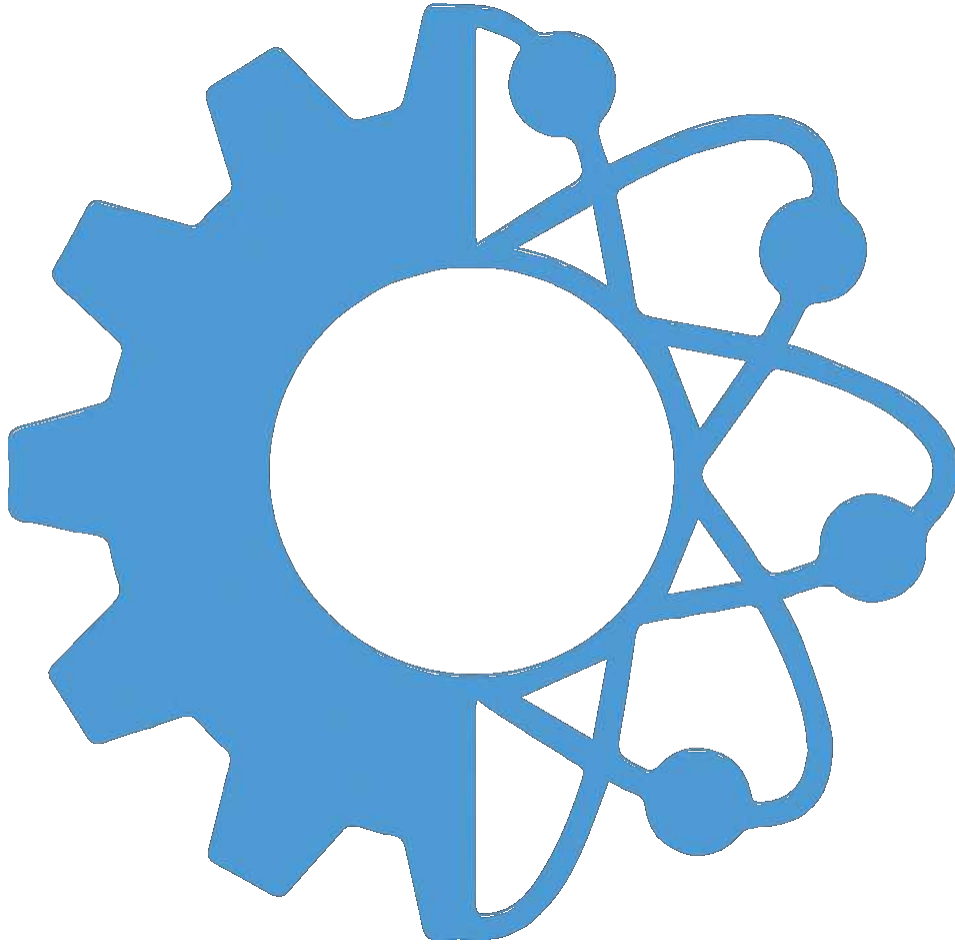


DENEYAP
TÜRKİYE

MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ

LİSE



T.C. SANAYİ VE
TEKNOLOJİ BAKANLIĞI



T.C. GENÇLİK VE
SPOR BAKANLIĞI



TÜBİTAK



TÜRKİYE
TEKNOLOJİ
TAKIMI

DENEYAP
Teknoloji Atölyeleri

MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ

LİSE

Prof. Dr. Yunus Eren KALAY
Ar. Gör. Can OKUYUCU
Ar. Gör. Doğuhan SARITÜRK



MALZEME BİLİMİ VE NANOTEKNOLOJİ
LİSE

Prof. Dr. Yunus Eren KALAY
Ar. Gör. Can OKUYUCU
Ar. Gör. Doğuhan SARİTÜRK

© Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, 2021

Bu kitabın bütün hakları saklıdır.
Yazılar ve görsel materyaller, TÜBİTAK'tan yazılı izin alınmadan
tümüyle veya kısmen çoğaltılamaz ve yayımlanamaz.
Kitabın PDF formatındaki elektronik nüshasına
<https://yayinlar.tubitak.gov.tr/deneyap-atolyesi> adresinden ulaşılabilir.
TÜBİTAK Deneyap Kitapları DENEYAP TÜRKİYE Projesi kapsamında hazırlanmıştır.

ISBN 978-605-312-606-5
Yayıncı Sertifika No: 47703

Yayın Tarihi: 2025

TÜBİTAK Başkanı: Prof. Dr. Orhan AYDIN
Bilim ve Toplum Başkanı: Ömer KÖKÇAM
Genel Yayın Yönetmeni: Fatma BAŞAR
Editörler: Hande BAĞDU
Düzeltili: Dr. Mustafa ORHAN
Telif İşleri Sorumlusu: Havva Hilal KAÇAR

TÜBİTAK Bilim ve Toplum Başkanlığı
Tunus Caddesi No: 80 Kavaklıdere 06680 Ankara
Tel: (312) 298 96 50
e-posta: deneyap@tubitak.gov.tr
<https://yayinlar.tubitak.gov.tr/deneyap-atolyesi>

İçindekiler

İçindekiler	2
Önsöz: Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji	5
Birinci Hafta	8
Malzeme Bilimi ve Tarihçesi	8
Malzemelerin Sınıflandırılması	15
Metaller	16
Polimerler	17
Seramikler	17
Kompozitler	22
İleri Malzemeler	27
Yarı İletkenler	27
Biyomalzemeler	29
Akıllı Malzemeler	30
Nano alzemeler	31
Malzeme Üretim Yöntemleri	37
Biçimlendirici Üretim	38
Eksiltmeli Üretim	41
Eklemeli Üretim	42
Geri Dönüşüm	48
İkinci Hafta	63
Malzemelerin Yapısı	63
Kristal Malzemeler	65
Tane Yapısı	84
Amorf Malzemeler	97

Kristal Yapı Değişimleri.....	102
Üçüncü Hafta	115
Mekanik Özellikler	115
Elastik ve Plastik Deformasyon	126
Mekanik Özellikler Nasıl Ölçülür?.....	130
Malzemeleri Güçlendirmek.....	143
Malzemelerin Süneklikten Gevrekliğe Geçişİ	147
Kimyasal Özellikler	152
Korozyonun Maliyeti	159
Konunun Elektrokimyasal Karşılığı	159
Demirin Paslanması.....	160
Çelikler ve Paslanmaz Çelikler Üzerine.....	161
Paslanmaz Çelik Paslanır mı?	162
Özgürlük Heykelinin Hikayesi ve Patina Sanatı	163
Liçleme ve Faydalı Korozyon	169
Korozyondan Korunma Yolları.....	170
Dördüncü Hafta	187
Malzemelerin Elektriksel Özellikleri	187
Temel Kavramlar	191
Piezoelektrik Malzemeler	198
Malzemelerin Termal Özellikleri	209
Isı ve Sıcaklık Kavramları.....	212
Isı İletimi	216
Aerojel Malzemeler	224
Beşinci Hafta	236
Malzemelerin Manyetik Özellikleri	236

