirilen tepkimelerin takibi nasıl yapılır? Oluşan ürün istenilen özelliklere sahip olmadığı takdirde neler yapılabilir?**

.....
.....
.....
.....

4. **Reaktörlerle yapılan üretimlerde meydana gelebilecek tehlikeler neler olabilir? Herhangi bir tehlike anında alınacak tedbirler için önceden hangi çalışmalar yapılmalıdır?**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

5. **Reaktör temizliğinin önemi nedir? Temizleme yapılırken nelere dikkat edilmelidir? Kısaca açıklayınız.**

.....
.....
.....
.....
.....
.....

7. ÖĞRENME BİRİMİ
FİZİKSEL DEĞİŞKENLERİN ÖLÇÜMÜ VE KONTROLÜ

KONULAR

7.1. BASINÇ KONTROLÜ
7.2. SICAKLIK KONTROLÜ
7.3. DEBİ ÖLÇÜMÜ
7.4. SEVİYE ÖLÇÜMÜ

Kimyasal üretim süreçlerinde yaygın olarak akışkanlar kullanılır. Katı hâldeki ham maddeler ise uygun bir çözücü içinde çözülerek ya da dağıtılarak sıvı faza alınır. Kimyasal üretim tesislerinde akışkanların basınç, sıcaklık, debi ve seviye gibi bazı fiziksel özelliklerinin kontrol altında tutulması istenir. Üretim süreçlerinde tepkimelerin başlatılması, kontrol altında tutulması ve sonlandırılması için uygun fiziksel koşulların sağlanması gerekir. Ayrıca yangın, parlama ve patlama gibi iş güvenliğini riske atacak durumların oluşmaması, ham madde ve ürünün bozulmaması için de fiziksel koşulların ayarlanması gereklidir. Üretim sürecindeki kontrollerin temel amacı üretimin gözlenmesi, kimyasal ürünün istenilen kalitede elde edilebilmesidir. Bunun için değişkenlerin yani fiziksel şartların en iyi şekilde ayarlanabilmesi ve bunların üretim üzerinde etkin olarak uygulanması gerekir. Bu kontroller yapılırken değişkenlerin insan eli değmeden sürekli olarak istenen veya programlanan bir değerde tutulması amaçlanır.

Bu öğrenme biriminde basınç, sıcaklık, debi ve seviye ölçümlerinin önemini ve nasıl yapıldığını öğreneceksiniz.

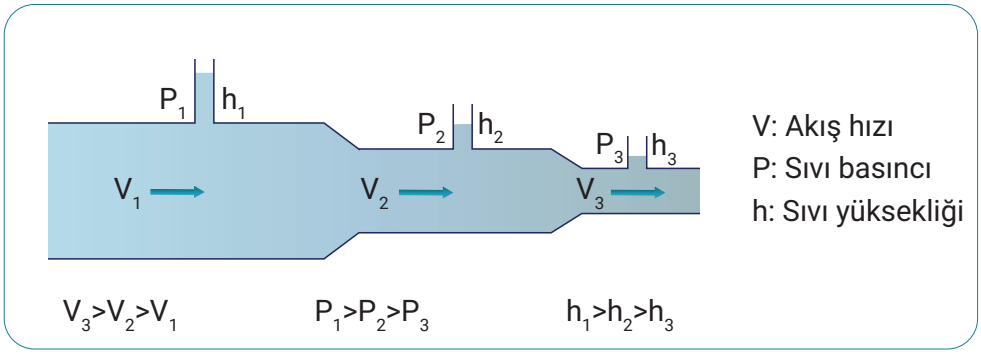
HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

Evlerde veya üretim yerlerinde sütün mayalanarak yoğurt hâline getirilmesi sırasında hangi fiziksel koşullar sağlanmaktadır? Araştırınız.

Düdüklü tencerelerde hangi fiziksel koşul nasıl kontrol altında tutulmaktadır? Bu konudaki gözlem ve düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

7.1. BASINÇ KONTROLÜ

Basınç, birim yüzeye etki eden dik kuvvettir. Sıvıların basıncı sıvı seviyesine, sıvının özkütlesine, yer çekimi ivmesine ve akış hızına bağlıdır. Boru çapı azaldıkça akış hızı artar. Akış hızı arttıkça sıvı basıncı azalır. Şekil 7.1'de kesiti daralan bir boruda akış hızı ve basınç değişimi gösterilmiştir.



Şekil 7.1: Akış hızına bağlı olarak sıvı basıncının değişimi

Sıvının akış hızı borunun kesit alanının değişmesinden etkilenir. Bahçe hortumunun ucu sıkıştırıldığında kesit alanı daralır, akış hızı artar. Bu durum suyun daha uzağa fışkırmasını sağlar.

Sıvı basıncının akış hızıyla değişiminden faydalanılarak hız ve debi hesaplanır.

Kimya laboratuvarlarında, basınç ölçmek için basit sıvı sütunlu manometre ve barometreler kullanılır. Endüstri tesislerinde ise akışkanların basıncını ölçmek için kullanılan cihazların türü ve tasarımı farklılık gösterir. Sanayide kullanılan basınçölçerlerin, akışkan basıncını yeterli hassasiyetle ve doğru olarak ölçmesi gerekir. Aynı zamanda kullanılacak basınçölçerin uzun ömürlü, montaj ve kullanımının kolay olması istenir.

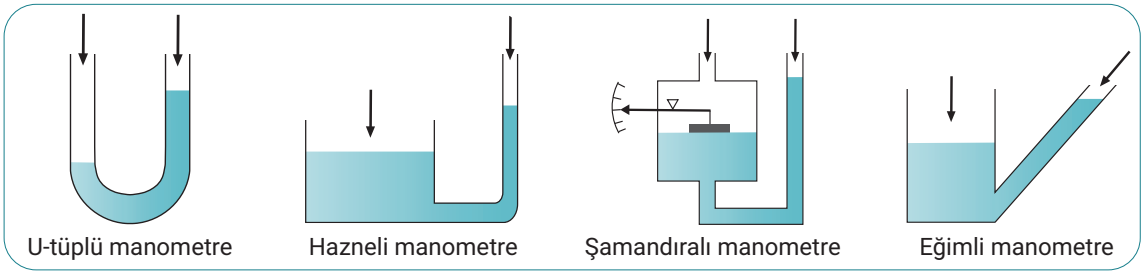
7.1.1. Basınçölçerlerin Türleri

Basınç ölçümünde kullanılan cihazlar mekanik ya da elektronik (basınç sensörleri) olabilir. Kullanılan mekanik cihazların başlıcaları; sıvı sütunlu, bourdon tüplü, körüklü ve diyaframlı manometrelerdir. Kullanılan elektronik cihazlar ise kapasitif, şekil değişikliği ve piezoelektrik basınç sensörleridir.

Basıncı ölçülecek kimyasalın özelliğine uygun malzemeden yapılmış basınçölçer seçilmelidir. Hatalı seçim yapılırsa basınçölçerde korozyon oluşur. Oluşan korozyon nedeniyle ölçüm hatalı olur. Hatalı ölçüm de iş kazalarına yol açar.

Sıvı Sütunlu Manometre

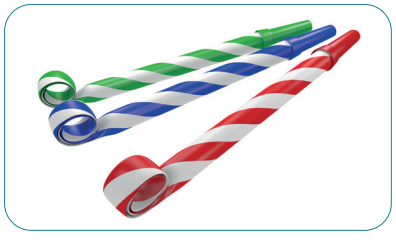
En basit manometre türüdür. Bu tür manometrelerde, şeffaf bir boru içerisinde yükselen uygun bir sıvının yüksekliğinin ölçülmesiyle basınç belirlenir. Ölçebileceği basınç aralığı, manometrede kullanılan sıvının yoğunluğuna ve borunun yüksekliğine bağlıdır. Sıvı sütunlu manometreler değişik şekillerde tasarlanabilir (Şekil 7.2).



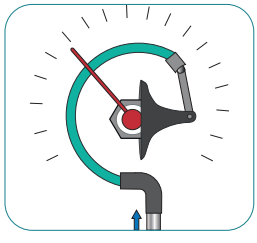
Şekil 7.2: Sıvı sütunlu manometre türleri

Bourdon Tüplü Manometre

19.yy'da Fransız bir saat tamircisi tarafından geliştirilmiştir. Adını da bu saat tamircisinden almıştır. Bu tür manometrelerin içerisinde bakır alaşımından üretilmiş, genellikle C şeklinde esneyebilen bir tüp bulunur. Ucu kapalı, C şeklindeki tüp, basınç uygulandığında parti düdüğü gibi açılır (Görsel 7.1). Tüpün ucuna bağlı bir mekanizma kadrandaki ibreyi hareket ettirir (Şekil 7.3). Fiyatı ucuz, üretimi kolay ve dayanıklıdır.



Görsel 7.1: Parti düdüğü



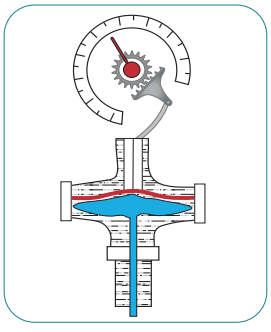
Şekil 7.3: Bourdon tüpü manometre

Düşük basınçları hassas biçimde ölçemez. Aşırı yüklenmesi durumunda tüp esnekliğini kaybeder ve manometrenin kalibrasyonu bozulur. Basıncın sürekli değiştiği sistemlerde ibre sürekli titreşir. Bu durumu engellemek için basınç giriş ucuna bir sifon eklenip, tüpün içi gliserin benzeri viskoz bir sıvı ile doldurulur. Bu şekilde ibre, titremeden basıncı gösterir ancak manometrenin tepki süresi uzar.

Diyaframlı Manometre

Bu tür manometrelerin içerisinde basınçla hareket eden bir diyafram bulunur. Diyaframın hareketi, iç tarafına bağlı dikey bir çubukla ibreyi hareket ettiren mekanizmaya iletilerek ölçüm yapılır (Şekil 7.4).

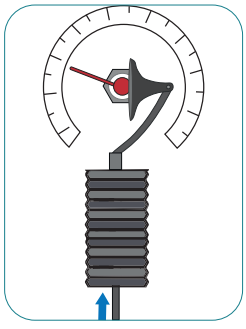
Diyaframlı manometreler, düşük basınçları hassas biçimde ölçebilir ve aşırı yüklenmeleri durumunda da zarar görmez. Aynı zamanda, kullanılan diyaframın türü değiştirilerek korozif akışkanların basıncı da ölçülebilir.



Şekil 7.4: Diyaframlı manometre

Körüklü Manometre

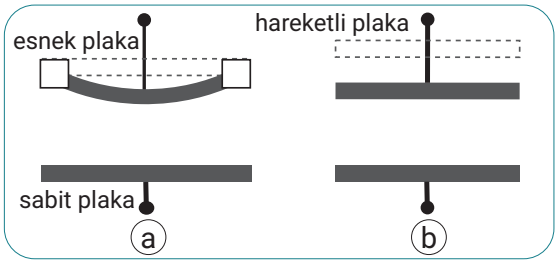
Bu tür manometrelerde basınçlı akışkan, bir körüğü hareket ettirir. Hareket, körüğe bağlı bir metal çubuk yardımı ile ibreye iletilir ve ölçüm yapılır (Şekil 7.5). Diferansiyel basıncı (iki ayrı sistemin basınç farkı) ölçen türleri de vardır. Hassasiyetleri düşüktür. Bu nedenle hassas olmayan ölçümlerde kullanılır. Sıcaklık değişimi körüğün hassasiyetini ve ölçüm sonucunu etkilediği için sıcaklığın değişken olduğu ortamlarda kullanımı uygun değildir.



Şekil 7.5: Körüklü manometre

Kapasitif Basınç Sensörleri

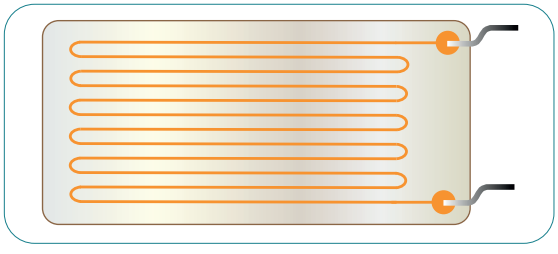
Kondansatör (kapasitör), elektrik yükü depolayan devre elemanıdır. Basınç uygulanarak kondansatör plakaları esnetilir (Şekil 7.6a) ya da birbirine yaklaştırılırsa (Şekil 7.6b) kondansatörün kapasitesi ve direnci değişir. Değişen direnç, uygulanan basıncın hesaplanmasında kullanılır.



Şekil 7.6: Kapasitif basınç sensörünün çalışma prensibi

Şekil Değişikliği Sensörleri

Esnek bir tabaka üzerine yapıştırılmış çok ince iletken tellerdir (Şekil 7.7). Sensör, bir yüzeye yapıştırılarak kullanılır. Yüzeyin esneyerek şekil değiştirmesi sensörün de şekil değiştirmesini sağlar. Sensör üzerindeki tellerin kesitinin değişimi ise devredeki direnci değiştirir. Direnç değişiminden yararlanılarak basınç ölçülür. Bu yöntem yük hücrelerinin de çalışma prensibini oluşturur.

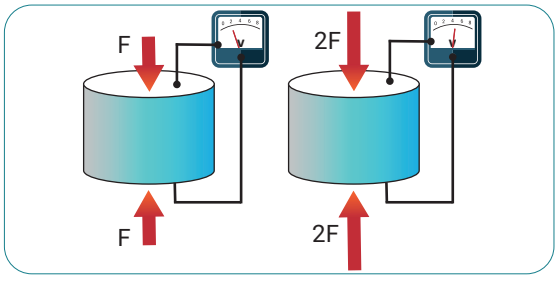


Şekil 7.7: Şekil değişikliği sensörü

Piezoelektrik Basınç Sensörleri

Kuartz gibi kristal yapılı bazı malzemelerin üzerine basınç uygulandığında bir gerilim elde edilir. Buna **piezoelektrik etki** denir (Şekil 7.8). Uygulanan basınç arttıkça elde edilen gerilim artar.

Piezoelektrik basınç sensörleri, hızlı tepki verdikleri için ani basınç değişikliklerini ölçmede yaygın olarak kullanılır.



Şekil 7.8: Piezoelektrik etki

7.1.2. Basınç Kontrolünün Üretimdeki Önemi

Kompresör, pompa gibi cihazların sağlıklı çalışıp çalışmadığı basınç ölçümüyle belirlenir. Akışkanların taşındığı boru ve tünel sistemlerinde, basınçlı kaplarda ve reaktörlerde basınç ölçülerek sistemin güvenli olup olmadığı kontrol edilir. Kimyasal üretim süreçlerinde tepkime hızının belirlenmesi çok önemlidir. Gaz fazında gerçekleşen tepkimelerin hızının belirlenmesi ve kontrol altında tutulması basınç ölçümü ile mümkün olmaktadır.

7.2. SICAKLIK KONTROLÜ

Üretim anında sıcaklığın kontrol altına alınması, değişkenlerin çok olmasından dolayı genellikle zordur. Ortamda ısı değişimine sebep olan maddeler, proses akışında yapılan ham madde eklemeleri, kullanılan yakıtlar ve nem sıcaklık kontrolünü etkiler. Reaksiyonların endotermik veya ekzotermik gerçekleşmesi gibi birçok değişken de kontrolü zorlaştırır. Dolayısıyla ısı kaynakları sıcaklık ölçülerek denetlenmek zorundadır. Sıcaklığın kontrol altına alınmaması üretime zarar verir, güvenli çalışma ortamı riskli hâle gelir.