Mıknatıslar	243
Meissner Etkisi	255
Malzemelerin Optik Özellikleri	266
Dalga Özellikleri.....	272
Malzemelerin Işık Geçirgenliği	281
Işık Yayan Diyotlar	283
Floresan Lambalar	288
Işığın Malzeme İçerisinde Kırılması	294
Işığın Saçılması.....	299
Metamalzemeler	303
Altıncı Hafta	310
Nanomalzemeler	310
Nanometre Kavramı	315
Nanomalzemelerin Katalizör Etkisi.....	320
Nanokaplamalar	326
Nanoteknoloji Yardımıyla Çölde Havadan Su Toplamak	343
Elektron Mikroskobu	350

Önsöz: Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji

Değerli Öğitmenlerimiz,

Doğduğumuz günden itibaren bir malzeme denizinde yaşamaya başlıyoruz. Kahvenizi içtiğiniz fincandan, bilgisayar ekranınıza; gökdelenleri ürettiğimiz çeliklerden, kontak lenslere kadar her gün onlarca malzemeyi hayatımızı idame ettirmek üzere kullanıyoruz. Kimi malzemeleri sağlam oldukları için kimi malzemeleri manyetik özellikleri için kimi malzemeleri ise saydam olup ışığı geçirdikleri için tercih ediyoruz. Bu özellikler gün geçtikçe artmakta ve mühendislik ile tıpta yepyeni buluşların ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda, malzemeler ilk zamanlardan beri çağlara isimlerini vermiş, teknolojik gelişmelerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Başta bu sebeple birçok saygın üniversitede malzeme, metalurji ve nanoteknoloji üzerine disiplinler oluşturulmuş neredeyse tüm araştırma merkezlerinde malzeme bilimine dayalı projeler gerçekleştirilmektedir.

Malzeme bilimi interdisipliner yapısıyla temel bilimler ve mühendislik arasında bir köprü görevi üstlenmektedir. Tam da bu sebepten malzeme bilimini ortaöğretimdeki öğrencilerle buluşturmak büyük bir önem arz etmektedir. Malzeme bilimi eğitimi, ortaöğretim düzeyinde fizik, kimya, biyoloji ve matematik derslerini alan öğrencilerin bu derslerde gördüğü temel kavramları gerçek dünya uygulamalarıyla eşleştirmelerini ve derslerdeki konuları daha iyi anlamalarını sağlayacaktır. Bu kapsamda en büyük görev siz değerli öğretmenlerimize düşmektedir. Bu ders serisi, sizlerin destekleri ile malzelerin yapısı ve yapıya bağlı özelliklerini ortaöğretim öğrencilerine sunmak üzere oluşturulmuştur. Bu derslere destek olmak üzere çeşitli deneyler planlanmış birçoğu için de video anlatımlar hazırlanmıştır.

Bu ders serisini beraber hazırladığım değerli araştırma görevlilerim ve lisansüstü öğrencilerim Can Okuyucu ve Doğuhan Sarıtürk'e şükranlarımı sunuyorum. Ayrıca bu süreçte bizlere katkı sağlayan ODTÜ Metalurji ve Malzeme Bölümüne, ODTÜ Toplum ve Bilim Merkezi'ne ve videolarda rol alan sevgili lisans öğrencim Zeynep Ege Uysal'a, notların redaksiyonuna destek veren değerli lisans öğrencilerim Elif Acun ve İpek Soyal'a teşekkürlerimi sunuyorum. Son olarak ülkemizdeki ortaöğretim öğrencilerinin dokunarak ve deneyerek öğrenmelerini sağlamak üzere atölyeler oluşturan ve bu önemli ders serisini de programlarına kabul eden TÜBİTAK ve DENEYAP ekiplerine şükranlarımı sunarım.

Prof.Dr. Yunus Eren Kalay
ODTÜ, Ankara
2023



Soldan Sağa: Prof.Dr. Y. Eren Kalay; Zeynep Ege Uysal; Doğuhan Sarıtürk; Can Okuyucu

***“Gördüğümüz her nesnenin ve teknolojinin altında
malzeme biliminin sihirli dünyası yatar.
Bu sihirli dünyayı keşfetmeye hazır mısınız?”***

BİRİNCİ BÖLÜM MALZEME BİLİMİ

Birinci Hafta: Malzeme Bilimi
Malzeme Bilimi ve Tarihçesi
Malzemelerin Sınıflandırılması
İleri Malzemeler
Malzeme Üretim Yöntemleri
Geri Dönüşüm

KOMPOZİTLER

POLİMERLER

METALLER

SERAMİKLER

Etkinlik No	1.1
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Malzeme Bilimi Derse Başlamadan Önce Etkinliği
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	İnsanlık tarihi ve malzeme biliminin birbirleri ile nasıl paralel geliştiği ve birbirlerini nasıl etkilediği öğrenilecektir. Malzeme bilimi ve malzeme mühendisliğinin önemi kavranacaktır.
Disiplinler Arası İşbirliği	Tarih, Matematik, Kimya, Fizik, Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