7.2.1. Sıcaklıkölçerlerin Türleri

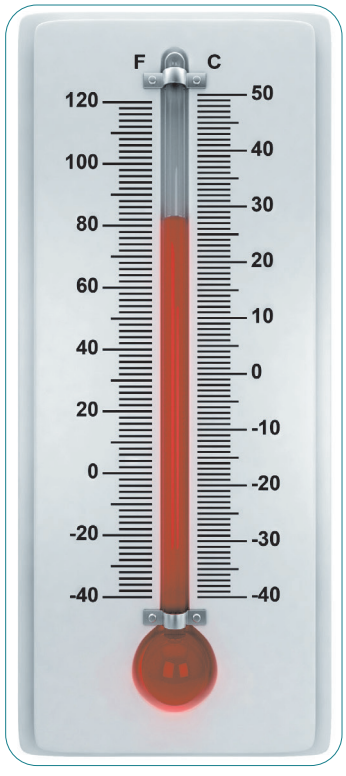
Ortam ve sistemin sıcaklığı, üretimde elde edilecek ürünün belirli kalite ve miktar aralığında tutulabilmesi için önemlidir. Aynı zamanda bu sıcaklık, akışın ve uygun basınç koşullarının sağlanmasında da önemli derecede etkilidir. Bu nedenle üretimde sıcaklık kontrolünü sağlayan araçlar geliştirilmiştir.

Uzunluk, basınç, hacim, elektrik direnci, potansiyel fark, renk değişimi ve yüzeylerin ışınım şiddetleri gibi sıcaklığı değerlendirmek için kullanılan özelliklere de **termometrik özellikler** denir. Termometrik özelliklerin değişimini kullanan sıcaklıkölçerler yapılmıştır. Sıcaklık ölçen cihazlara **termometre (sıcaklıkölçer)** denir.

Termometreler, temaslı ya da temassız olabilir. Temaslı termometrelerin en yaygın kullanılan türleri; sıvı genleşmeli, gaz, bimetalik tip, ısıl çiftler (termokupl), direnç termometreleri ve termistörlerdir. Isıl ışınım ile ölçüm yapan (pirometre) ve infrared (kızılötesi) termometreler ise temassız termometre çeşididir.

Sıvı Genleşmeli Termometreler

En yaygın kullanılan termometre çeşididir. Camdan yapılmıştır. Kapalı cam kap içindeki sıvının sıcaklıkla genleşerek kılcal bir boruda yükselmesi ile sıcaklığı ölçer (Görsel 7.2). Sıcaklık, kılcal boruda yükselen sıvı gözlemlenerek belirlenir. İçinde kullanılan sıvının genleşme katsayısı önemlidir. Bu nedenle sıvı olarak en çok toluen, etil alkol, kerosen, petrol eteri ve pentan kullanılır. Cıva zehirli olduğu için termometrelerde kullanımı yasaklanmıştır.



Görsel 7.2: Sıvı genleşmeli termometre

Sıvı genleşmeli termometrelerin yapımı ve kullanımı oldukça basittir. Taşınabilir ve ekonomik olması en önemli avantajlarındandır.

Gazlı Termometreler

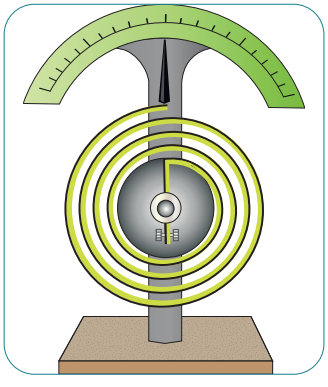
Bu tür termometrelerle sabit hacimli bir kapta bulunan gazın basıncında meydana gelen değişim kullanılarak sıcaklık ölçümü yapılır (Görsel 7.3). İdeal gaz termometresi olarak da bilinir. Çalışma ilkesi İdeal Gaz Kanunu'na dayanır. Bu tip termometrelerin en büyük avantajı çok yüksek ve çok düşük sıcaklıkları ölçebilmesidir. Gazlı termometrelerde çeşitli gazlar kullanılmaktadır. Endüstriyel uygulamalarda en çok kullanılan termometre gazı ise azottur.

Görsel 7.3: Gazlı termometre

Bimetalik Tip Termometreler

Günümüzde yaygın olarak kullanılır. Katı cisimlerin, sıcaklık arttıkça doğrusal uzaması prensibine dayanır. Genleşme katsayıları birbirinden farklı iki metalin kaynak, perçin vb. yardımı ile birbirine birleşmiş hâline **bimetal malzeme** denir. Bimetal malzemenin bir ucu sıcaklığı ölçülecek yere, diğeri ise ibreye bağlıdır. Bimetal malzeme ısındığında genleşme katsayısı fazla olan metal diğer metalin üzerine doğru eğim yaparak genişler. Sıcaklıkla genişleyen uç, dairesel hareketle ibreyi döndürür (Şekil 7.9).

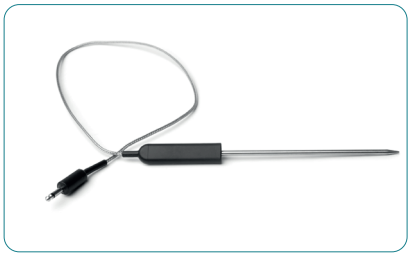
Bimetalik tip termometreler; buzdolabı, elektrikli su ısıtıcısı, kombi, elektrikli soba gibi elektrikli ısıtıcı türlerinde kullanılır. Endüstride çeşitli fırınların emniyet, kaplama preslerinin ısıtma, arabaların soğutma suyu sistemlerinde ve klimalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. -65 ^{0}C ile 430 ^{0}C sıcaklık aralığında ölçüm yapan türleri vardır. Bakımının kolay, maliyetinin düşük olması en önemli avantajıdır.



Şekil 7.9: Bimetalik termometre

Isıl Çiftler (Termokupllar)

Elektronik sistemlerde en yaygın kullanılan sıcaklık ölçüm sistemidir. Termokupllar; proses kontrolü, enerji üretimi, metal sanayi, sağlık, otomotiv ve fabrika otomasyonu gibi alanlarda kullanılmaktadır. Geniş bir sıcaklık aralığında ölçüm yapabilen sensörlerdir (Görsel 7.4).



Görsel 7.4: Termokupl

Farklı metallerden yapılmış birbirine bağlı iki telden oluşur. Birbiri ile birleşmiş bu iki metalli yapıya **ısıl çift (termokupl)** denir. Ölçme işlemi, ısıl çifti oluşturan tellerin birleşim noktalarına etki eden farklı sıcaklıkların bir gerilim oluşturmasına dayanır. Üretilen gerilim ısıl çift olarak kullanılan malzemelerin türüne bağlı olarak değişir. Bilim insanları, farklı metaller kullanarak farklı ölçüm aralıklarında çalışan termokupllar oluşturmuştur. Örneğin demir ve bakır teller birbirine bağlanıp, bir ısıl çift oluşturularak tellerin birleştirilen ucu ısıtılırsa diğer uçta bir gerilim oluşur. Buradaki olayın kaynağı ısıyı soğuk uca taşıyan, metal atomlarında bulunan serbest elektronlardır.

? Meraklısına

Termokuplların ticari bir ürün olarak ortaya çıkmasını sağlayan süreç, bilim insanlarının ünlüler geçidi gibidir.

1800'lü yılların başında, **Volta**'nın (Volta) geliştirdiği piller sayesinde bilim dünyası, ilk defa elektrik akımıyla çalışma şansına kavuştu. Volta'nın keşfi, bilim insanlarında elektriğin kimyasal etkilerinin araştırılması konusunda heyecan uyandırdı. Bu heyecan dalgası etkisini yitirmeden **Oersted** (Örsted), akım geçen bir telin pusula iğnesini saptırdığını fark etti. Aynı hafta **Ampere** (Amper), yaptığı deneylerle elektrik akımının elektromanyetizmanın kaynağı olduğu sonucuna vardı. Elektromanyetizmanın keşfi, dönemin bilim dünyasında ikinci bir heyecan dalgası ve faaliyet patlamasına yol açtı.

Oersted'in çalışmasını öğrenen **Seebeck** (Sibek), elektromanyetizma üzerine çalışmaya başladı. 1821 yılında, kapalı bir daire oluşturan iki farklı metal telin birleşme noktasına sıcaklık uygulandığında, tellerin manyetik özellik gösterdiğini fark etti.

Termoelektrik etki üzerine **Faraday** (Faraday) ve **Ohm**'un (Om) da çalıştığı bilinmektedir. Ancak termoelektrik etkiyi sıcaklık ölçmek için kullanmayı ilk öneren, **Becquerel**'dir (Bekerel). Becquerel platin ve paladyum telleri birleştirerek sıcaklık ölçmeyi başardı. Ancak modern termokupların babası sınai kimya profesörü olan **Henry Le Chatelier**'dir (Hanri Lö Şetöli). Le Chatelier, termokupların ticari olarak üretilmesine de öncülük etti.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27521

1. UYGULAMA FAALİYETİ
TERMOKUPL YAPIMI

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Termokupl örneği yaparak nasıl çalıştığını öğrenmek.

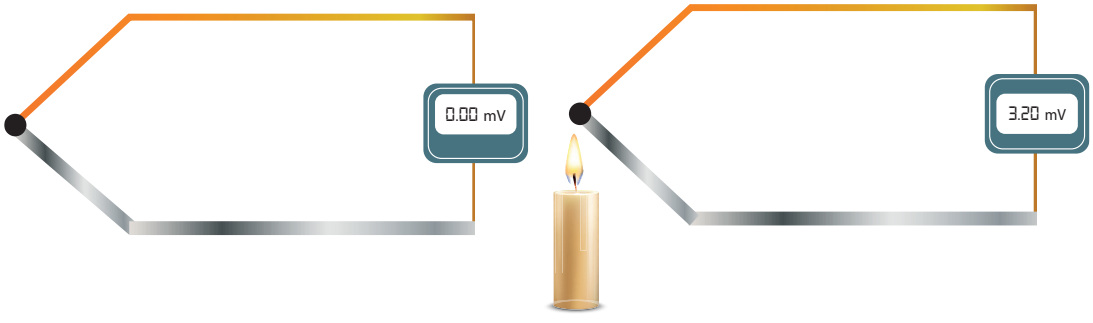
Araç gereç: 20 cm uzunluğunda bakır ve demir tel, ısı kaynağı, gerilimölçer (avometre), beher.

DİKKAT: Eğer temin edebilirseniz farklı metallerle aynı deneyi tekrar ederek sonuçları karşılaştırabilirsiniz.

Uygulamanın Yapılışı

1. Bakır ve demir teli, bir uçlarını bükerek birbirine sıkıca bağlayınız.
2. Avometreyi milivolt ölçecek şekilde ayarlayınız. Bir ucunu demir tele diğer ucunu bakır tele değdiriniz. Avometredeki potansiyeli okuyarak not alınız.
3. Metallerin birleşme noktasını ısıtınız. Avometredeki potansiyeli ölçerek not alınız.
4. Metallerin birleşme noktasını farklı sıcaklıklarda su içeren beherlere daldırarak deneyi tekrarlayınız. Farklı sıcaklıklardaki ölçümlerinizi not ediniz.

Potansiyelde bir değişim gözlemlediniz mi? Sonuçları arkadaşlarınızla tartışınız.



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

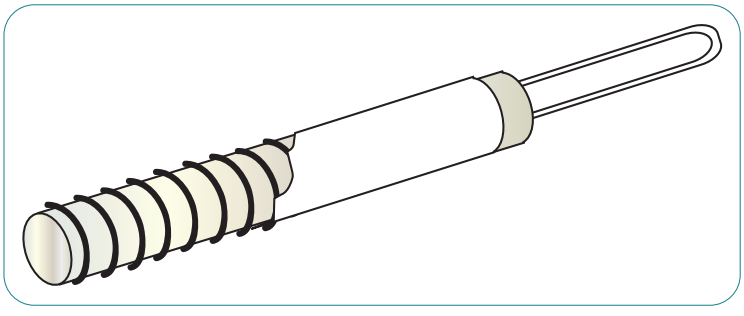
Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Metalleri birbirlerine bağlar.	20	15	10	5
3	Metalleri ısıtmadan ve ısıttıktan sonra potansiyel ölçümlerini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

Direnç Termometreleri

Bu tip termometreler sıcaklık ölçümlerinde yaygın olarak kullanılır. Düşük sıcaklıklarda yapılan ölçümler için termokupllara göre daha güvenilirdir. Direnç termometreleri, özellikle hızlı değişmeyen sıcaklıkları daha doğru ölçebilmektedir. Termokupllara göre maliyetinin fazla olması ve ölçümde tepki zamanlarının uzun olması dezavantajıdır.

Bu termometreler, yapısında bulunan iletken telin direncinin sıcaklıkla değişmesinden yararlanarak sıcaklık ölçümü yapar (Şekil 7.10). İletken tel olarak en çok platin ve nikel teller kullanılır. Bu iki metalin sıcaklık ile direnç değişimleri diğer metaller ve alaşımlara göre en iyi sonucu verir.

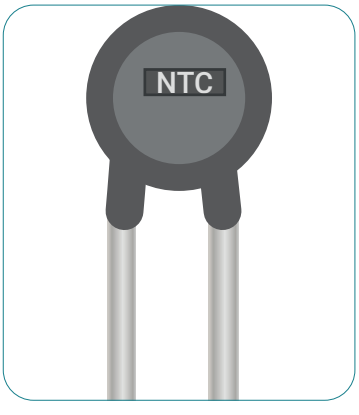
Borular, tanklar, gaz ve sıvı ortamlar, alçak ve yüksek basınçlı uygulamalar, makine gövdelerinde yapılan ölçümler gibi yaygın kullanım alanı vardır.



Şekil 7.10: Direnç termometresi kesiti

Termistörler

Sıcaklık-direnç ilişkisini esas alan araçlardır. Sıcaklık arttıkça direnci artan pozitif katsayılı termistör (PTC) ve direnci sıcaklıkla azalan negatif katsayılı termistör (NTC) olmak üzere iki çeşidi vardır. Yaygın olarak kullanılan NTC termistörler, elektrik direnci sıcaklıkla azalan yarı iletken malzemelerden yapılır (Şekil 7.11). En yaygın termistör malzemeleri germanyum, silisyum ve metal oksitlerdir. Sıcaklığın artması ile termistörün direnci azalır. Direnç azalma miktarına dayalı ölçüm yapar. Termistörler; direnç termometreleri ve termokupllara göre daha hassastır. En küçük sıcaklık değişimlerini algılar. Yüksek sıcaklıklarda kullanılamaması dezavantajıdır. Elektrikle yanan mutfak ocakları, elektronik termometreler, radyatörler, havyalar ve klimalar gibi kullanım alanları vardır.



Şekil 7.11: Negatif katsayılı termistör (NTC)

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27522

Güvenlik İşaretleri

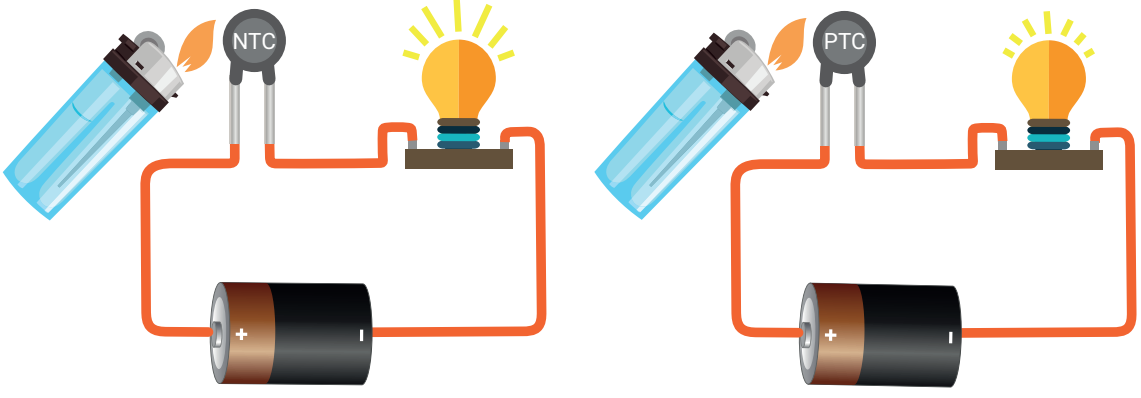
2. UYGULAMA FAALİYETİ
TERMİSTÖR KULLANIMI

Amaç: Devre kurarak termistörlerin nasıl çalıştığını öğrenmek.