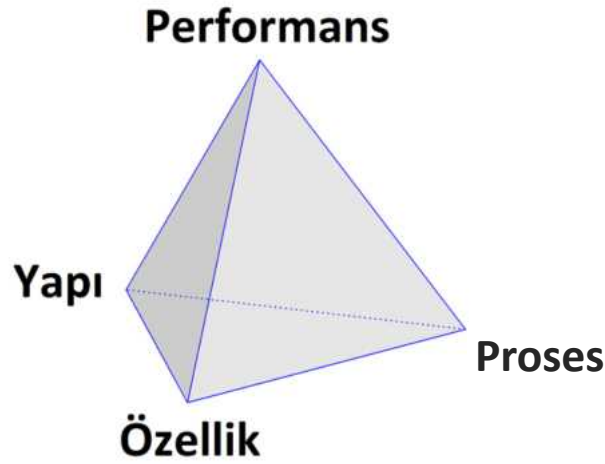
Birinci Hafta

Malzeme Bilimi ve Tarihçesi

Malzeme bilimi ve mühendisliğinin önemini, temellerini ve geleceğini anlamak için çıktığımız bu 6 haftalık serüvene ilk adımı atmış bulunmaktayız. Malzeme biliminin önemini ve hayatımızdaki yerini kavramak için; hiçbir detaya vakıf olmaksızın, en yalın haliyle insanlık tarihine ve uygarlığımızın gelişimine basitçe bir göz atmak yeterli olacaktır. Modern insanın tarih sahnesinde başrolü alışına kadar geçen sürede bilim insanları, adeta ilgili çağlara ayna tutarcasına, adlandırmalarında malzeme isimlerini sıklıkla kullanmıştır. Eski çağları nitelerken dönem insanların gelişmişliklerine ve medeniyet düzeylerine atıfta bulunmak için, etraflarındaki malzemeleri işleyebilme ve lehlerine kullanabilme yeteneklerine başvurulmuştur. Örneğin, yontma taş devrinde insanlar etraflarındaki kaya ve taşları yontarak eşyalar yapmış; zaman içerisinde bu taşları daha dayanıklı ve kullanışlı hale getirme yeteneklerinin de gelişmesiyle cilalı taş devrine geçmişlerdir. Bakır devrinde insanlar; bakır, altın, gümüş ve bu metallerin yegâne özelliklerinin farkına varmış, önemli bir maden olan bakırı bulup işlemeyi ve kullanabilecekleri aletlere nasıl dönüştürebileceklerini öğrenmiştir. O dönemin insanları, bakırdan faydalı gereçler imal etmiş ve onları kullanmışlardır. İlerleyen zamanlarla insanlık, etrafındaki doğanın giderek daha fazla farkına varmış ve kalay ile bakırı karıştırarak tunçtan yapılma daha dayanıklı gereçler üretmeye başlamışlardır. Tarih sahnesinde bu döneme tunç devri denilmektedir. İnsanlık maden devrinde en geç demirin özelliklerini fark etmiş ve bu malzemeyi nasıl elde edip işleyeceklerini öğrenmiştir. Diğer metallere kıyasla daha yüksek sıcaklıklarda eriyen demirin elde edilmesi ve işlenmesiyle ilkel sanayi toplumlarının temeli atılmış, üretilen dayanıklı eşyalar sayesinde hem ticari ilişkiler ve ekonomi hem de teknoloji gelişmiştir.

Gördüğünüz gibi, malzeme bilimi yeryüzü sahnesinde çağlar açıp kapatmış, insanlığın gelişimine tarih öncesi dönemlerden bu yana öncülük etmiştir.

İnsanlığın gelişimi boyunca bu amansız hayatta kalma ve zamana galip gelme macerasında ilerleyişimiz hâlâ en temel unsur olan doğayı anlama, taklit etme ve yeni malzemeler yaratıp onları etrafımızda kullanma yeteneğimize bağlıdır. Tarih sahnesinde attığımız ve atacağımız her bir adım, etrafımızda olup bitenleri ne kadar anladığımız ile doğrudan ilişkilidir. Malzemeler özelinde bu anlayış; malzemenin yapısı, özelliği, performansı ve ilgili üretim süreci ile ilintilidir. Bu ayrılmaz dördü, malzeme mühendisliğinin de temellerini oluşturmaktadır ve birbirleriyle olan bağlantıları nedeniyle literatürde yaygın olarak “malzeme tetrahedronu” olarak adlandırılır.



Bugün biliyoruz ki malzemenin geçirdiği prosesler o malzemenin yapısını doğrudan etkilerken, yapıda meydana gelen değişiklikler o malzemenin özelliklerini değiştiriyor, malzemenin sahip olduğu özellikler ise o malzemenin performansını belirlememizdeki temel unsur oluyor. Bu tetrahedrondaki herhangi bir kavramı değiştirmek, o malzemeyi tamamen değiştirmek anlamına geliyor. Kavramların birinde meydana gelen değişiklik diğerlerini de etkileyerek onları da değiştiriyor. Bu noktada malzeme bilimi ile malzeme mühendisliğini de birbirinden ayırmak ve ayrı ayrı tanımlamak gerekir. Malzeme biliminin temel odağı, malzemelerdeki yapı – özellik ilişkisi üzerine çalışmaktır. Öte yandan malzeme mühendisliği, bu yapı – özellik ilişkisini kullanarak belirli özelliklere sahip yapıyı tasarlamakla uğraşır. Bu noktada yapı kavramı öne çıkıyor. Söz konusu malzemeler olunca bu yapı; atom altı parçacıkların dağılımı, atomların yapı ve dizilimleri ile ilgili olabileceği gibi mikron seviyesinde malzemede bulunan yapılar ve hatta makro ölçekteki malzemenin yapısı da olabilir. Atomlardan başlayarak makro ölçeğe kadar; bu yapıların neler oldukları, neden ve nasıl oluştukları ile ilgili temel birtakım bilgilere kitabın ilerleyen kısımlarında yer vereceğiz. Uygulama alanına ve malzeme beklentilerine göre bu yapı atomik seviyede, makro seviyede ve bu iki mertebenin arasında kalan her ölçekte kontrol edilebilir.

Yapı ve özellik ilişkisine bazı örnekler vererek bu konuya biraz daha yakından bakalım. Örneğin hemen hemen hiçbirimiz, mutfaklarda kullandığımız alüminyum folyodan yapılmış bir uçağa binmek istemeyiz. Ancak alüminyumun içerisine az miktarda başka elementlerden koyduğumuzda atomik yapı ve dizilimde meydana gelen değişiklikler o malzemeyi hem çok sağlam hem de çok hafif bir hale getirir. Bu nedenle, alüminyum

alaşımları geçmişten beri havacılık ve uzay sanayisinde en çok kullanılan malzemeler arasında ilk sırada yer alır. Bugün yolcu uçaklarında, savaş jetlerinde ya da uydularda alüminyum temelli malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Uçakların ana gövdeleri, içerisine bir miktar başka elementler eklenerek yapısı bilinçli olarak değiştirilmiş (yani mühendislik ürünü olan, tasarlanmış) alüminyumdan başka bir malzeme değildir.



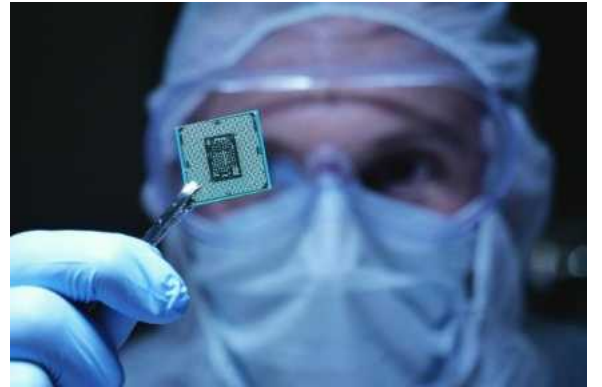
Kuyumculuk başta olmak üzere, elektronik endüstrisinde de sıklıkla kullanılan altının renginin sarı olduğu biliyoruz. Ancak, optik özellikler de malzemeye bağlı olduğu için, yeterince küçük altın tozları elde edebilirsiniz altını kırmızı görmeye başlarsınız.



Termal iletkenliği dūřüreceđ şekilde özel olarak tasarlanmış bir malzemenin sıcaklığını 1000 °C'ye kadar çıkarsanız bile o malzemeyi çıplak elle tutabilirsiniz. Bu arada saf su deniz seviyesinde 100 °C'de kaynarken, saf alüminyum 660 °C'de, saf demir ise 1538 °C'de erir.



Sevdiğiniz bir fotoğrafınızı bilgisayarınızda sakladığınızda, fotoğrafınız bir sabit disk içerisinde bulunur. Bu sabit disk de aslında milyonlarca küçük mıknatıstan oluşur. Dolayısıyla fotoğraflarınızı saklarken aslında başka mıknatısların yardımıyla bu minik mıknatıslar üzerine yazarsınız. Bahsettiğimiz bu minik mıknatıslar, nanometre ölçeğindeki atomların dizilişiyle ortaya çıkar. Atomik yapı manyetik kutuplaşmanın yönünü belirler. Bu belirli yönler de hepimizin bir yerlerden aşına olduğu bilgisayar dünyasının o meşhur “1” ve “0”larından başka bir şey değildir. Klasik bir depolama aygıtında bu çok küçük (sa telinizin kalınlığından dahi onlarca kat daha küçük) manyetik bölgelerden milyonlarca vardır. Bu alanların çokluğu o aygıtın hafızasını belirler. Bu minik alanların sayısını ve özelliklerini kontrol ederek 1 GB, 10 GB, 1 TB gibi hafıza boyutlarını elde edebiliriz. Bu alanların yapısını değiştirerek teoride bilgisayarınızda depoladığınız bir kuş resmine hiç bakmadan onu bir fil resmine ya da bir “cik” sesine dönüştürebiliriz.



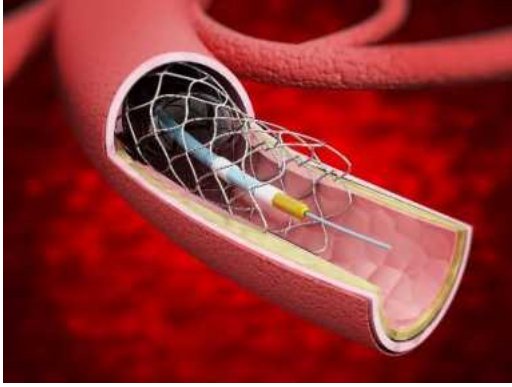
Hassas bir mühendislik hesaplamasıyla ürettiğimiz demirin hangi koşullarda tam olarak ne zaman korozyona uğrayacağını bilebiliriz. Çeliği daha üretim aşamasında, bilerek ve isteyerek paslandırarak paslanmaz çelik haline getirebiliriz.



Jet motorlarının en önemli parçası olan 1400 °C'lik sıcaklık altında dakikada 20.000 kez dönen türbin kanatçıklarında kullanmak üzere Ni-bazlı süperalaşımlar adında özel alaşımlar üretiriz.



Malzeme mühendisliğinin bir başka odağını ise sağlık alanında kullanılan biyomalzemeler oluşturur. Kullandığımız lensler, implantlar, kemik protezleri, yapay kalp ve kalp stentleri biyomalzemelere verilecek örneklerden yalnızca birkaçıdır.



Daha verimli güneş enerjisi panelleri, daha uzun ömürlü bataryalar, daha kuvvetli rüzgâr türbinleri de malzeme mühendisliğinin güncel araştırma alanları arasındadır.



Yukarıdaki örneklerden de fark ettiğimiz üzere; malzemenin yapısı, özellikleri, geçirdiği prosesler ve gösterdiği performans birbirleri ile ayrılmaz birer bağ içerisinde var olur. Buraya kadar verdiğimiz her bir örneği dersin ilerleyen aşamalarında, farklı haftalarda irdeleme ve arkalarında yatan bilimi öğrenme fırsatını bulacağız.

Malzeme mühendisliği diğer tüm mühendislikler ve bilim dallarıyla dirsek teması kurar. Bunun temel nedeni, malzeme bilimi ve mühendisliğinin disiplinler arası bir alan olmasıdır. Bu disiplinler arası mühendisliği daha iyi anlayabilmek için zamanda biraz geriye gitmemiz yararlı olacaktır. Bunun için birkaç bin yıl öncesine gitmek yeterlidir. İnsanlık tarihinin keşfedilmiş aydınlanma ve gelişim süreci, tarih öncesi çağlarda Anadolu'nun

batisına kadar dayanmaktır. Milattan önce Ege’de yaşam sürmüş bir bilgin olan Thales, zekâsıyla döneminde önemli mühendislik hesaplarına ve bilimsel keşiflere imza atmıştır. Öyle ki, bir gün göle vuran Ay’ın silüetini incelerken aklına gelen “Neden?”, “Her şeyin başlangıcı nedir?” sorularıyla felsefeyi başlattığı söylenir. Thales, ilk filozoflardan biridir ve bugün bildiğimiz haliyle bilim ve felsefenin öncüsüdür. Yunanca philo – sophia sözcüklerinden gelen “filozof” sözcüğü, Thales’in kişiliğiyle de uyumlu olarak “bilgelik sevgisi” ya da “bilgiyi seven” anlamına gelmektedir. İşte o zamandan bu yana çağlar geçmiş, simya doğup gelişerek kimyaya evrilmiş, bilim sistematik temellerine oturmuştur. İnsanlar da felsefeyle sordukları doğru soruları bilimle bilgiye, bu bilgi birikimini de kendi yararına kullanmak için mühendisliğe dönüştürmüştür. İşte tüm bu mühendislik alanlarından dört tanesi temel mühendislik disiplinleri olarak geçer. Bunlar; kimya mühendisliği, makine mühendisliği, elektrik mühendisliği ve inşaat mühendisliğidir. Bu mühendislikler, mühendisliğin tanımı gereği, insanlığın yararı için tasarlanan gereçlerin merkezinde yer alır. Ancak bu dalların ortaya koyabileceği faydalı ürünler, içinde bulunulan çağın bilgi ve gelişmişlik düzeyi ile sınırlıdır. İşte bu noktada uygarlığın gelişmişlik düzeyini, hatta çağların bilgi birikimini de ifade etmekte kendisinden istifade edilmiş disiplinler arası bir mühendislik devreye girer. Bu mühendislik, tahmin ettiğiniz gibi malzeme mühendisliğidir. Bu tarihsel perspektiften bakıldığında, malzeme mühendisliğinin diğer bilim dalları ya da mühendislik alanlarıyla neden ve nasıl dirsek teması içerisinde olduğunu anlamak mümkündür.