Araç gereç: NTC ve PTC termistörler, kablo, üreteç, ampül, ısı kaynağı.

Uygulamanın Yapılışı

1. Şekildeki devreyi NTC termistörü kullanarak kurunuz. **Devreye bağladığınız ampül yandı mı?**
2. Termistörü ısıtınız. **Ampül parlaklığında değişme oldu mu? Sebebini yorumlayınız.**
3. Devredeki NTC termistörün yerine PTC termistörü bağlayınız. **PTC termistör bağlı devrede ampül yandı mı?**
4. PTC termistörü ısıtınız. **Ampül parlaklığında değişme oldu mu? Sebebini yorumlayınız**.



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Devreyi kurar.	20	15	10	5
3	Sıcaklığı değiştirerek gözlem yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

Temassız Termometreler

Cisimler ısıtıldıklarında ışıma yapar. **Pirometreler,** cisimlerin yaptığı ışınımlardan yararlanarak temassız ölçüm yapan araçlardır. Elde edilen ölçümler elektriksel sinyallere dönüştürülür. Pirometrelerde kullanılan sıcaklık algılayıcılar direnç termometreleri ve termokupllardır.

Görsel 7.5: Temassız ısı ölçümü

Isınan cisimler kızılötesi ışık (termal radyasyon) yayımlar. **Kızılötesi termometreler,** termal radyasyondan faydalanarak sıcaklığı ölçen araçlardır. Daha geniş bir yüzeyin sıcaklığını ölçmek için ise **kızılötesi (termal) kameralar** kullanılır. Termal kameralar belli bir alandaki cisimlerin sıcaklıklarını farklı renklerle ekrana yansıtır (Görsel 7.5).

Kızılötesi termometreler daha ucuzdur ve kullanım kolaylığı sağlar. Ancak tek bir noktanın sıcaklığını ölçer. Termal kameralar ise daha pahalı, çoğu zaman belli bir noktaya sabitlenmiş sistemlerdir. Ancak belli bir alandaki cisimlerin (örneğin bir fırının içerisinden konveyörle dışarı taşınan malzemenin) farklı sıcaklıklarını ölçebilir. Vücut sıcaklığının ölçülmesinde, güvenlik amaçlı tarama cihazlarında, güdümlü füze sistemlerinde kullanılır. Ayrıca elektrik ve ısı tesisatlarındaki problemlerin çözümlenmesi ve konutlardaki ısı kaçakları gibi problemlerin tespiti de kızıl ötesi algı cihazları ile yapılır.

7.2.2. Sıcaklık Kontrolünün Üretimdeki Önemi

İnsan vücudunda doğal proses kontrol mekanizmaları vardır. Örneğin insanlarda vücut sıcaklığı beyinde yer alan hipotalamus tarafından kontrol edilir. Vücut sıcaklığının normalin üstüne çıkması veya normalin altında seyretmesi hâlinde vücudun işleyişi bozulur ve can kaybına kadar giden durumlarla karşılaşılır. Vücut sıcaklığında meydana gelen herhangi bir değişim, terleme ve buharlaşma ile kontrol altına alınır. Endüstriyel üretim uygulamalarında da sıcaklığın kontrol altında tutulması yapay proses kontrolüne bir örnektir ve üretimin sağlıklı yürümesi için şarttır.

Üretim anındaki dört önemli fiziksel değişkenden biri olan sıcaklık, kimyasal tepkimelerin gerçekleşme şartlarına ve üretimdeki ayırma işlemlerine en fazla etkisi olandır. Fermantasyon, yanma, damıtma, kristallendirme, iklimlendirme, kurutma gibi birçok işlem için sıcaklık kontrolü çok önemlidir. Ayrıca hızlı soğutma gereken pastörizasyon gibi yöntemlerde hassas sıcaklık ölçümleri gerekir. Bu işlemler yapılırken sıcaklık kontrolü sağlanamazsa beklenen sonuç alınamayabilir, verim sağlanamayabilir veya ürün kalitesi düşebilir. Sıcaklık kontrolünün sağlanamamasının bir sonucu da iş sağlığı ve güvenliği açısından tehlikeli durumların oluşmasıdır. Sıcaklık artışı, üretim araçlarının yapılarında bozulmalara, yanmalara ve dolaylı olarak da basınç değişimi kaynaklı tehlikelere (patlamalara) yol açar.

Güvenlik İşaretleri

3. UYGULAMA FAALİYETİ
TEMASLI VE TEMASSIZ SICAKLIK KONTROLÜ

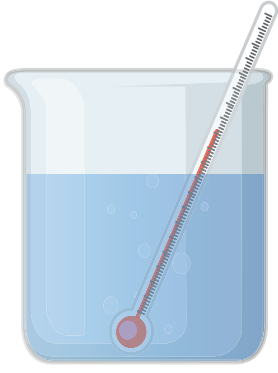
Amaç: Temaslı ve temassız sıcaklık kontrolü cihazlarının kullanımını öğrenmek.

Araç gereç: Kızılötesi ateşölçer, kimya termometresi, beher.

Uygulamanın Yapılışı

1. Arkadaşınızın ateşini kızılötesi ateşölçer kullanarak ölçünüz. Sonucu not ediniz.
2. Kızılötesi termometreyi yüzey sıcaklığını ölçecek şekilde ayarlayınız.
3. Behere su doldurunuz. Aynı işlemi beherdeki suyun sıcaklığını ölçmek için yapınız. Sonucu not ediniz.
4. Kimya termometresi ile arkadaşınızın ateşini ve suyun sıcaklığını temas ettirerek ölçünüz. Sonucu not ediniz.
5. Sonuçları karşılaştırınız.

   Her iki araçla da yaptığınız ölçüm sonuçları aynı mı çıktı? Sebebini tartışınız.



Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Kızılötesi termometre ile ölçüm yapar.	20	15	10	5
3	Kimya termometresi ile ölçüm yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

7.3. DEBİ ÖLÇÜMÜ

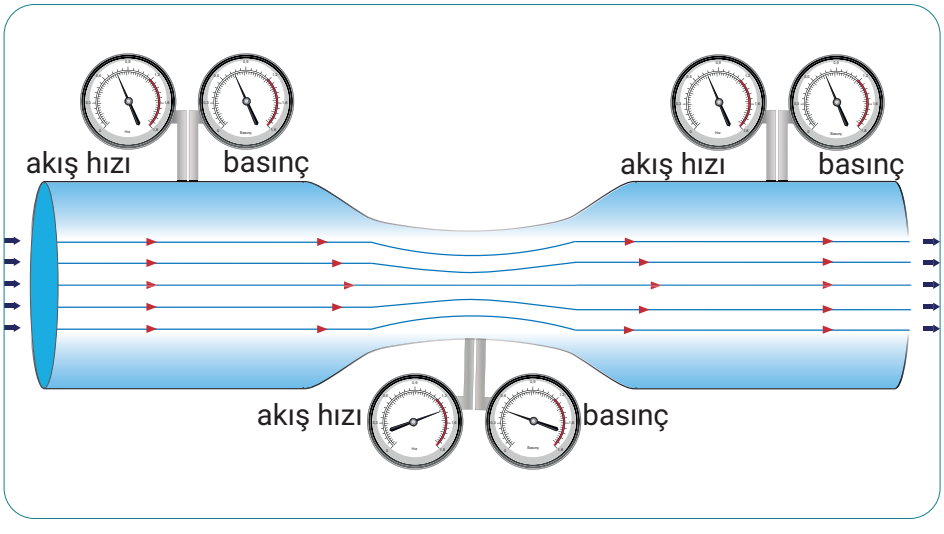
Belirli bir kesit alanından birim zamanda geçen akışkan miktarına **debi** denir. Nehirlerde, sulama kanallarında, içme suyu iletim hatlarında, petrol ve doğal gaz boru hatlarında sistemden geçen akışkan miktarı debi ölçülerek belirlenir. Sanayi tesislerinde de kullanılan akışkan miktarlarını belirlemenin en etkili yolu debi ölçümüdür. Sanayi tesislerinde akış ayar vanaları kullanılarak debi ayarlanır.

7.3.1. Debiölçerlerin Türleri

Kimya sektöründe akışkanlar borularla taşınır. Akışkan taşıyan kapalı sistemlerde debi ölçümü için venturimetre, rotametre gibi mekanik cihazlar kullanılır. Günümüzde ultrasonik debiölçerler gibi elektronik debi ölçüm cihazları da vardır.

Venturimetre

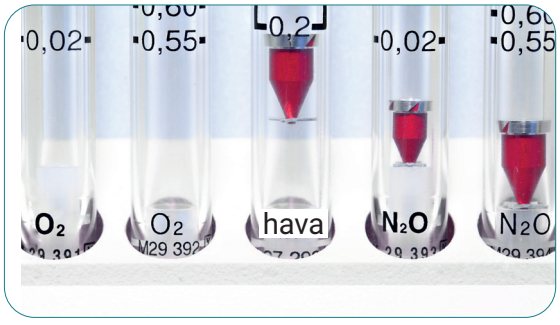
Daralan ve genişleyen kesitlere sahip bir borudur. Kesitin daralan bölümlerinde akım hızı artmakta ve basınç düşmektedir (Şekil 7.12). Venturimetrenin giriş ucunda ve kesitin en dar olduğu noktada basınç prizleri bulunur. Basınç prizlerine uygun bir manometre bağlanarak basınç ölçülüp fark hesaplanır. Ölçülen fark bir matematiksel eşitlikte yerine yazılarak debi bulunur. Venturimetre diğer debiölçer türlerine göre daha pahalı, büyük ve ağır bir cihazdır. Montajı zordur. Ancak akışkan basıncının çok büyük ya da çok küçük olması, akım hızının değişmesi ölçümün doğruluğunu fazla etkilemez. Uygun bir materyalden üretildiğinde korozif ve katı parçalar içeren akışkanların debisini de ölçebilir.



Şekil 7.12: Venturimetre kesiti ve basınç farkının ölçülmesi

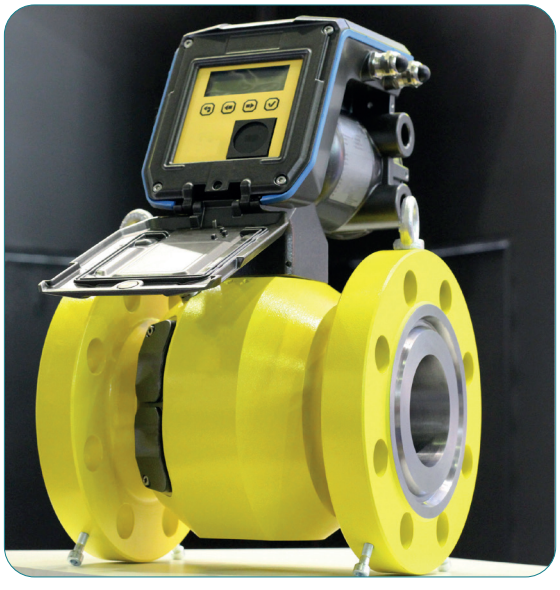
Rotametre

Konik biçimli, şeffaf bir ölçüm tüpü ile tüp içinde aşağı ve yukarı doğru serbest hareket edebilen bir şamandıradan oluşmaktadır. Şamandıraya etki eden kaldırma kuvveti ve akışkanın şamandıraya uyguladığı sürükleme kuvvetinin akışkanın ağırlığı ile dengelenmesi ilkesine dayanır. Debi sabitlendiğinde şeffaf konide yüzen şamandıraya etkiyen kuvvetler dengelenir ve şamandıra belli bir yükseklikte sabit kalır. Kalibrasyon sonucunda şeffaf koni üzerine yazılmış değerler yardımıyla debi belirlenir (Görsel 7.6).



Görsel 7.6: Rotametre

Rotametre ucuz, kolay monte edilen ve kullanım kolaylığı sağlayan bir cihazdır. Bu yüzden çok tercih edilir. Kullanılabilmesi için minimum ve maksimum debi aralığının bilinmesi gerekir. Akışkanın yoğunluğu, sıcaklığı ve türü değiştiğinde hatalı ölçüm yapar.



Görsel 7.7: Ultrasonik debiölçer

Ultrasonik Debiölçer

Boru üzerine mıknatısla tutturulan/yapıştırılan, iki ya da tek parçadan oluşan ultrasonik ses kaynağı ve algılayıcısı ile bu parçalara bağlı, elde taşınabilen bir el terminalinden oluşur (Görsel 7.7). Doğru ölçüm yapabilmesi için dirsek, vana gibi akımın türbülanslı olduğu kısımlardan uzakta kullanılmalıdır. Kullanılmadan önce cihazın kalibre edilmesi gerekir. El terminali kalibrasyon için kullanıcıyı yönlendirir. Monte edilmesi ve kullanılması çok kolaydır. Tesis içerisinde kullanılabileceği gibi arazi üzerindeki boru hatlarında da kullanılabilir.

7.3.2. Debi Takibinin Üretimdeki Önemi

Kimya endüstrisinde kullanılacak gaz, buhar ve sıvı hâldeki ham maddelerin istenilen debide, güvenli bir şekilde taşınabilmesi için uygun sistemler tasarlanır. Taşınan akışkanların hacmi, taşıma sisteminin verimli ve güvenli çalışıp çalışmadığı debi ölçülerek kontrol edilir. Uzun boru hatlarında belirli noktalarda debi ölçümleri yapılarak sızıntı olup olmadığı belirlenir.

Sürekli üretim yapılan tesislerde akışkan hâldeki ham maddeler reaktöre belli bir debi ile yüklenir. Reaktörden alınan ürünün debisi ölçülerek verimin istenilen seviyede olup olmadığı kontrol edilir. Depolama tanklarının dolması ya da boşalması için gereken süre taşınan akışkanın debisi ölçülerek belirlenir ve taşıma sistemi bu debiyle çalıştırılır.

7.4. SEVİYE ÖLÇÜMÜ

Depolanan sıvıların, toz ve granül hâldeki dökme katıların hacmi yükseklik (seviye) ölçümü yapılıp, deponun geometrik şeklinden yararlanılarak hesaplanır. Seviye ölçümü ile hacmi belirlenen maddenin, yoğunluğu kullanılarak kütlesi de bulunabilir.

7.4.1. Seviyeölçerlerin Türleri

Seviye ölçümü; nokta seviye kontrolü ve sürekli seviye kontrolü şeklinde iki farklı biçimde yapılır. Bir su deposunda kullanılan seviye ölçümü yöntemi, deponun boş, dolu veya belirli bir andaki durumunu gösteriyorsa nokta seviye kontrolü yapılmıştır. Eğer kullanılan yöntem, seviyenin anlık değişimini ölçüyorsa sürekli seviye kontrolü söz konusudur.

Seviye kontrolü için birçok geleneksel ve eski yöntem hâlen kullanılmaktadır. Örneğin; eski denizcilerin ucuna ağırlık bağlı halatlarla su derinliğini öçtüğü yöntemle motorlu taşıtlarda yağ seviyesini ölçen yağ çubukları aynı ilkeyle çalışır. Günümüzde radarla çalışan, titreşimli ve ultrasonik seviye sensörleri gibi gelişmiş cihazlar da kullanılmaktadır.

Hidrostatik Basınç ile Seviye Ölçümü

Sıvı seviyesinin sürekli ölçümünde kullanılan en eski yöntemlerden biridir. Bir kapta bulunan sıvının seviyesi yükseldikçe kabın tabanındaki basınç (hidrostatik basınç) artar. Tankın dibine yakın bir yüzeye monte edilen veya tankın dibine daldırılan bir sensör veya manometre, hidrostatik basıncı sürekli ölçer (Şekil 7.13). Sıvının özkütlesinden yararlanılarak sıvı yüksekliği hesaplanır.

Şekil 7.13: Hidrostatik basınç sensörleri ile seviye ölçümü

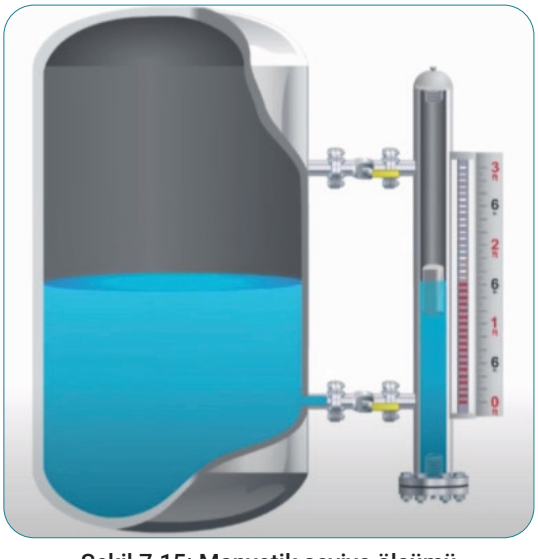
Saydam Borularla Seviye Ölçümü

Tanka monte edilen ve üzerinde ölçü çizgileri bulunan saydam bir boru yardımıyla sıvıların seviyesi sürekli olarak ölçülebilir (Şekil 7.14). Yöntem birleşik kaplar ilkesiyle çalışır. Borudaki sıvı yüksekliği tank içerisindeki sıvı seviyesi ile sürekli eşit olacaktır. Basit ve kullanışlı bir yöntemdir. Tank basıncının çok yüksek olması durumunda şeffaf boru basınca dayanamayabilir. Bu yüzden yüksek basınçlı tanklar için uygun değildir.

Şekil 7.14: Saydam borularla seviye ölçümü

Manyetik Seviye Ölçümü

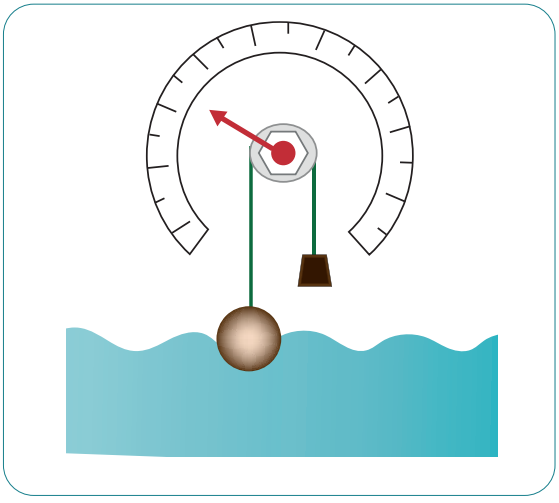
Saydam borulu seviyeölçerlerin yüksek basınçlı tanklar için geliştirilmiş türüdür. Saydam boru yerine basınca dayanıklı paslanmaz çelik boru kullanılır. Çelik boru içerisinde sıvı üzerinde yüzen küçük bir mıknatıs bulunur. Çelik borunun yanına içinde manyetik bir cisim bulunan yükseklik göstergeli şeffaf bir boru daha eklenmiştir (Şekil 7.15). Böylece çelik borudaki sıvı seviyesinin değişimi şeffaf borudan izlenebilir.



Şekil 7.15: Manyetik seviye ölçümü

Şamandıralı Seviye Ölçümü

Şamandıralı seviyeölçerler, sıvı seviyelerini ölçmek için kullanılır ve farklı biçimlerde tasarlanabilir. Nokta seviye ölçen şamandıralar, sıvı belli bir seviyeye geldiğinde sistemi açar ya da kapatır. Tuvaletlerde kullanılan sifon rezervuarlarında şamandıra, rezervuara gelen su akışını kapatır. Sürekli ölçüm yapan şamandıralı seviyeölçerler de vardır (Şekil 7.16). Motorlu taşıtların yakıt seviyesinin ölçümü, sürekli ölçüm yapan şamandıralı seviyeölçerlerle yapılır.



Şekil 7.16: Sürekli ölçüm yapan şamandıralı seviyeölçer

Diğer Seviye Ölçme Yöntemleri

Seviye ölçümünde kullanılan, elektrik iletimiyle seviye ölçen sensörler de vardır. Bu sensörler noktasal seviye ölçümü yapar. Elektrik akımını ileten sıvıların seviyesi, tank içerisinde belli noktalara yerleştirilmiş sensörlerle yapılır. Sensör, sıvı ile temas ettiğinde elektrik iletimi sağlanır; böylece sıvı seviyesi algılanmış olur.

Ultrasonik ses dalgaları, radyo ve radar sinyalleri ile de seviye ölçümü yapılabilir. Bu tür sensörler toz ya da granül katılar ile sıvıların seviyesini ölçebilir. Seviye ölçümünde optik sensörler de kullanılır. Katı ya da sıvı seviyesinin altında kalan optik sensöre gelen ışık miktarı değişir. Tank yüzeyinde belli seviyelere yerleştirilen optik algılayıcılar sayesinde noktasal seviye ölçümü yapılır.

Titreşince belirli frekansta ses çıkaran, **diyapazon** adı verilen araç, tank yüzeyinde belli seviyelere yerleştirilir. Sürekli titreşen diyapazon belli bir frekansta ses üretir. Diyapazon sıvı ya da katı seviyesinin altında kaldığında ise titreşimin oluşturduğu ses frekansı değişir. Tank içinde bulunan bir algılayıcı bu değişimi algılar. Böylece noktasal seviye ölçümü yapılmış olur.

7.4.2. Seviye Ölçümünün Üretimdeki Önemi

Üretimde sorunlar yaşamamak ve kaliteyi artırmak için, yapılan üretimin türüne göre seviye ölçüm aracı seçilmelidir. Bunun için ilk olarak kullanılan ham maddelerin özellikleri bilinmelidir. Kullanılacak minimum ve maksimum ham madde miktarları uzman kişilerce hesaplanmalıdır. Ürünün istenilen seviyeye ulaşıp ulaşmadığının, tankta veya depolama yerinde hangi seviyede ham madde olduğunun önceden bilinmesi çok önemlidir. Minimum ve maksimum limitlerin aşılmaması için önceden uyarı verecek en uygun seviye ölçüm sisteminin seçilmesi gerekir. Endüstriyel uygulamalarda uzun süreli çalışabilen, kendi kendini kontrol edebilen ve bu sayede insan kaynaklı hataları en aza indirgeyen araçlar geliştirilmiştir. Bu araçlar sürekli gözlem gerektirmeden, önceden belirlenen seviyelerde gerekli uyarıları yapar. Bu uyarılar sayesinde fazla veya kontrol dışı üretim, depolardan taşmalar ve yüksek basınçların oluşumu engellenir. Üretim durmaksızın devam eder. Özellikle kimyasal maddelerle çalışılan tesislerde seviye kontrolü yapılmadığı takdirde oluşabilecek kazalar ciddi sağlık sorunlarına ve can kayıplarına yol açar. Uygun bir seviye ölçüm cihazı sadece güvenliği sağlamakla kalmaz, çevre kirliliğini, israfı engeller, zaman ve maliyet kaybının önüne geçer.

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27524

4. UYGULAMA FAALİYETİ
SEVİYE KONTROLÜ

Güvenlik İşaretleri

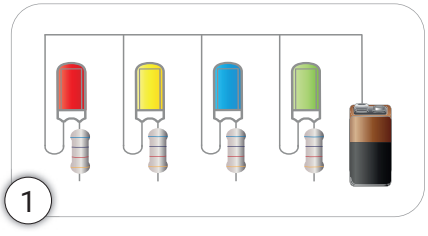
Amaç: Seviye ölçümü yapan bir devre hazırlamak.

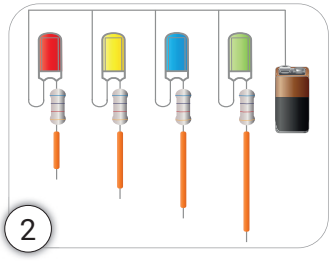
Araç gereç: 4 farklı renkte led ampül, 4 adet direnç (100 Ω), 9 V yassı pil, kablo, havya, lehim teli, su kabı.

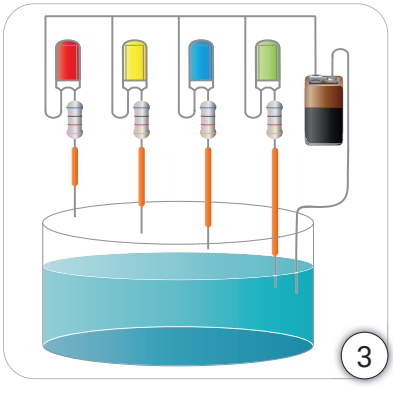
DİKKAT: Verilen malzemelerin yerine alternatiflerini kullanabilirsiniz. Yeni ve farklı tasarımlar yapabilir, farklı modeller geliştirebilirsiniz.

Uygulamanın Yapılışı

1. Ledleri dirençlere lehimleyerek ve üretece bağlayarak birinci görseldeki düzeneği hazırlayınız.
2. Farklı uzunlukta 4 kabloyu, direnç uçlarına ikinci görseldeki gibi küçükten büyüğe doğru lehimleyiniz.
3. Behere az miktarda su koyunuz. Pilin diğer ucuna bağladığınız krokodil kabloyu beherin içine yerleştiriniz. Sistemi, beherin üzerine suyun çok az dışında kalacak şekilde üçüncü görseldeki gibi yerleştiriniz.
4. Behere ilk kabloya temas edecek kadar su koyunuz. Ledin yanıp yanmadığını kontrol ediniz.
5. Sırası ile diğer kablolara su temas edecek şekilde behere su koymaya devam ediniz. Gözlemlerinizi not alınız.







Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	10	8	5	3
2	Dirençleri ve kabloları lehimler.	20	15	10	5
3	Üreteci bağlayarak devreyi kurar.	20	15	10	5
4	Sıvı seviye ölçümünü yapar.	20	15	10	5
5	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
6	Rapor hazırlar.	10	8	5	3

Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. **Üretimde sıcaklık kontrolü yapılmadığı takdirde ortaya çıkabilecek olumsuz durumlardan üç tanesini yazınız.**

.....
.....
.....
.....

2. **Seviye ölçüm aracı seçmeden önce üretimle ilgili hangi bilgilere sahip olmak gereklidir?**

.....
.....
.....
.....

3. **Aşağıda bazı iş alanları ve araçlar verilmiştir. Bu tesislerde ve araçlarda sıcaklık, basınç, debi ve seviye kontrollerinden hangilerinin yapılması gerektiğini karşısına yazınız.**

a) Şehre doğalgaz taşıyan hatlarda.....
b) Tekstil için kullanılan buharlı ütülerde.....
c) Tarım ürünleri depolamada kullanılan silolarda.....
ç) Hidroelektrik santrali kurulmak istenen nehirlerde.....
d) Petrol ofislerinde bulunan LPG depolarında.....

4. **Aşağıda bazı kontrol sistemi araçları verilmiştir. Bu araçların karşılarına hangi amaçla (basınç, sıcaklık, debi ve seviye kontrol) kullanıldığını yazınız.**

Ölçüm Aracı	Ölçme Alanı (sıcaklık / basınç / debi / seviye)
a) termokupllar	
b) venturimetre	
c) bourdon tüplü manometre	
ç) şekil değişikliği sensörleri	
d) termistörler	
e) diyapazonlu sistem	
f) rotametre	
g) kızılötesi ışın kameraları	
h) hidrostatik basınç sistemleri	

8.
ÖĞRENME BİRİMİ
PROSES ATIKLARINI ARITMA

KONULAR

8.1. PROSES ATIKLARINI ARITMA
8.2. PROSES ATIKLARININ DEPOLANMASI VE TAŞINMASI

Endüstrinin ihtiyaçlara paralel olarak hızla gelişmesi birçok sorunu da beraberinde getirdi. Yapılan üretimlerde açığa çıkan, çevreye zararlı ve tehlikeli atıkların miktarı arttı. Hemen hemen bütün endüstri dallarında; üretim araçlarında, depolama bölgelerinde, taşıma araçlarında biriken atıklar sorun çıkarmaya başladı. Sanayi tesislerinin kuruluş aşamasında; tesis çalışmaya başladığında açığa çıkacak atıklardan kurtulmak için gerekli çalışmaların yapılması zaruri hâle geldi. Atıkların özellikleri, atık kontrolü için gereken teknolojik gelişmeler, atık yönetimi stratejileri, maliyet gibi konular tartışılmaya başlandı. Endüstriyel atıkların temizlenmesi için yasal düzenlemeler yapıldı. Yapılan yasal düzenlemeler ve atık arıtma tesisleri sayesinde çevreye verilen zararlar azaltıldı. Geri dönüşüm sağlanarak ekonomik fayda oluşturuldu. Sürekli gelişen endüstri ve onunla paralel artan atıkları toplamak, arıtmak ve geri dönüşümlerini sağlamak için çalışmalar aralıksız devam etmektedir.

Bu öğrenme biriminde endüstriyel süreçlerden kaynaklanan atıkların arıtılması ve geri dönüşümlerinin sağlanması işlemlerinin nasıl yapıldığını öğreneceksiniz.

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

İçi, kullanılmış kızartma yağı dolu bir tencere nasıl temizlenir? Temizlik sırasında ve sonrasında nelere dikkat edilmelidir? Açıklayınız.

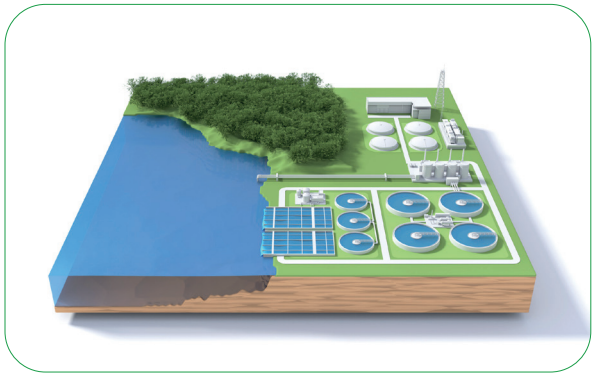
Çevrenizde gördüğünüz, geri dönüşüm için kullanılan kaplar ne gibi faydalar sağlıyor? Sizce bu kaplar amacına uygun kullanılıyor mu? Arkadaşlarınızla tartışınız.

8.1. PROSES ATIKLARINI ARITMA

Üretim için kullanılan araçlarda kalan kimyasallar, süreçlerin sağlıklı akışını engelleyerek zaman içinde korozyona sebep olabilmektedir. İstenmeyen organik ve anorganik atıklar bir sonraki üretimin kalitesini düşürmekte, verimi azaltmakta ve fazla enerji kullanımına sebep olarak maliyeti artırmaktadır. Donanımların temizlenmesi de sorunu tamamen çözmemektedir. Ayrıca temizlikte kullanılan çözücüler çevreye zarar verebilmekte, temizlik sonrasında oluşan atıklar tekrar problem oluşturabilmektedir. Bu nedenle donanımların temizliği kadar önemli bir diğer aşama da üretim ve temizlik sırasında oluşan, ortamdan uzaklaştırılması gereken atıkların arıtılmasıdır. Arıtma işlemleri için atık arıtma sistemleri kurulmaktadır. Kurulan arıtma sistemleriyle maksimum miktarda atığın geri dönüşümünün sağlanması, geri dönüştürülen maddelerin kirlilik içermemesi amaçlanmaktadır.

Üretim çeşidine göre açığa çıkan atıklar da çeşitlilik göstermektedir. Bu yüzden atık türüne göre, kullanılan arıtma sistemleri de değişmektedir. Bunlardan en önemlisi, günümüzde çevre kirliliğinin önüne geçmek ve geri dönüşüm sağlamak için yaygınlaşan atık su arıtma tesisleridir.

Atıkları arıtmak için kurulan tesislerin planlama, tasarım ve yapımı dikkat gerektirmektedir (Görsel 8.1). Kurulacak tesisin koku yayması, gürültü kirliliği oluşturması, su kaynaklarına zarar vererek ekosistemi bozması ve ekonomik olarak riskleri öngörülmelidir. Ayrıca arıtma tesisleri, düşük kotlu ve oldukça geniş bir araziye koruma ve genişleme bandı bırakılarak kurulmalıdır. Yerleşim yerlerinden, arkeolojik kalıntılardan mümkün olduğunca uzak, arıtılan sularla sulama yapılacak tarım arazilerine ise yakın olmalıdır. Kurulacak alan olarak geçmiş 100 yıl içinde taşkın yaşanmamış bir arazi seçilmelidir. Tesise ulaşımın, enerji sağlamanın ve çevreyle haberleşmenin kolay olması gereklidir.