Daha sağlam evler inşa etmek için daha dayanıklı malzemeler gerekir.

Mars’a gidebilmek için, uzay koşullarında çalışacak malzemelere ihtiyaç vardır.

Tavanızın yemeğinizi ısıtması, makasınızın kâğıdı kesmesi, camınızın ardını göstermesi, ilacınızın sizi iyileştirmesi gerekir.

Tüm bunlar için de her senaryoya özel ve uygun malzemeler, yapı – özellik ilişkisi üzerine çalışan bilim insanları ve bunları kavrayıp uygulayan malzeme mühendisleri gerekir.

Derse başlamadan önce

Aşağıdaki soruları öğrencilere yönelterek sınıf içinde bir tartışma ve beyin fırtınası ortamı oluşturun.

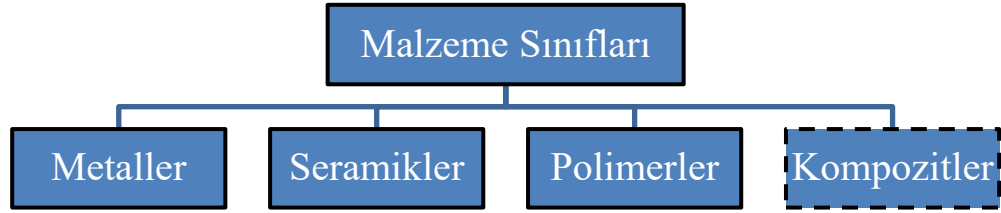
- **Malzeme bilimi sizce neden ve nasıl insanlık tarihindeki çağlara isim vermiştir? Bildiğimiz malzeme özelliklerini sıralayın.**
- **Tunç, bakır, demir ve taş devri gibi çağlara dahi ismini veren malzeme bilimi sizce neden bu kadar önemlidir?**
- **Gazlı içecekler hem metal kutularda hem plastik şişelerde hem de cam şişelerde satılmaktadır. Sizce hangi malzeme, neden kullanılmaktadır?**
- **Doğadan seramik, metal, polimer ve kompozit olduğunu düşündüğünüz malzemeler bulun. Neden böyle düşündüğünüzü tartışın ve açıklayın.**
- **Geri dönüşüm nedir? Geri dönüştürülen bir malzeme eskisi ile aynı özelliklere sahip olabilir mi?**

Etkinlik No	1.2
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Malzeme Bilimi Derse Başlamadan Önce Etkinliği
Önerilen Süre	1 ders saati
Öğrenci Kazanımları	Temel malzeme sınıflarını öğrenirler. Çevrelerinde gördükleri malzemeleri gruplandırır. Kompozit malzemelerin kullanım alanlarını öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik, Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası Gösterip Yaptırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	5 adet A4 kağıt, cetvel, makas ve yapıştırıcı

İŞLENİŞ:

Malzemelerin Sınıflandırılması

Evrendeki her şey üç temel malzeme türünden ve bunların belirli oranlarda karışmasından meydana gelmiştir. İnsan vücudunu da oluşturan bu malzeme sınıfları; metaller, seramikler ve polimerlerdir. Aslında tam olarak ayrı bir sınıf sayılmayıp bu 3 malzemenin en az ikisinin belirli oranlarda karışımından meydana gelen malzeme sınıfına da kompozit malzemeler denir. Örneğin, kemiklerimizi sert yapan malzeme seramiktir. Derilerimiz ve proteinlerimiz polimer, yaşamsal fonksiyonlarımız için gerekli biyolojik süreçlerde kullanılan malzemelerin çoğu da metaldir. Kemiklerimiz aynı zamanda polimer bazlı seramik katkılı kompozit malzemelerdir. Kemiklerimizde polimer bir yapı içerisinde hidroksiapatit şeritleri bulunur. Sodyum ve kalsiyum metal iyonları vücudumuzda yeterli ve gerekli oranlarda olmasaydı sinir hücrelerimiz sağlıklı çalışmazdı. Bu ve bunun gibi örnekleri çoğaltmak mümkündür. Üstelik yalnızca insan vücudundan değil, doğa ve evrenden de bu konuda örnekler verebiliriz. Periyodik cetveldeki çoğu metal, evrendeki yıldızların içerisinde meydana gelmiş ve evrene savrulmuştur. Dünya'nın oluşumu evresinde bu metaller ve diğer elementler bir araya gelerek Dünya'nın kompozisyonunu oluşturmuştur. Örneğin, Dünya'da en çok bulunan metal alüminyumdur (yaklaşık yüzde 8). Dünya'da en çok bulunan element ise oksijendir ve Dünya'nın neredeyse yarısını oluşturur. Periyodik cetveldeki metal atomları oksijen ile bağ yaparak (oksitlenerek) seramik malzemeleri oluşturur. Seramik malzemeler oksitlerle sınırlı değildir. Nitrürler ve karbürler gibi inorganik malzemeler de seramik malzemeler arasındadır. Seramik malzemelere örnek olarak cam, kum, yalıtım malzemeleri ve tuğlayı verebiliriz. Bunların yanı sıra bir de polimer malzemeler vardır. Polimerler, bir temel birimin pek çok kez tekrar etmesiyle meydana gelen büyük moleküllerdir. Kehribar, yün, ipek, PET şişeler, PVC çerçeveler, proteinler ve DNA polimer malzemelere örneklerdir. Bir diğer malzeme tipi olan kompozitlere örnek olarak da odun, kemik, karbon fiber katkılı polimerler, betonarme ve uçak kanatları verilebilir.



Temel malzeme türlerini ve bazı kullanım alanlarını öğrendik. Ancak gündelik yaşamda genellikle herhangi bir uygulamaya ve ürüne özgü tek bir malzeme tipi yoktur. Buna en iyi örnek gazlı içecek kutularıdır. Gazlı içecekler hem metal kutularda hem plastik şişelerde hem de cam şişelerde saklanıp satılmaktadır. Her bir malzemenin avantaj ve dezavantajları vardır. Bunlardan bazıları aşağıdaki şekilde sıralanmıştır.



Alüminyum Kutular

Metallerin özellikleri sayesinde içecekler daha çabuk soğur, düşmeye karşı daha dayanıklıdır, gaz çıkışını engellemede başarılıdırlar, kolay geri dönüştürülebilirler ve kolayca boyanıp marka bilgileri üzerlerine yazılabilirler.