Görsel 8.1: Atık su tesisi modeli

8.2. PROSES ATIKLARININ DEPOLANMASI VE TAŞINMASI

Üretim süreçlerinde oluşan atıkların yerinde temizlenmesi her zaman mümkün olmaz. Bazı üretim süreçlerinde fazla miktarda atık oluşabilir veya üretim alanı atıkların bekletilmesi için uygun olmayabilir. Bu durumlarda atıkların, belirlenmiş bir alanda depolanması ve işlem görmek üzere başka bir yere taşınması gerekir. Depolanacakları alanın atıkların fiziksel ve kimyasal özelliklerine uygun olması önemlidir. Atıkların çevresiyle etkileşmemesi, özelliğine göre havalandırılması veya çevresinden yalıtılması, ortam sıcaklığının ayarlanması gibi birçok etmen göz önünde bulundurulmalıdır. Kimyasal atıkların depolanma ve taşınma işlemleri çoğunlukla tehlikeli ve maliyetlidir. Bu nedenle atıklar, geçici depolama alanında kısa süre tutulmalı ve işlem göreceği yere taşınması uzman kişiler tarafından ve uygun taşıma araçlarıyla yapılmalıdır.

Sanayide çok büyük miktarlarda su kullanılır. Su ve su içeren atıkların depolanması katı atıklara göre daha zor ve maliyetlidir. Bu nedenle endüstriyel atık sular genellikle depolanmaz. Uygun biçimde arıtılarak yeniden kullanılır ya da doğaya geri verilir. Sudan arındırılmış katı hâldeki atıklara uygulanan arıtma işlemleri ile ham maddelerin bir kısmı geri kazanılır. Bunlardan ticari değeri olan ürünler elde edilir. Geri kalan atıklar ise yasalara uygun biçimde bertaraf edilir.

Endüstriyel atıkların arıtılması, çevre kirliliğine engel olduğu gibi tesise maddi kazanç da sağlar. Modern işletmelerin birçoğu, büyük ekonomik fayda sağlayan ve çevreye zarar vermeden yerinde çözüm sunan kendi arıtma ve dönüşüm sistemlerini kurar. Ayrıca birçok belediye de bölgelerinde evlerden ve sanayi bölgelerinden gelen atık suları arıtmak amacıyla çok büyük tesisler inşa eder (Görsel 8.2).

Görsel 8.2: Atık su tesisi

Ülkemizde atıkların taşınması, depolanması ve bertaraf edilmesiyle ilgili işlemler **Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik, Atık Yönetimi Yönetmeliği** çerçevesinde yapılır. Bazı endüstri atıklarının ise kendine has yönetmelikleri mevcuttur. Örneğin maden atıkları ile ilgili işlemler **Maden Atıkları Yönetmeliği**'ne göre yapılır.

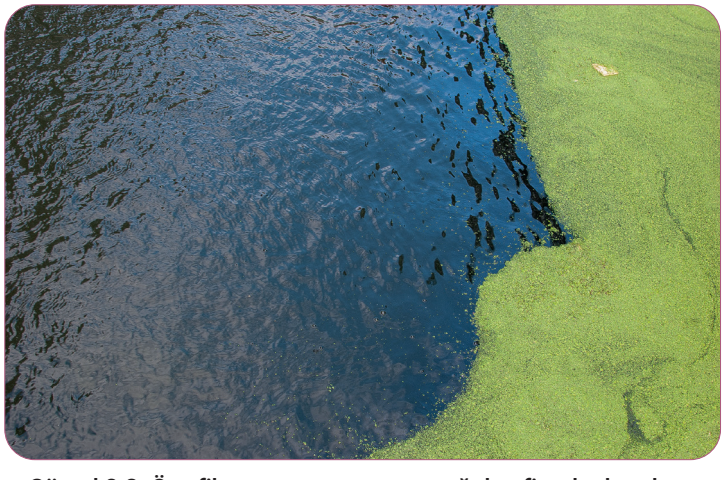
8.2.1. Sanayi Atık Sularının Temizlenmesi

Endüstriyel gelişim ve yaşam standartlarının yükselmesi ile birlikte temiz suya duyulan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Artan temiz su talebi, miktarı sabit ve sınırlı olan su kaynaklarının korunmasını gün geçtikçe daha zorunlu hâle getirmektedir. Var olan su kaynaklarının evsel ve endüstriyel atıklarla kirletilmemesi, toplumun sağlıklı ve refah içinde gelişebilmesi için hayati öneme sahiptir.

Sanayide kullanılan atık suların bileşimi, üretilen maddeye ve üretim yöntemine göre değişir. Örneğin deri ve tekstil sanayisinden gelen atık sular, boyar maddeler içerdikleri için renklidir ve katı madde taşır. Demir-çelik, metal kaplama, altın ve gümüş madenciliği vb. yapılan tesislerden gelen atık sular; ağır metaller ve diğer anorganik toksik maddeleri ihtiva eder. Şeker fabrikalarından gelen atık suların içerisinde ise nispeten zararsız olan yıkama atıkları (çamur) ve pancar kalıntıları bulunur.

Su arıtma tesisleri tasarlanırken atık suyun içerdiği kirleticilerin türü dikkate alınır. Örneğin metalurji tesislerinden gelen atık sular çözünmemiş anorganik katılar, yağ ve çözünmüş ağır metaller içerirken organik madde içermez. Bu tesis için tasarlanan arıtma ünitesinde biyolojik arıtmaya gerek duyulmaz.

Endüstriyel tesislerin soğutma suları, kimyasal ve biyolojik kirleticiler içermemelerine rağmen alıcı ortamın (suyun geri verildiği kaynağın) sıcaklığını değiştirerek ekolojik dengeyi bozar. Sulardaki ani sıcaklık değişimi, bazı canlıların yaşamasını imkânsız kılarken bazı canlıların aşırı çoğalmasına neden olur. Endüstriyel atık suların alıcı ortama verilmesi ile ortaya çıkan en büyük problem ötrofikasyondur. Atık suların içerisinde bulunan azot ve fosfor elementleri sularda yaşayan tek hücreli canlıların besin maddesidir. Bu canlılar, fazla miktarda azot ve fosfor içeren sularda aşırı çoğalarak sudaki tüm oksijeni tüketir (Görsel 8.3). Bu durum, balıklar gibi oksijene ihtiyaç duyan diğer canlı türlerinin yok olmasına sebep olur. Zamanla dibe çöken organik atıklar, oksijensiz ortamda bozunarak rahatsız edici bir koku yayar.



Görsel 8.3: Ötrofikasyon sonucu aşırı çoğalan fitoplanktonlar

Bilgi Kutusu

Hemen hemen tüm bitkiler ve bazı mikroorganizmalar tarafından üretilen kalın, yapışkan maddeye **müsilaj** denir. Müsilaj, biyolojik ve kimyasal birçok koşulun bir araya gelmesiyle oluşur. Denizlerde, göllerde meydana gelen müsilaj yapışkan ve bulaşkan bir yapıda olduğu için canlı organizmanın vücuduna yapışır. Su yüzeyini ve tabanını kaplayarak ışık ve oksijen alınımını engeller, su içindeki hayatı sona erdirir.

Müsilaj oluşumunun başlıca nedenleri deniz sıcaklığının artması, suların akıntılı olmaması ve kirliliktir. Müsilajı engellemek için hiçbir atık denize atılmamalıdır. Evsel, tarım ve sanayi atıkları denizlere karıştırılmamalı; arıtma tesislerinde arıtılmalıdır. Ayrıca deniz canlılarının bilinçli avlanması sağlanmalıdır. Midye, deniz hıyarı gibi denizin temizliğini yapan canlıların bilinçsizce avlanması engellenmelidir. Küresel ısınmayı artıracak her türlü faaliyet kontrol altına alınmalıdır. Canlı hayatının devam etmesi için her birey, gerekli çevre bilincine sahip, sorumluluklarının farkında ve başka canlıların hayatını önemseyecek şekilde yetiştirilmelidir.

Atık suların arıtılmasındaki ilk aşama atık suyun kalitesinin (ne dereceye kadar arıtılacağının) belirlenmesidir. Öncelikle kirlilik yapıcı maddelerin üst limitleri yasal düzenlemelerle belirlenmelidir. Atık suyun kalitesi belirlenirken de bu yasal düzenlemeler ve alıcı ortamdaki su kalitesi göz önünde bulundurulmalıdır.

Atık suların arıtılması sırasında ulaşılmak istenen hedefler;

- atık su içindeki katı maddelerin giderilmesi,
- atık su içindeki yağ ve hidrokarbonların temizlenmesi,
- atık su içindeki azot ve fosforun giderilmesi,
- atık su içindeki çözünmüş hâldeki kirleticilerin giderilmesidir.

8.2.2. Atık Su Arıtımında Kullanılan Yöntemler

Endüstriyel atık suların arıtılmasında kullanılan yöntemler genel olarak aşağıdaki biçimde sınıflandırılabilir:

Birincil Atık Su Arıtımı (Fiziksel Arıtma)

Atık su arıtımının ilk ve atık sudaki çözünmemiş katı maddelerin mekanik ve kimyasal yöntemlerle çöktürülmesi aşamasıdır.

Mekanik arıtma yöntemleri, atık suyun barındırdığı çözünmemiş katıların yer çekimi aracılığıyla çöktürülmesi için yapılan işlemleri içerir. Atık su içerisinde yer alan genellikle 40 mm'den büyük katılar demir taraklar kullanılarak ayrılır. Ardından atık su, gözenek açıklığı büyükten küçüğe doğru sıralanmış süzgeçlerden geçirilerek daha küçük boyutlu (genellikle 3 mm'den büyük) katılardan arındırılır.

Süzgeçlerde kalan katılar toplanıp alınır. Elde edilen katı, büyük oranda su içeren, çürümeye yatkın çamurdur. Süzgeç çamuru, küçük tesislerde kireç karıştırılarak gömülür. Büyük tesislerde ise özel kuyularda biyolojik olarak bozundurulur (çürütülür) veya kok ile karıştırılarak yakılır.

Eğer varsa atık su içerisindeki yağ, yağ ayırma ünitesinde ayrılır. Yüksek yoğunluklu anorganik katılar (kum, toprak vb.) ise suyun akış hızının 30-35 cm/s olduğu kum çöktürme havuzlarında çöktürülür.

Atık su, düşük yoğunluklu ve daha küçük boyutlu katıları çöktürmek için akış hızının 1-2 mm/s olduğu çöktürme havuzlarına alınır. Suyun akış hızı çok düşük olduğu için tesiste çok sayıda çöktürme havuzu bulunur (Görsel 8.4). Atık su içindeki asılı tanecikler boyutlarına ve yoğunluklarına göre çamur hâlinde çöker. Çamur, çoğunlukla organik maddelerden oluşur ve bol miktarda su tutar. Çöktürme havuzlarından alınan çamur biyolojik ve kimyasal bozunmaya uğrayarak H_2S gibi kötü kokulu gazların oluşmasına neden olur. Bu nedenle açık havada kurutulamaz. Santrifüjle ya da sıcak havayla kurutulduktan sonra bir fırında ısıtılarak koklaştırılır. Koklaştırma işleminde yanabilir bir gaz karışımı elde edilir. Gaz karışımı ve koklaşmış çamur yakılarak enerjiye dönüştürülür. Ancak koklaştırma tesisinin maliyeti yüksektir. Bazı durumlarda çamur özel kuyularda çürütülür. Çürüme kuyularında da bol miktarda metan gazı açığa çıkar. Açığa çıkan metan gazı yakıt olarak kullanılabilir.

Görsel 8.4: Modern bir arıtma tesisi ve çöktürme havuzları

Mekanik arıtmaya tabi tutulan atık su, az miktarda çökmeyen kolloidal kirleticiler ve proses türüne bağlı olarak değişen türde ve miktarda çözünmüş bileşenler içerir; hafif bulanık görünür. Mekanik arıtma sonunda atık su, kalitesi yasalarla belirlenen limitleri aşmıyorsa uygun bir alıcı ortama (deniz, nehir) verilebilir.

Atık su kalitesi yasal limitlerin üzerindeyse, yakınlarda uygun bir alıcı ortam bulunmuyorsa veya daha ileri bir arıtım isteniyorsa kimyasal arıtma yöntemi uygulanır.

Kimyasal arıtma yöntemleri, atık su içindeki çok küçük boyutlu, çökmeyen katıların kimyasal maddeler yardımıyla çöktürülmesini sağlar. Çöktürücü ajan (koagülant) olarak $Al_2(SO_4)_3$ veya $Fe_2(SO_4)_3$ gibi tuzlar kullanılır. Atık su, içine uygun miktarda çöktürücü ajan ilave edildikten sonra çöktürme havuzlarına alınır. Havuzlarda çok küçük boyutlu katılar birbirine yapışarak floklar (küçük topaklar) oluşturur. Flokların büyük kısmı kendiliğinden çöker. Çökmeyen kısım süzülerek ayrılır.

Bazı tesislerde kimyasal çöktürme yerine **elektrolitik yöntemler** kullanılır. Atık su, bol miktarda çözünmüş iyon içerdiğinden iyi bir iletkendir. Atık suya düşük voltajlı elektrik akımı verilerek floklaşma sağlanır. Anot olarak demirden yapılmış örgü teller, katot olarak

kömür kullanılır.

Kimyasal arıtma işlemi sonunda içerisindeki katı maddelerin tamamına yakını giderilen atık su, berrak görünür. Klor gibi kuvvetli oksitleyici kimyasallarla dezenfekte edilerek alıcı ortama verilir.

İkincil Atık Su Arıtımı (Biyolojik Arıtma)

Suda çözünmüş olan organik maddelerin mikroorganizmalar yardımıyla CO_2, CH_4 gibi daha basit moleküllere parçalanmasını kapsar. Atık su içerisinde bulunan bazı temizlik ürünleri, dezenfektanlar, pestisitler, yüksek konsantrasyonlu ağır metaller gibi maddeler mikroorganizmaların üremesini engeller. Biyolojik arıtma işleminin yapılmasını güçleştirir. Bu nedenle su, öncelikle içerisindeki bu maddelerden arıtılmalıdır. Krom (Cr), bakır (Cu), kurşun (Pb), cıva (Hg), manganez (Mn), kadmiyum (Cd), nikel (Ni) ve arsenik (As) gibi metallerin katyonları pek çok canlı için toksiktir. Metalurji, tabakhane, kimyasal imalat, madencilik, pil imalat endüstrileri gibi yerlerden gelen atık su, bu toksik ağır metallerden bir veya daha fazlasını içerir. Eğer ağır metallerin arıtımı yapılmazsa suda yaşayan canlıların bünyesine karışarak besin zinciri yoluyla evlerdeki sofralara kadar ulaşır.

Ağır metaller, genellikle atık suyun pH'ı değiştirilerek hidroksitleri şeklinde ya da uygun kimyasallar yardımıyla sülfat ve karbonatlar şeklinde çöktürülerek ayrılır. Çöktürme dışında pıhtılaştırma (flokülasyon) ve kompleks oluşturma gibi geleneksel yöntemler kullanılır. Atık su, daha ileri arıtım için aktif karbon gibi absorblayıcılar üzerinden geçirilir. Bu yolla içerisindeki ağır metal katyonlarının yüzeye bağlanıp ayrılması sağlanır. Maliyeti düşürmek için turba, yün, ipek, su sümbülü (Görsel 8.5) gibi geleneksel olmayan absorblayıcıların kullanımı üzerinde çalışılmaktadır.

Görsel 8.5: Atık sulardan ağır metallerin arıtılmasında kullanılabilen su sümbülleri

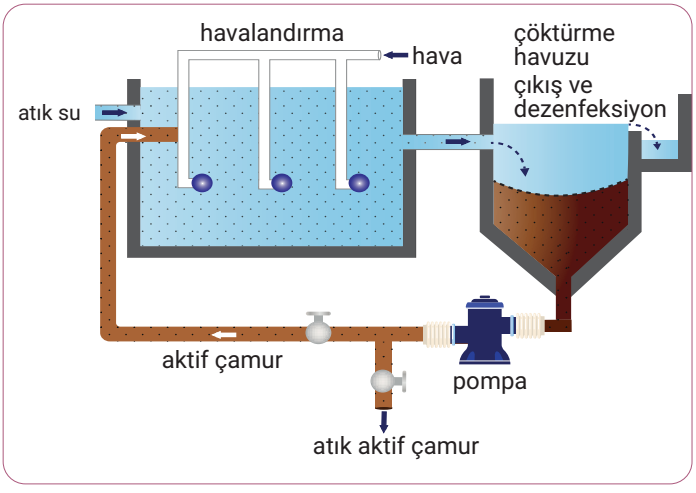
Son zamanlarda ağır metallerin atık sulardan uzaklaştırılmasında daha modern yöntemler de kullanılmaktadır. Bunlardan biri de moleküler kapsüllemedir. **Moleküler kapsüller,** 10 nm ile 1 mm arasında değişen boyutlarda, aktif bir çekirdek etrafına sarılı kabuk kısmından oluşan yapılardır. Bu yapılar, **akıllı kapsül** olarak da adlandırılır.

Ağır metaller ve diğer toksinlerin giderilmesinin ardından çözünmüş organik madde içeren atık sular, biyolojik arıtmaya tabi tutulur. Biyolojik arıtma, oksijenli (aerobik) veya oksijensiz (anaerobik) ortamda gerçekleştirilebilir. Arıtmanın oksijenli ve oksijensiz ortamlarda farklı olmasının sebebi, bu ortamlarda yaşayan mikroorganizmaların türlerinin farklı olmasıdır. Her iki yöntemin de kendine özgü avantajları vardır.

Biyolojik arıtmada en yaygın kullanılan yöntemler aktif çamur ve damlatmalı filtre yöntemleridir.

Aktif Çamur Yöntemi

Biyolojik arıtmada kullanılan en eski yöntemdir (Şekil 8.1). Çok çeşitli kaynaklardan gelen atık suyu yüksek verimle arıtabilmesi en önemli avantajıdır. Bu yöntemde organik madde içeren atık su, sürekli havalandırılarak aerobik koşullar elde edilir. Sudaki mikroorganizmalar organik maddeleri parçalayarak çoğalır ve enerji üretir. Azot ve fosforlu bileşiklerin bir kısmı da mikroorganizmalar tarafından kullanılır. Atık su, biyokimyasal reaksiyonlar tamamlandığında çöktürme havuzuna alınır. Çöktürme havuzunda, atık su içindeki mikroorganizmalar çöktürülerek ayrılır. Çöken çamurun bir kısmı havalandırma havuzuna verilerek havuzdaki mikroorganizma popülasyonu desteklenir. Çöktürme havuzundan alınan su dezenfekte edilerek alıcı ortama verilir.



Şekil 8.1: Aktif çamur yönteminin bileşenleri ve madde akışı

Damlatmalı Filtre Yöntemi

Damlatmalı filtreler, genellikle dairesel kesitli havuzun 10 cm çapında kırma taş ile doldurulmasıyla elde edilir (Görsel 8.6). Filtre yüksekliği 1,5-2 metre civarındadır. Atık su, dolgu malzemesinin üzerine döner bir fıskiye ile püskürtülür. Filtre tabanından gerekli havalandırma yapılır. Kırma taş (dolgu malzemesi) yüzeyinde bir film tabakası şeklinde gelişen mikroorganizmalar sudaki organik atıkların çoğunu, azot ve fosforlu bileşiklerin bir kısmını parçalar. Mikroorganizmalardan oluşan ince tabaka mikroorganizmaların çoğalmasıyla giderek kalınlaşır. Aşırı kalın mikroorganizma tabakası yeterli besini bulamaz. Dolgu yüzeyinden koparak suyla sürüklenir. Çözünmüş organik bileşenlerden arındırılan atık su, bir çöktürme tankına alınır. Mikroorganizmalar çamur şeklinde çöker. Aktif çamur yönteminde olduğu gibi bir miktar çamur, mikroorganizma popülasyonunu desteklemek için filtreye geri verilir. Çöktürme tankından alınan arıtılmış su da dezenfekte edilerek alıcı ortama verilir.

Görsel 8.6: Bir arıtma tesisinde damlatmalı filtreler

Üçüncül (İleri Seviye) Atık Su Arıtımı

Genellikle birinci ve ikinci seviye arıtma işlemleri atık su kalitesini yasal olarak belirlenmiş seviyeye çekmek için yeterlidir. Ancak arıtılmış suda nispeten düşük derişimli organik ve

anorganik maddeler kalır. İleri seviye atık su arıtımı, bu kalan organik ve anorganik maddelerin giderilmesi için uygulanan arıtma yöntemlerini kapsar. İleri arıtma yöntemleri, fiziksel ve biyolojik arıtma yöntemlerinden daha pahalı oldukları için her arıtma tesisinde kullanılmaz.

İleri seviye atık su arıtma türleri ve uygulanan bazı işlemler Tablo 8.1'de verilmiştir.

Tablo 8.1: İleri Seviye Arıtma Türleri ve Uygulanan İşlemler

Arıtma Türü	İşlem
çözünmemiş katı maddelerin giderilmesi	**filtrasyon** **mikro elek**
azot giderimi	**nitrifikasyon** (Azotlu bileşiklerin nitrat hâline dönüştürülmesi işlemidir.) **denitrifikasyon** (Nitratın azot gazına dönüştürülmesi işlemidir.)
fosfor giderimi	biyolojik fosfor giderimi kimyasal çöktürme
toksik bileşiklerin ve kararlı organik bileşiklerin giderimi	**kireç ile çöktürme** **karbon absorbsiyonu** (Arıtılacak moleküllerin çok gelişmiş bir gözenek yapısına ve çok büyük iç yüzey alanına sahip aktif karbon tarafından tutulması işlemidir.) **kimyasal oksidasyon** (Yükseltgenme tepkimeleri yardımı ile safsızlıkların uzaklaştırılması işlemidir.)
çözünmüş iyonların giderimi	**kimyasal çöktürme** **iyon değişimi** **ultrafiltrasyon** (Hidrostatik basınç yardımı ile yarı geçirgen bir zara, arıtılacak suyun itilmesi ve bu sayede sudan safsızlıkların ve makro moleküllerin uzaklaştırılması işlemidir.) **ters ozmos** (Sudan istenmeyen moleküllerin ve daha büyük parçacıkların giderilmesi için kısmen geçirgen membran kullanılan bir arıtma işlemidir.) **elektrodiyaliz** (İyonların elektrik alanı yardımıyla iyon seçici membranlardan geçirilerek ayrılması işlemidir.)
uçucu organik bileşiklerin giderimi	**buharlaştırma** **gaz sıyırma** (Atık su içerisinden hava geçirilerek uçucu bileşiklerin ayrılması işlemidir.)

http://kitap.eba.gov.tr/KodSor.php?KOD=27528

1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI
BİRİNCİ SEVİYE ATIK SU ARITIMI

Güvenlik İşaretleri

Amaç: Basit malzemeler kullanarak birinci seviye atık su arıtımı yapmak.

Araç gereç: İki litre kirli bataklık, nehir veya göl suyu, 3 litre temiz içme suyu, kapaklı 3 adet 2,5 litrelik, 1 adet 1 litrelik plastik şişe, 2 adet 100 mL'lik erlen, 1 adet tıpa, ince kum, iri kum, küçük boyutlu çakıl taşı, aktif karbon veya odun kömürü tozu, pamuk, maket bıçağı, cam baget.

Kimyasal maddeler: Şap [$KAl(SO_4)_2.12H_2O$].

DİKKAT: Arıttığınız suyu içmeyiniz.

Uygulamanın Yapılışı

1. Kirli suyu 2,5 litrelik pet şişeye koyup şişenin kapağını kapatınız. Kapağını kapattığınız şişeyi 30 saniye boyunca kuvvetlice çalkalayınız.
2. Deney sonunda karşılaştırma yapabilmek için kirli suyun bir miktarını erlene koyarak erlenin ağzını tıpa ile kapatınız.
3. 2,5 litrelik pet şişelerin üst kısmını kesiniz. Bu şişeler suyu havalandırmak için kullanılacaktır.
4. Kirli suyu havalandırma kabına (üst kısmı kesik şişe) koyup 10 cm yüksekten diğer havalandırma kabına aktarınız. Bu işlemi 10 defa tekrarlayınız. İşlem sonunda suda çözünmüş olan uçucu bileşikler uzaklaştırılmış olacaktır.
5. Kirli su havalandırma kabında iken kaba 2 yemek kaşığı şap ekleyerek 5 dakika boyunca yavaş yavaş karıştırınız.
6. Sudaki katı maddelerin çökmesi için şişeyi, 30 dakika boyunca kıpırdatmadan bekletiniz. Bekleme süresince 5 dakika aralıklarla şişeyi ve çöken katı miktarını gözlemleyiniz.
7. İnce kum, iri kum ve çakıl taşlarını temiz suyla yıkayınız.
8. Filtreleme işlemi için 1 litrelik pet şişenin taban kısmını keserek kapağını çıkarınız.
9. Şişeyi ağzı aşağı gelecek şekilde konumlandırarak içine sırasıyla geniş bir pamuk parçası, pamuğun üzerine en az ikişer cm yüksekliğinde ince kum, aktif kömür, iri kum ve çakıl taşı doldurunuz.
10. Kirli suyu, tabanındaki tortular dağılmayacak şekilde dikkatlice hazırladığınız filtreye dökünüz.
11. Filtre ettiğiniz suyun bir kısmını temiz bir erlene alarak kirli su örneğiyle karşılaştırınız.

Yapacağınız çalışma aşağıdaki ölçütlere göre değerlendirilecektir.

Değerlendirme Ölçütleri		Performans Düzeyi			
		Çok İyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1	Laboratuvarda güvenlik kurallarına uyar.	20	15	10	5
2	Havalandırma işlemini yapar.	20	15	10	5
3	Filtreleme işlemini yapar.	20	15	10	5
4	Çalışma ortamını temizler.	20	15	10	5
5	Rapor hazırlar.	20	15	10	5

8.2.3. Sürdürülebilirlik ve Yeşil Kimya

Sürdürülebilirlik, kaynakların günümüzde ve gelecekte insan ihtiyaçlarını karşılayabilecek şekilde kontrollü kullanılmasıdır. Dünyada, üretime dayalı en büyük sektörlerden biri olan kimya sektöründe sürdürülebilirlik **yeşil kimya** olarak adlandırılır. **Yeşil kimya,** çevre kimyası gibi, kimyasal kirliliğin giderilmesini değil, hiç oluşmamasını amaçlar. Öğrenci laboratuvarlarından devasa kimya tesislerine kadar kimyanın var olduğu her alanda sürdürülebilir uygulamalar, çevreyle uyumlu yaklaşımlar geliştirmeye çalışır. Bu uygulama ve yaklaşımlar toplumsal kalkınmayı sağlar.

Paul Anastas (Pol Anastas) ve John Charles Warner (Con Çarls Vonı) 1998 yılında yayımladıkları bir makalede yeşil kimyayı 12 ilkeyle tanımlamıştır. Tüm dünyada kabul gören bu ilkeler şunlardır:

1. **Önleme:** Atıkları önlemek, atıkları oluşturulduktan sonra işlemekten veya temizlemekten daha kolaydır.
2. **Atom ekonomisi:** Sentetik yöntemler, kimyasal bir süreçte kullanılan tüm ham maddelerin nihai ürüne dahil edilmesini en üst düzeye çıkarmaya çalışmalıdır. Bu, sonuç olarak daha az atık üretileceği anlamına gelir.
3. **Daha az tehlikeli kimyasal sentezler:** Sentetik yöntemler, insanlar ve / veya çevre için toksik maddeler kullanmaktan veya üretmekten kaçınmalıdır. Gerekirse reçetelerde değişiklik yapılmalıdır.
4. **Daha güvenli kimyasallar tasarlamak:** Kimyasal ürünler, mümkün olduğu kadar toksik olmayacak ve istenen işlevi elde edecek şekilde tasarlanmalıdır.
5. **Daha güvenli çözücüler ve yardımcı maddeler:** Yardımcı maddelerden mümkün olduğunca kaçınılmalı ve kullanılması gerektiğinde bu yardımcı maddeler mümkün olduğunca tehlikesiz olmalıdır. (Örneğin su kullanılmalıdır.)
6. **Enerji verimliliği için tasarım:** Enerji gereksinimleri en aza indirilmeli ve işlemler mümkün olduğunca ortam sıcaklığında ve basıncında gerçekleştirilmelidir.
7. **Yenilenebilir ham maddelerin kullanımı:** Kimyasal süreçlerde yenilenebilir ham maddeler, daima yenilenemez olanlara tercih edilmelidir.
8. **Türevlerin azaltılması:** İlave reaktif gerektiren uygulamalardan kaçınılmalı ve türevlerin üretilmesi mümkünse en aza indirilmeli veya bundan kaçınılmalıdır. Çünkü bu tür adımlar ek reaktifler gerektirir ve ek atık üretebilir.
9. **Kataliz:** Bir reaksiyonu daha verimli kılmak için küçük miktarlarda kullanılabilen katalizörler, ham maddelerden daha az atık çıkmasını sağlar. Katalizlenmiş reaksiyonlar üstündür.
10. **Bozulma için tasarım:** Kimyasal ürünler çevreyi kirletmeyecek şekilde tasarlanmalı; işlevleri tamamlandığında, kendiliğinden zararsız ürünlere parçalanmalıdır.
11. **Kirlilik önleme için gerçek zamanlı analiz:** Tehlikeli maddeler oluşmadan önce, gerçek zamanlı, üretim süreci içerisinde izleme ve kontrol yapılmalı, analitik ölçüm yöntemleriyle kimyasal ürünler izlenmelidir.
12. **Kaza önleme için doğası gereği daha güvenli kimya:** Üretim süreçleri, prosesteki maddeler ve bu maddelerin biçimleri; patlama, yangın ve kaçak yolu ile çevreye salınım gibi riskleri en aza indirecek biçimde tasarlanmalıdır.

Geleneksel üretim süreçlerinde bu koşullardan tümünün aynı anda sağlanması oldukça zordur. Yeşil kimya ilkelerinin hayata geçirilebilmesi için kimyacıların ve kimya mühendislerinin yeni bakış açıları geliştirerek ürünleri ve üretim süreçlerini yeniden tasarlaması gerekmektedir.

OKUMA PARÇASI

SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE YEŞİL KİMYA

Yaklaşık 1000 yıl önce Paskalya Adası'nda trajik bir toplumsal çöküş yaşanmıştır. Ada, Pasifik Okyanusu'nda ana karaya çok uzak bir konumdadır. İlk yerleşimcileri diğer Pasifik adalarında olduğu gibi Polinezyalılardır. Ada halkı, milattan sonra 1000 yılından itibaren **moai** denilen dev heykeller inşa etmeye başlamıştır. Ortalama boyları 11 metre, ağırlıkları ise 55 ton civarında olan bu heykelleri taşımak için yıllar boyu çok miktarda ağaç kesmişlerdir. Sonuç olarak ormansızlaşan ada, rüzgâr ve yağmur erozyonuyla verimli topraklarını kaybetmiştir. Ada halkı, ağaç olmadığı için gemi yapamamış, bunun sonucunda balığa çıkamadığı gibi adadan da ayrılamamıştır.

İnsanlık tarihi boyunca buna benzer pek çok toplumsal çöküş yaşanmıştır. Bu çöküşlerin en bilinenlerinden biri de Mezopotamya'da, MÖ 4000-2000 yılları arasında hüküm sürmüş ve gelişmiş bir sulama sistemi kullanan Sümer medeniyetinin çöküşüdür. Sümerler, Fırat ve Dicle'nin suları ile yüzyıllarca suladıkları topraklarda tuzlanmaya sebep olmuşlardır. Bu nedenle sürdürülebilir tarım faaliyeti yapacak verimli toprakları kalmamıştır.