Öte yandan bu malzemeler opaktır ve içeceğinizi göremezsiniz. Ayrıca kolayca bükülebilirler ve diğerlerine göre üretimleri daha maliyetlidir.



Cam Şişeler

Cam şişeler de karbondioksit çıkışına karşı başarılı birer engel oluştururlar ve görece daha düşük maliyetlerle üretilir. Cam şişeler de alüminyum kutular gibi geri dönüştürülebilir malzemelerdir. Saydam oldukları için içeceğinizi görebilirsiniz.

Ancak camlar kolayca kırılıp çatlayabilir ve diğer malzeme tiplerine göre daha ağırdırlar.



Plastik Şişeler

Plastik malzemeler; hafif, dayanıklı, saydam, ucuz ve geri dönüştürülebilir malzemelerdir. Ancak gaz çıkışını engelleme konusunda metal ve cama göre daha yetersizdirler. Bu nedenle içecekleri uzun süre saklayamazlar. Belirli bir süre sonra sıvının içerisindeki gaz kaçacağı için, içerisindeki içeceğin tadı da bozulacaktır.

Metaller

Periyodik cetvelin büyük bir kısmını metaller oluşturur. Bu malzemeler birbirleri ile metalik bağ yapar. Güçlü ve bir o kadar da sünek olan bu malzemeler, aynı zamanda yumuşak oldukları için de kolay işlenip şekil verilebilirler. Ergime noktaları çok yüksek olduğundan, pek çok alanda aktif olarak kullanılırlar. Yüksek mukavemete sahiptirler. Elektrik ve ısıyı yüksek oranda ilettilikleri için, elektronik devrelerde ve ısı

eşanjörlerinde yaygın olarak kullanılırlar. Yoğunlukları diğer tip malzemelere göre daha fazladır. Yüzeyleri parlaktır ve ışığı yansıtırlar. Oda koşullarında cıva hariç tamamı katı halde bulunur. Diğer metaller ile bileşik yapmazlar ancak bunun yerine alaşım yaparlar. En çok bilinen metaller; alüminyum, bakır, demir, magnezyum, sodyum, gümüş, altındır. Elektrik kabloları, tencereler gibi gündelik kullanım alanlarının yanı sıra; araba, uçak ve tren gövdeleri ile iskeletleri gibi alanlarda da kullanılırlar. Metalik cam gibi istisnaları hariç kristal yapıdadırlar.

Polimerler

Yunanca poly- ve -mer kelimelerinin birleşiminden meydana gelen polimer sözcüğü “çok kısımlı” anlamına gelir. Polimer malzemeler; adlarına uygun biçimde, bir birim yapının birbirini uzun zincirler oluşturacak şekilde tekrar etmesi ve kovalent bağ ile uç uca eklenmesi sonucu oluşan büyük moleküllerdir. Kendi içerisinde; ısı tepkilerine, doğal ya da sentetik olma durumlarına ya da esnekliklerine göre pek çok sınıfa ayırmak mümkündür. DNA ve proteinlerimizden PET şişelere, kauçuk ve silgiye kadar pek çok malzeme polimerdir. Tavaları kaplamada kullanılan teflon da yine polimer malzemedir. Bu tip malzemeler yumuşak, sünek ve düşük yoğunluklu olur. Kristal ya da amorf olabilir. Dayanıklılık gibi mekanik özellikleri diğer malzeme tiplerine göre çok düşüktür. Termal ve elektriksel olarak yalıtkandır. Yarı saydam ya da şeffaf olabilir.

Seramikler

Seramik malzemeler metaller ile metal olmayan elementlerin bileşik oluşturmaları sonucu meydana gelir. Yunanca “çömleğe ilişkin” anlamına gelen keramikos sözcüğünden gelir. Genelde oksit, karbür, nitrür gibi formlarda bulunur. İyonik ve kovalent bağ yaparlar. Yalıtkan olan seramikler; kırılğan, camsı ve elastik modülü yüksek malzemelerdir. Çok sert ve gevrekler. Korozyon dirençleri yüksektir ve basınç altında güçlü malzemelerdir. Ancak çekme kuvvetlerine karşı çok zayıftır. Ergime sıcaklıkları diğer malzeme tiplerine göre çok yüksektir. Tuğla, çimento gibi ürünlerin ana maddesi olduğu gibi, bazı türleri kondansatörlerde de kullanılır. Yarı iletken olan tipleri de vardır. Cam ve camın ham maddesi olan kum, seramik malzemelere örnek olarak verilebilir. Tarih boyunca seramik malzemeleri heykeltıraşlar ve zanaatkarlar eserlerinde kullanılmışlardır. Seramiklerin kristal ve amorf türleri vardır.

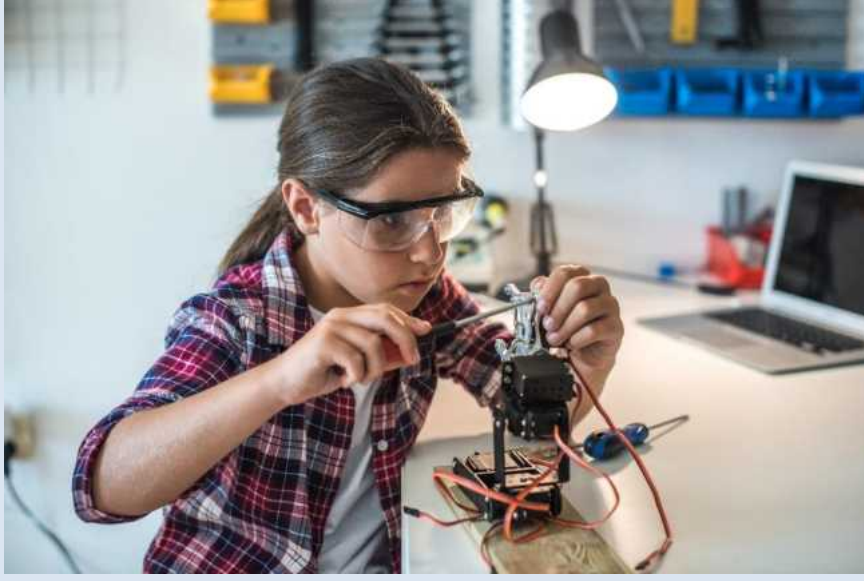
Soru: Metaller, polimerler ve seramikler temel malzeme gruplarını oluşturur. Öğrencilerle aşağıdaki fotoğrafların hangi ortamlarda veya hangi meslek grupları ile çekilmiş olabileceğini; bu fotoğraflardan yola çıkarak nerelerde ve hangi sebeple metal, polimer ve seramik kullanıldığını konuşabilirsiniz. Her bir fotoğraftaki metal, polimer ve seramik olan malzemeleri bulup tartışabilirsiniz.