Geçmişte yerel ekosistemlerin çöküşüyle yaşanan sorunlar yalnızca o bölgede yaşayan toplumları etkilemiştir. Ancak günümüzde yaşanacak çevre sorunları tüm dünyayı etkileyecek boyutta olacaktır. Bu çevre sorunlarının sebep olacağı yıkımların da dünya çapında olacağını tahmin etmek güç değildir.

Yazarlar tarafından yazılmıştır.

Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. **Evlerde oluşan kimyasal atıklardan bildiklerinizi yazınız.**

.....
.....
.....
.....
.....

2. **Doğanın kendi kendini arıtma özelliği var mıdır? Varsa örnek veriniz.**

.....
.....
.....
.....
.....

3. **Sanayinin gelişmesiyle birlikte deniz ve nehirlere direkt akıtılan fabrika atık sularının sebep olduğu tahribatlar nelerdir? Açıklayınız.**

.....
.....
.....
.....
.....

4. Doğada bulunan kurşun, cıva, kadmiyum, arsenik gibi ağır metaller zehirlenmelere, dokularda birikerek DNA hasarına dolayısıyla kansere sebep olur. **Bu ağır metaller bulundukları ortamlardan insan vücuduna nasıl geçer? Açıklayınız.**

.....
.....
.....
.....
.....

5. **Atık sulara uygulanan birincil arıtma işlemlerinde atık sudaki hangi tür maddelerin ayrılması amaçlanmaktadır?**

.....
.....
.....
.....

- Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu. (1988). *TDK, Türkçe Sözlük*. Ankara: Türk Tarih Kurumu Basımevi.
- Erbil, Ö. (2014). *Endüstriyel Anorganik Kimya*. İzmir.
- Oksal, Birsen Ş., Senturk, Y. ve Bahadır, Z. (10-13 Eylül 2019). *Mezogözenekli Silika Nanopartiküllerle Sulu Çözeltiden Cu(II)'nin Adsorbsiyon Çalışmaları* [31. Ulusal Kimya Kongresi]. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi .
- Oksal B.Ş. ve Şenturk Y. (22-24 Nisan 2019). *Absorbtion of Glyphosate-IPA Herbicide on Mesoporous Silica Nanoparticules* [5th International Conference on New Trends in Chemistry (ICNTC)]. Atina, Yunanistan.
- Oksal B.Ş. ve Uysal B. (2015). Catalytic activity of SBA-15-grafted indiumtri-isopropoxide in chemoselective MPV reductions. *Journal of porous materials*: vol.22(4) pp. 1053-1064.
- Somer, G. ve Yaşar, A. (2009). *Kimya Terimleri Sözlüğü*. İstanbul: Türk Dil Kurumu Yayınları.
- T.C. MEB, Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü, Programlar ve Öğretim Materyalleri Daire Başkanlığı. (2020). Ankara: *Kimya Teknolojisi Alanı, Çerçeve Öğretim Programı*.
- TDK.(2012). *Yazım Kılavuzu*. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.
- Tez, Z. *Kimya Tarihi*. (2000). Nobel Yayın Dağıtım.
- Yaşlak, S. (2008). *Organik Sınai Kimya*. İstanbul.

Bu kaynakça APA yazım kuralları ve kaynak gösterme yöntemi ile hazırlanmıştır.

GENEL AĞ KAYNAKÇASI

- https://www.chemistryworld.com/news/ink-chemistry/3002158.article (Erişim tarihi ve saati: 8 Şubat 2021, 22:01)
- https://www.hallstarbeauty.com/find-formulations/ (Erişim tarihi ve saati: 8 Şubat 2021, 23:14)
- https://colonialchem.com/formulations/bottle-wash-cleaner/ (Erişim tarihi ve saati: 1 Mayıs 2021, 22:13)
- https://www.flinnsci.com/api/library/Download/5a893b43134b4516a4fb56ed223133a7 (Erişim tarihi ve saati: 18 Mart 2021, 11:20)
- making-glue.htmlhttps://www.acs.org/content/acs/en/education/outreach/celebrating-chemistry-editions/2020-ncw/(Erişim tarihi ve saati: 18 Mart 2021, 11:25)
- http://isg.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/160/2020/01/Kimyasallar%C4%B1n-G%C3%BCvenli-Depolanmas%C4%B1-Rehberi.pdf (Erişim tarihi ve saati: 3 Mart 2021, 13:44)
- https://www.youtube.com/watch?v=DCzu4e9Q80k (Erişim tarihi ve saati: 31 Mart 2021, 22:40)
- https://www.spiraxsarco.com/learn-about-steam/steam-engineering-principles-and-heat-transfer/heating-with-coils-and-jackets (Erişim tarihi ve saati: 31 Mart 2021, 13:25)
- https://www.youtube.com/watch?v=br3gkrXTmdY (Erişim tarihi ve saati: 31 Mart 2021, 11:59)
- https://www.youtube.com/watch?v=bDDnaYwcanw (Erişim tarihi ve saati: 19 Nisan 2021, 19:22)
- http://www.cheresources.com/content/articles/heat-transfer/jacketed-vessel-design?pg=1 (Erişim tarihi ve saati: 2 Nisan 2021, 13:19)
- https://www.temizmekan.com/dunyanin-ilk-kaloriferli-binasi-turkiyenin-ikinci-buyuk-sarayi-ishak-pasa-sarayi/ (Erişim tarihi ve saati: 2 Mayıs 2021, 23:19)
- https://www.youtube.com/watch?v=5GIdxtG8dVI (Erişim tarihi ve saati: 4 Nisan 2021, 20:06)
- https://www.youtube.com/watch?v=PL0vU02QC4w (Erişim tarihi ve saati: 17 Nisan 2021,11:46)
- https://www.wikiwand.com/en/Einstein_refrigerator (Erişim tarihi ve saati: 13 Nisan 2021, 12:52)
- https://invention.si.edu/einstein-szilard-refrigerator (Erişim tarihi ve saati: 13 Nisan 2021, 12:55)
- https://www.fromthegrapevine.com/innovation/albert-einstein-abandoned-refrigerator-invention (Erişim tarihi ve saati: 13 Nisan 2021, 12:58)
- https://www.youtube.com/watch?v=N9B2OAiu95Y (Erişim tarihi ve saati: 26 Mayıs 2021, 11:05)
- https://www.youtube.com/watch?v=xK4z_YhtTBM (Erişim tarihi ve saati: 26 Mayıs 2021, 11:37)
- https://www.youtube.com/watch?v=DQfn5EOORuM (Erişim tarihi ve saati: 26 Mayıs 2021, 11:39)

- https://www.youtube.com/watch?v=t_w_7Uv1CCo (Erişim tarihi ve saati: 27 Mayıs 2021, 16:02)
- https://www.youtube.com/watch?v=Ls_u2yk1UHY (Erişim tarihi ve saati: 12 Mayıs 2021, 10:14)
- https://webdosya.csb.gov.tr/db/sanayihavarehberi/icerikler/c-mento-uret-m--20200110113349.pdf (Erişim tarihi ve saati: 12 Mayıs 2021, 10:18)
- https://www.youtube.com/watch?v=LiJ3Z8a6Ld0 (Erişim tarihi ve saati: 25 Mayıs 2021, 20:45)
- https://www.youtube.com/watch?v=0-jJ5QF-EVE (Erişim tarihi ve saati: 25 Mayıs 2021, 20:56)
- https://enva.com/case-studies/chemical-waste-treatment-options (Erişim tarihi ve saati: 31 Mayıs 2021, 22:13)
- https://www.hilarispublisher.com/open-access/waste-water-treatment-in-chemical-industries-the-concept-and-current-technologies-2157-7587.1000164.pdf (Erişim tarihi ve saati: 31 Mayıs 2021, 22:28)
- https://application.wiley-vch.de/books/sample/3527315527_c01.pdf (Erişim tarihi ve saati: 31 Mayıs 2021, 23:56)
- https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/ar%C4%B1tma%20norm%20rehberi/AAT%20Tasar%C4%B1m%20Rehberi%20(1).pdf (Erişim tarihi ve saati: 2 Temmuz 2021, 11:37)
- https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/2050/1/7209.pdf (Erişim tarihi ve saati: 10 Haziran 2021, 12:11)
- https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150402-2.htm (Erişim tarihi ve saati: 18 Haziran 2021, 11:26)
- http://w3.balikesir.edu.tr/~hnamli/calisma/p2008-2009/Ismail_surgecoglu_Atik_Su_Aritma.pdf (Erişim tarihi ve saati: 23 Haziran 2021, 22:43)

GÖRSEL KAYNAKÇASI

Karekodu okutarak ya da http://kitap.eba.gov.tr/karekod/Kaynak.php?KOD=1526 adresinden görsel kaynakçaya ulaşabilirsiniz.

1. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Sıra Sizde

Borik asit için, $g = 500 \times \frac{5}{100}$ g = 25 gram kullanılmalıdır. etil alkol için, $g = 500 \times \frac{95}{100}$ g = 475 gram

2. Sıra Sizde

Reçetedeki ürün miktarı 1 L =1000 mL'dir. Ancak ürün miktarının 20 L=20000 mL olması istenmektedir.

$k = \frac{20000}{1000}$ $k = 20$ Etil alkol için, m = 833x20 m = 16660 mL bulunur.
Esans için m = 15x20 m = 300 mL bulunur.

16660 mL etil alkol 300 mL esans karıştırılır. Toplam hacim 20000 mL oluncaya kadar üzerine su ilave edilir.

ÖLÇME DEĞERLENDİRME BÖLÜMÜ CEVAPLARI

1. Toplam kütle 150 + 50 + 10 + 100 + 100 + 590 = 1000 gram

a) kalamin (150 / 1000) x 100 = % 15 çinko oksit (50 / 1000) x 100 = % 5

kâfur (10 / 1000) x 100 = % 1 alkol (100 / 1000) x 100 = % 10

gliserin (100 / 1000) x 100 = % 10 gül suyu (590 / 1000) x 100 = % 59

b) k = 50 / 1000 k = 0,05 0,05 x 150 = 7,5 g kalamin kullanılmalıdır.

2. Soruda karışım oranları direkt yüzde olarak verilmiş. Reçetenin %4'ü zeytinyağı olduğuna göre (4/100)x500 = 20 mL %4'ü zeytinyağı olduğuna göre (4/100)x500 = 20 mL

2. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Sıra Sizde: I) B II) C III) Ç IV) A
2. Sıra Sizde: I) B II) C III) Ç IV) A
3. Sıra Sizde: I) C II) A III) B IV) Ç
4. Sıra Sizde: I) C II) B III) Ç IV) D V) A

ÖLÇME DEĞERLENDİRME BÖLÜMÜ CEVAPLARI

1. **a)** pnömatik taşıma
b) pompalar
c) elevatörler (yerden yükselticiler)
ç) kompresörler
d) bantlı konveyörler

2.

Yanlış Davranış	Doğru Davranış
• Kimyasalları koklayarak tanımaya çalışıyor. • Amonyak şişesini dolabın tepesine koyuyor. • Asidin üzerine su ekliyor. • Asidi lavaboya döküyor. • Aşı numunesini koşarak taşıyor. • Yetkisi olmayan bir çalışandan aşı numunesini taşımasını istiyor.	• Kimyasallar hiçbir zaman doğrudan koklanmamalıdır. • Kimyasallar kolayca ulaşılabilecek, rahatça alınabilecek, düşme riski olmayacak şekilde depolanmalıdır. • Seyreltme işlemlerinde asit su içine yavaş yavaş eklenmelidir. • Kimyasal atıklar çeker ocak içinde bulunan atık kimyasal şişelerine konulmalıdır. • Numuneler titizlikle, dikkatli bir şekilde taşınmalıdır. • Kimyasalları taşıma işlemi eğitim almış ve bu alanda yetkilendirilmiş kişiler tarafından yapılmalıdır.

3. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. **a)** alken **b)** alkil **c)** sikloalkan **ç)** alkin **d)** alkan
2. Azot, fosfat, potasyum ve magnezyumlu gübreler.
3. Deniz ve tuzlu göllerden alınan suların buharlaştırılmasıyla ve kaya tuzu yataklarından madencilik yöntemleriyle elde edilir.
4. Termal kraking sıcaklıkla, katalitik kraking ısı yardımıyla, hidrokraking ise hidrojenle parçalama yöntemidir.
5. **a)** HCl **b)** H_2SO_4 **c)** HNO_3

4. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Üretim anında ısıyı kontrol altında tutmak, üretimde kullanılan ham madde ve yardımcı kimyasalların bozulmasını engellemek ve tasarruf sağlamaktır.
2. Ceketli ısı değiştiricilerde ısı kaybı daha fazladır. Bu yüzden serpantinli ısı değiştiricilerde verim daha yüksektir. Ceketli ısı değiştiriciler reaktörün / kazanın dışında, serpantinli ısı değiştiriciler reaktörün / tankın içinde yer alır. Bu yüzden ceketli ısı değiştiriciler serpantinli ısı değiştiricilerden farklı olarak reaktörün / kazanın temizliğini ve karıştırıcının çalışmasını engellemez. Reaktörün / kazanın içindeki korozif ortamdan etkilenmez.
3. Isı değiştiricilerin yapımında kullanılan maddelerden etkilenmemesi, korozyona uğramaması için farklı malzeme ve türde ısı değiştiriciler üretilir. Üretim çeşidine göre, ısı değiştiricilerin ısı transfer kapasitesi de önem arz eder.
4. Isı değiştirici sistemlerde kullanılan çevre donanımları; vanalar, termometreler, manometreler ve pompalardır.
5. Maddenin sıcaklığının uygun biçimde ayarlanabilmesi, ısı değiştiricinin verimli çalışabilmesi madde akış hızının doğru ayarlanması ile mümkündür.
6. Ani ısı değişimleri genleşme ve büzüşmelere sebeb olabilir. Malzemelerde ve eklem yerlerinde çatlama ve sızdırma ile karşılaşılabilir.
7. **a)** termometre **b)** vana **c)** serpantinli ısıtma sistemi **ç)** çift borulu ısı değiştirici

5.ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Kondensörlerin kullanım amacı; buhar hâlindeki maddeyi, ısısını dış ortama verip sıvılaştırarak ısının değişimini sağlamaktır.
2. Kondenser sıkıştırılmış buharı yoğuşturarak sıvılaştıran ve bu sırada ortama ısı veren, evaporatör ise akışkanın buharlaştırılmasıyla bulunduğu ortamdan ısıyı alan cihazdır.
3. Kompresör, kondenser ve evaporatördür.
4. Oda sıcaklığında sıvı hâlde bulunmalıdır. Uygulanabilir basınçlarda kolayca sıvı hâle geçebilmelidir. Korozif olmamalı, soğutma sisteminde kullanılan donanımla etkileşmemelidir. Zehirli, çevreye zararlı, yanıcı ve patlayıcı olmamalıdır.
5. **a)** evaporatör **b)** kompresör **c)** genleşme valfi **ç)** kondenser

6. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Ekipmanlar ve fiziki şartlar kontrol edilmelidir. Bozuk veya aşınmış bağlantı elemanları varsa değiştirilmelidir. Reaktörün temizliğinin yapılıp yapılmadığı kontrol edilmelidir. Gerekli ise uygun ek donanımlar sağlanmalıdır. Kontrol sistemleri aracılığıyla sıcaklık ve basınç uygun değerlere ayarlanmalıdır. Soğutma ve ısıtma sistemlerinde kullanılan akışkanların miktarı ve debisi ayarlanmalıdır.
2. Kesiksiz çalışan reaktörlerde ürün belli bir hızla ve sürekli, kesikli çalışan reaktörlerde ise işlem ya da tepkime tamamlandıktan sonra reaktörden alınır.
3. Tepkimeler gerçekleşirken sıcaklık, basınç, pH gibi değerler sürekli kontrol edilir. Reaktifler kontrol edilerek ekleme işlemleri zamanında ve uygun miktarlarda yapılır. Tepkimelerin sonuçlanıp sonuçlanmadığını anlamak için belirli zaman aralıklarında numune alınır. İstenilen kalitede ürünün yüksek verimle elde edilmesi için gerekli görülürse reaksiyon koşullarında değişikliğe gidilir.
4. Reaktörde sızıntı, elektrik kaçağı, yüksek basınç kaynaklı patlama, yangın, doğal afet kaynaklı tehlikeli durumlar meydana gelebilir. Tehlike anı için acil durum müdahale ekiplerinin ve yapılması gereken işlemlerin yer aldığı talimatname hazırlanmalıdır. Tehlike anında kullanılacak ekipmanlar hazır bulundurulmalıdır. Yapılacak müdahaleler için reaktör içinde kullanılan maddelerin kimyasal özelliklerinin yer aldığı malzeme güvenlik bilgi formu hazırlanmalıdır. Reaktörü kullanacak ve tehlike anında müdahale edecek personele gerekli eğitim verilmelidir.
5. Oluşan kirler ısı iletimini zorlaştırır, vana, pompa gibi donanımların çalışmasını engeller, ürünün kalitesini bozar. Bu nedenle reaktör ve çevre donanımlarının belli aralıklarla temizlenmesi gerekir. Reaktör temizliği yapılırken ürün çeşidine uygun temizlik malzemeleri kullanılmalıdır. Kullanılan ham maddelerin bıraktığı kalıntıları çözerek yüzeyden uzaklaştıracak en uygun ve ekonomik çözücü seçilmelidir. Temizlikte kullanılacak maddelerin kalıntı bırakmayacak, yanma, patlama vb. tehlikeler oluşturmayacak, donanımlara ve çevreye zarar vermeyecek özellikte olması önemlidir. Temizleme işlemleri sırasında geçerli ve etkin iş güvenliği kurallarına uyulmalıdır.

7. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

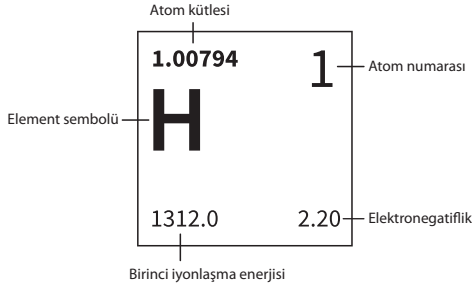
1. Sıcaklığın yükselmesi yangın ve patlamaya neden olabileceği için iş sağlığı ve güvenliğini etkiler. Ürün kalitesini bozar. Verimi düşürür. Kullanılan araç ve gereçlere zarar verir.
2. Yapılacak üretimin türü, ham maddelerin özellikleri belirlenmelidir. Kullanılacak ham maddenin maksimum ve minimum miktarı hesaplanmalıdır. Ham maddenin depolama yerinde ve üretim yapılan tankta hangi seviyede olduğunun önceden bilinmesi gerekir. Ürün ve ham madde seviyelerinin sürekli kontrol edilmesi, bu seviyelerin limitleri aşması ya da limitlerin altına düşmesi anında önceden uyarı verecek seviye ölçüm aracının seçilmesi önemlidir.
3. **a)** sıcaklık, basınç **b)** basınç, sıcaklık **c)** seviye, sıcaklık **ç)** debi, seviye **d)** sıcaklık, basınç
4. **a)** sıcaklık **b)** debi **c)** basınç **ç)** basınç **d)** sıcaklık **e)** seviye **f)** debi **g)** sıcaklık **h)** seviye

8. ÖĞRENME BİRİMİ CEVAP ANAHTARI

1. Pil, ambalaj malzemeleri, atık yağlar; deterjan, kireç sökücü, çamaşır suyu gibi temizlik maddeleri evsel kimyasal atıklardan bazılarıdır.
2. Mikroorganizmalar doğada bulunan bir çok atığı parçalar. Oksijen ve ultraviyole etkisi ile bazı atıklar parçalanabilmektedir. Deniz patlıcanı (hıyarı), midye ve çeşitli deniz canlıları doğal temizlik görevlileridir.
3. Ekolojik dengenin bozulmasına, canlı hayatını olumsuz etkileyerek kalıcı hastalıklara veya ölümlere sebep olabilmektedir. Ayrıca balıkçılık, tarım, turizm gibi sektörlerde ekonomik kayıplara da neden olmaktadır.
4. Endüstriyel üretimlerden açığa çıkan atık sular toksik ağır metallerden bir veya daha fazlasını içerir. Atık sulardaki ağır metallerin arıtımı yapılmazsa suda yaşayan canlıların bünyesine karışarak besin zinciri yoluyla insan vücuduna geçer.
5. Atık sudaki çözünmemiş katı maddelerin mekanik ve kimyasal yöntemlerle çöktürülerek ayrılması amaçlanır.

PERİYODİK

	1 IA 11A	1 IIA 2A	3 IIIB 3B	4 IVB 4B	5 VB 5B	6 VIB 6B	7 VIIB 7B	8 VIII 8	9 VIII 8
1	1.00794 **H** 1 — 1312.0 — 2.20								
2	6.941 **Li** 3 — 520.2 — 0.98	9.012182 **Be** 4 — 899.5 — 1.57							
3	22.98976 **Na** 11 — 495.8 — 0.93	24.3050 **Mg** 12 — 737.7 — 1.31							
4	39.0983 **K** 19 — 418.8 — 0.82	40.078 **Ca** 20 — 589.8 — 1.00	44.95591 **Sc** 21 — 633.1 — 1.36	47.867 **Ti** 22 — 658.8 — 1.54	50.9415 **V** 23 — 650.9 — 1.63	51.9962 **Cr** 24 — 652.9 — 1.66	54.93804 **Mn** 25 — 717.3 — 1.55	55.845 **Fe** 26 — 762.5 — 1.83	58.93319 **Co** 27 — 700.4 — 1.9
5	85.4678 **Rb** 37 — 403 — 0.82	87.62 **Sr** 38 — 549.5 — 0.95	88.90585 **Y** 39 — 600 — 1.22	91.224 **Zr** 40 — 640.1 — 1.33	92.90638 **Nb** 41 — 652.1 — 1.60	95.96 **Mo** 42 — 684.3 — 2.16	(98) **Tc** 43 — 702 — 1.90	101.07 **Ru** 44 — 710.2 — 2.20	102.9055 **Rh** 45 — 719.7 — 2.2
6	132.9054 **Cs** 55 — 375.7 — 0.79	137.327 **Ba** 56 — 502.9 — 0.89	174.9668 **Lu** 71 — 523.5 — 1.27	178.49 **Hf** 72 — 658.5 — 1.30	180.9478 **Ta** 73 — 761 — 1.50	183.84 **W** 74 — 770 — 2.36	186.207 **Re** 75 — 700 — 1.90	190.23 **Os** 76 — 840.0 — 2.20	192.217 **Ir** 77 — 880 — 2.2
7	(223) **Fr** 87 — 380.0 — 0.7	(226) **Ra** 88 — 509.3 — 0.90	(262) **Lr** 103 — 470	(261) **Rf** 104 — 580	(262) **Db** 105	(266) **Sg** 106	(264) **Bh** 107	(277) **Hs** 108	(268) **Mt** 109



					138.9054 **La** 57 — 538.1 — 1.10	140.116 **Ce** 58 — 534.4 — 1.12	140.9076 **Pr** 59 — 527 — 1.13	144.242 **Nd** 60 — 533.1 — 1.14	(145) **Pm** 61 — 540
					(227) **Ac** 89 — 499 — 1.10	232.0380 **Th** 90 — 587 — 1.30	231.0358 **Pa** 91 — 508 — 1.50	238.0289 **U** 92 — 597.6 — 1.38	(237) **Np** 93 — 604.5 — 1.3

Alkali metaller | Toprak alkaliler | Diğer metaller | Geçiş metalleri | Lantanitler

TABLO

																	18 VIIIA 8A
											13 IIIA 3A	14 IVA 4A	15 VA 5A	16 VIA 6A	17 VIIA 7A	4.002602 2 He 2372.3
											10.811 5 B 800.6 2.04	12.0107 6 C 1086.5 2.55	14.0067 7 N 1402.3 3.04	15.9994 8 O 1313.9 3.44	18.998403 9 F 1681 3.98	20.1797 10 Ne 2080.7
I		10 VIII 8		11 IB 1B		12 IIB 2B					26.98153 13 Al 577.5 1.61	28.0855 14 Si 786.5 1.90	30.97696 15 P 1011.8 2.19	32.065 16 S 999.6 2.58	35.453 17 Cl 1251.2 3.16	39.948 18 Ar 1520.6
27 1.91		58.6934 28 Ni 737.1 1.88		63.546 29 Cu 745.5 1.90		65.38 30 Zn 906.4 1.65					69.723 31 Ga 578.8 1.81	72.64 32 Ge 762 2.01	74.92160 33 As 947 2.18	78.96 34 Se 941 2.55	79.904 35 Br 1139.9 2.96	83.798 36 Kr 1350.8
45 2.28		106.42 46 Pd 804.4 2.20		107.8682 47 Ag 731 1.93		112.441 48 Cd 867.8 1.69					114.818 49 In 558.3 1.78	118.710 50 Sn 708.6 1.96	121.760 51 Sb 834 2.05	127.60 52 Te 869.3 2.10	126.9044 53 I 1008.4 2.66	131.293 54 Xe 1170.4 2.60
77 2.20		195.084 78 Pt 870 2.28		196.9665 79 Au 890.1 2.54		200.59 80 Hg 1007.1 2.00					204.3833 81 Tl 589.4 1.62	207.2 82 Pb 715.6 2.33	208.9804 83 Bi 703 2.02	(210) 84 Po 812.1 2.00	(210) 85 At 890 2.20	(220) 86 Rn 1037
109		(271) 110 Ds		(272) 111 Rg		(285) 112 Cn					(284) 113 Uut	(289) 114 Fl	(228) 115 Uup	(292) 116 Lv	117 Uus	(294) 118 Uuo

61		150.36 62 Sm 544.5 1.17		151.964 63 Eu 547.1		157.25 64 Gd 593.4 1.20		158.9253 65 Tb 565.8		162.500 66 Dy 573 1.22	164.9303 67 Ho 581 1.23	167.259 68 Er 589.3 1.24	168.9342 69 Tm 596.7 1.25	173.054 70 Yb 603.4
93 1.36		(244) 94 Pu 584.7 1.28		(243) 95 Am 578 1.30		(247) 96 Cm 581 1.30		(247) 97 Bk 601 1.30		(251) 98 Cf 608 1.30	(252) 99 Es 619 1.30	(257) 100 Fm 627 1.30	(258) 101 Md 635 1.30	(259) 102 No 642 1.30

Aktinitler | Yarı metaller | Ametaller | Halojenler | Soygazlar

Bazı Uzunluk Birimleri ve Birim Dönüşümleri

SI birim sisteminde uzunluk ölçü birimi metredir (m). İnç (inch) ve fit (ft) karşılaşabileceğimiz diğer uzunluk ölçü birimleridir.

1 inch = 2,54 cm 1 fit = 12 inch = 30,48 cm

Bazı Sıcaklık Birimleri ve Birim Dönüşümleri

SI birim sisteminde sıcaklık ölçü birimi Kelvin'dir (K). Celsius (°C) ve Fahrenhayt (°F) karşılaşılan diğer ölçü birimleridir.

$°C = (°F - 32) \times 5/9$ $K = °C + 273,15$

Basınç Birimleri ve Birim Dönüşümleri

SI birim sisteminde basınç ölçü birimi paskaldır (Pa). Atmosfer (atm), bar, mmHg, PSI kullanılan diğer basınç birimleridir.

1 atm = 101300 Pa ≈ 10^5 Pa 1 bar = 10^5 Pa = 14,5 PSI 1 atm = 760 mmHg

Isı Birimleri ve Birim Dönüşümleri

SI birim sisteminde ısı birimi joule'dür (j). Kalori (cal) karşılaşılan diğer ısı birimdir.

1 j = 0,24 cal

Debi Birimleri ve Dönüşümleri

SI birim sisteminde debi ölçü birimi m^3/s'dir. ft^3/s kullanılan diğer debi birimidir.

1 m^3/s = 35,3 ft^3/s

GÖRSEL KAYNAKÇASI

Kitabımızdaki **"http://www.123rf.com"** adresinden satın alınan görsellerin sayfa numaraları, görsel kodları aşağıda verilmiştir.

Sayfa Numarası	123rf Görsel Kodu
Kapak	37927239
14	150348761
15	47818635
15	113102161
16	53578640
24	155155085
24	89640210
27	18256468
30	37876034
32	125913806
33	24081883
33	13162182
34	66099630
38	123201243
38	32569164
40	77093501
41	70688543
41	155500236
41	2530228
44	37490386
47	92999903
48	53585116
50	138232934
50	133067482
54	10712778
55	119651450
56	88677067
61	106000979
61	81147651
66	15108095
67	8885814
67	51069295

Sayfa Numarası	123rf Görsel Kodu
68	146285125
69	22944455
69	22944366
69	18502376
69	18947333
69	73131393
71	72088385
75	163819186
77	13126755
77	62949899
82	164672533
82	68771071
86	122405979
90	17727759
91	104592744
91	11147151
94	7064874
104	57128984
108	92515905
109	69515320
109	157139320
110	92608435
110	92608420
110	92608421
110	165636170
110	61476104
110	46379947
110	11591700
110	11591718
110	92515892
110	103452038
110	92608462

Sayfa Numarası	123rf Görsel Kodu
110	92608424
111	125801813
112	136286522
113	29612681
113	83080313
114	99011678
115	87514134
116	146290035
117	10049499
120	149247152
121	133341936
121	96739561
122	18875420
123	152178052
128	93369362
128	24693355
128	145750072
128	159547463
128	8915245
130	84502860
131	93394204
131	124382374
132	167065774
133	69231838
134	166975276
134	20407566
135	135230934
140	152392755
141	9524757
141	169561350
142	98006389
142	89450152

Sayfa Numarası	123rf Görsel Kodu
143	42235887
143	70739485
144	159954701
144	68875672
146	17266778
148	7532291
152	95090383
153	44762598
153	12433795
154	163358517
155	39566323
157	118843587
157	34166446
159	88799094
161	54200897
163	48903000
164	139692582
165	16113793
166	120948004
166	22674478
167	145991792
172	39765727
173	98681219
173	31905915
174	127539866
174	97232417
175	163610848
175	141941521
176	102753499
178	9022734
179	64348923
180	137602330
184	10097878

Kitabımızdaki **“http://www.freepik.com”** adresinden satın alınan görsellerin sayfa numaraları, görsel kodları ve erişim tarihleri aşağıda verilmiştir.

Sayfa Numarası	Freepik Görsel Kodu	Erişim Tarihi
1	12686665	14.07.2021
17	887297	14.07.2021
28	4452338	14.07.2021
30	1070344	14.07.2021
44	6027875	14.07.2021
48	12909216	14.07.2021
49	11054299	14.07.2021
50	967653	14.07.2021
88	7743908	14.07.2021
88	4452338	14.07.2021
88	6409123	14.07.2021
89	10613010	14.07.2021
103	4452338	14.07.2021
113	3980782	14.07.2021
113	5971308	14.07.2021
113	11376121	14.07.2021
113	4611162	14.07.2021
113	6804309	14.07.2021
136	6409123	14.07.2021
156	1536742	14.07.2021
160	3887706	14.07.2021
162	5982969	14.07.2021
162	7294840	14.07.2021
162	1536742	14.07.2021
165	6952389	14.07.2021
170	5982969	14.07.2021

Kitabımızdaki **“http://www.shutterstock.com”** adresinden satın alınan görsellerin sayfa numaraları, görsel kodları aşağıda verilmiştir.

Sayfa Numarası	Shutterstock Görsel Kodu
13	4384513
13	1007723731
13	1724775862

Kitabımızın diğer görselleri, komisyon üyeleri tarafından hazırlanmıştır.