Kompozitler

Kompozit malzemeler diğer temel malzeme gruplarından en az iki farklı tip olanının birleşimiyle oluşur. Bu malzemeleri üretmedeki temel amaç, iki farklı malzeme ve malzeme grubunun istenen özelliklerine tek malzemede aynı anda sahip olmaktır. Ancak bu birleştirme sonucu ortaya bazı zayıflıkların da çıkacağını unutmamak gerekir. Kompozitlerde bağlayıcı bir ortam oluşturarak birleştirici görev gören malzemelere matris malzemesi denir. Bu matris içerisinde yer alan taşıyıcı malzemelere ise takviye malzemesi denir. Binaları oluşturan çelik çubuk destekli çimento-kum karışımı olan betonarme yapılar kompozitlere iyi bir örnektir. Kompozit malzemelerin en bilinen örneklerinden bazıları; karbon fiber katkılı polimerler, aramid fiber, uçak kanatları ve doğal kompozitler olarak bilinen odun ya da kemiklerimizdir. Kompozitler, tanımları gereği çok farklı şekillerde ve sayısız ham madde ile üretilebilirler. Dolayısıyla kendi içlerinde de pek çok farklı sınıfa ayrılmaları mümkündür.

 https://en.wikipedia.org/wiki/Tree#/media/File:Taxus_wood.jpg	Tahta: Ağaçların gövdelerini ve dallarını oluşturan tahta, doğal olarak oluşmuş bir kompozit malzemedir. İnşaat malzemesi, kâğıt ve yakıt yapımında ham madde ve dekorasyon malzemesi olarak kullanılır. Tahta, güçlü selüloz lifleri ile onların arasını dolduran ve lignin adı verilen maddeden oluşur.
	Betonarme: İnşaat malzemesi olarak kullanılan betonarme, kırılğan olan beton ile sünek olan çeliğin birleştirilmesiyle oluşturulan bir kompozit yapı malzemesidir. Bu yapı bir yönüyle tahtaya benzer; selüloz lifler yerine çelikten (metal) oluşturulmuş iskelet yapı ve lignin yerine de boşlukları dolduran beton (seramik) bulunmaktadır.
	Karbon Fiber Katkılı Polimerler: Çok güçlü karbon lifleri ile takviye edilmiş polimer malzemelerdir. Otomotiv, inşaat mühendisliği, spor ekipmanları, uzay ve havacılık endüstrisinde yaygın olarak kullanılır.
 https://www.ssb.gov.tr/	Kompozit Zırh Malzemeleri: Klasik zırh malzemelerine göre darbe dayanımları çok daha güçlü olan kompozit zırh malzemeleri özellikle havacılık, deniz taşıtları, otomotiv, askeri ve uzay teknolojisi alanlarında kullanılmaktadır. Genellikle çelik ve titanyum gibi metallerin seramik malzemelerle birleştirilmesi sonucu oluşturulurlar. Seramik malzemeler sert oldukları için balistik hızlarda gelen objeleri durdururken, beraber kullanıldıkları metal plakalar sünek yapıda oldukları için enerjiyi soğururlar. ALTAY Projesi kapsamında ülkemizde geliştirilen Altay tankında, zırh malzemesi olarak çok sert bir seramik olan bor karbür (B4C) ve özel bir çelikten oluşturulan kompozit kullanılmaktadır. Bu kompozit malzemeler stratejik oldukları için yapılarındaki detaylar gizli tutulmaktadır.

Soru: Kâğıtlardan kompozit petek malzeme yapalım.

Bal peteği, doğadaki en muhteşem doğal kompozit malzemelerden biridir. Arıların oluşturduğu petek yapılar, en düşük ağırlık ve en az malzeme kullanımına karşın çok yüksek dayanaklılığa sahiptir. Bu yapının mühendisler tarafından da taklit edilmesiyle ucuz, dayanaklı, geri dönüştürülebilir ve hafif malzemeler geliştirilmiştir. Aşağıdaki fotoğraflarda petek yapıda oluşturulan kompozit malzeme örneklerini inceleyebilirsiniz.

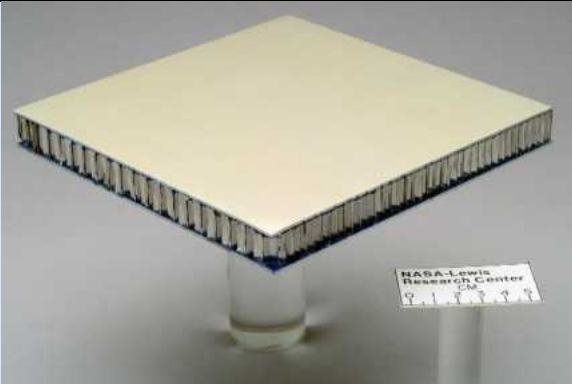


Arıların oluşturduğu altıgen yapıdaki balmumundan petek ile içlerinde depoladıkları bal doğal bir kompozit yapı oluşturmaktadır. En az malzemeye en çok yer kullanmak için en iyi geometrik şekil altıgendir.



https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/otis_sce_updated_photo_18-2266.jpg

Petek aynalar NASA'nın uzay teleskoplarında kullanılıyor. Petek aynalardaki desen, her aynanın kenarlarından mükemmel bir şekilde diğerine oturmasını sağlayarak tekil ve çok güçlü bir ünite oluşturuyor.

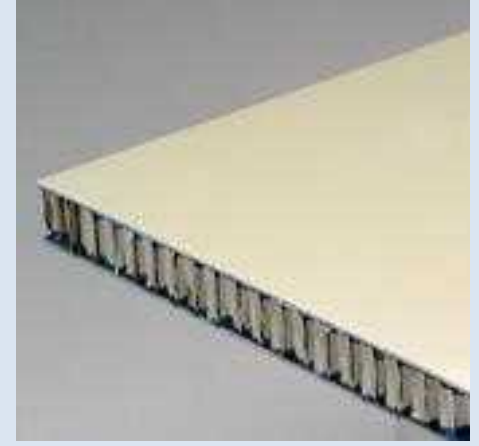
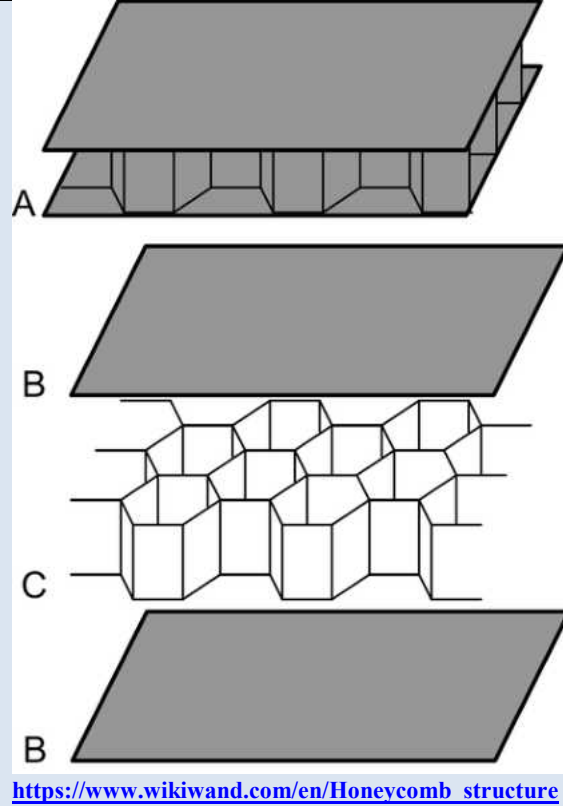


Petek kompozit, iki ince fakat sert kabuğun hafif petek şeklindeki malzeme ile birleştirilmesi sonucu oluşturulur. Petek şeklinde getirilen malzeme normalde düşük mukavemetlidir ancak daha kalın yapılarak düşük yoğunluklu, yüksek bükülme sertliğine sahip sandviç kompozit oluşturulabilir. Hafif ve sağlam olmaları nedeniyle özellikle uzay ve havacılık endüstrisinde kullanılır.

https://en.wikipedia.org/wiki/Sandwich-structured_composite#/media/File:Glare_honeycomb.jpg

Şimdi, kâğıt kullanarak havacılık alanında sıklıkla kullanılan petek kompozit yapalım.

Üreteceğimiz petek kompozit yapının şematik görüntüsü ve fotoğrafı aşağıda sunulmuştur.



https://en.wikipedia.org/wiki/Sandwich-structured_composite#/media/File:Glare_honeycomb.jpg

Petek kompozit yapıyı oluşturmak için 5 adet A4 boyutunda kâğıt, cetvel, makas ve yapıştırıcıya ihtiyaç duyacağız.

Petek yapımının adımlarını aşağıdaki videodan takip ederek uygulayabilirsiniz.
<https://www.youtube.com/watch?v=Q1M197am8cg>

A4 kâğıtlarından birine videoda gösterildiği üzere 1 cm'lik kareler çizelim. Sonrasında yapıştırırken kolaylık olması için, çizgili yerlerden aşağıdaki fotoğraftaki gibi katlayalım ve 1cm'lik şeritler halinde keselim. Bu katlama altıgen yapıyı oluştururken bize kolaylık sağlayacaktır. Şeritleri hazırladıktan sonra, petek yapıyı oluşturmak üzere aşağıdaki şematik örnekte verildiği gibi, her 3 karede bir yapıştırıcı sürelim.

YAPIŞTIRICI				YAPIŞTIRICI				YAPIŞTIRICI
-------------	--	--	--	-------------	--	--	--	-------------

Petek kompozit yapınızı oluşturduktan sonra, ne kadar yük taşıyabildiğini, üzerine çeşitli eşyalar koyarak test edebilirsiniz. Doğru biçimde tasarlanmış petek sandviç yapılar, öğrencilerin ağırlığını taşıyabilir. Öğrencilerden bu yapıların üzerine çıkıp test etmeleri istenebilir.

Tartışma:

Sadece kâğıt kullanılarak yapılan bu malzemelerin neden dayanıklı olduklarını tartışabilirsiniz.

Kullandığımız 5 adet A4 kâğıdı şt şte yapıştırsaydık petek kompozit kadar dayanıklı olur muydu? Deneyerek bu soruyu tartışabilirsiniz.

Altıgen petek yapı yerine üçgen, kare, beşgen gibi başka geometrik şekillerin kullanılmasının ne tür farklılıklar sağlayabileceğini öğrencilerle tartışabilirsiniz.

Her bir grubun (veya öğrencinin) rettiği petek kompozit malzemeleri birleştirerek daha büyük bir yapı oluşturabilir misiniz?

Bu petek kompozit yapılar hangi mühendislik uygulamalarında kullanılabilir?

Kâğıt dışında başka hangi malzemelerden bu tür kompozit yapılar oluşturulabilir?

Etkinlik No	1.3
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Malzeme Bilimi Derse Başlamadan Önce Etkinliği
Önerilen Süre	30 dakika
Öğrenci Kazanımları	Yarı İletkenler, Biyomalzemeler, Akıllı Malzemeler, Nanomalzemeler gibi ileri malzemeleri ve kullanım yerlerini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik, Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası Deney
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	Nitril Eldiven 1 adet Radyo Saatçi Tornavidası Seti

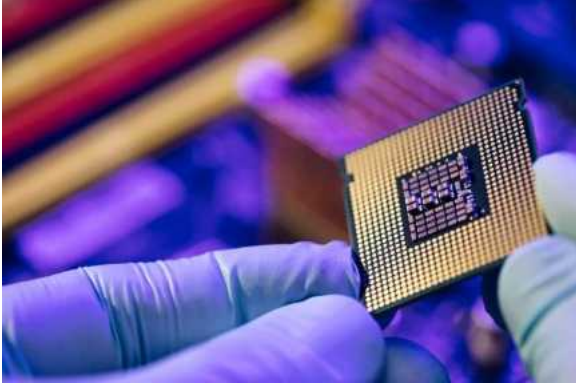
İŞLENİŞ:

İleri Malzemeler

Temel malzeme sınıflandırmasını öğrendikten sonra, şimdi ileri malzemeler olarak tanımladığımız ve yüksek teknoloji alanlarında kullanılan malzeme tiplerini inceleyeceğiz. Bu malzemeler de aslında temel malzeme sınıflandırması içerisinde yer alır. Ancak bilim ve mühendisliğin sağladığı olanaklarla yapıları ve dolayısıyla özellikleri, ait oldukları grupların geleneksel malzeme yapılarına kıyasla daha da geliştirilmiş ve yüksek teknoloji uygulamalarına uygun hale getirilmiştir. Bu malzemeler tıptan havacılık ve uzay sanayisine, askeri teknolojilerden elektrik-elektronik uygulamalarına ve çiplere kadar pek çok farklı alanda geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Bu malzeme türleri genel olarak yarı iletkenler, biyomalzemeler, akıllı malzemeler ve nano malzemelerdir.

Yarı İletkenler

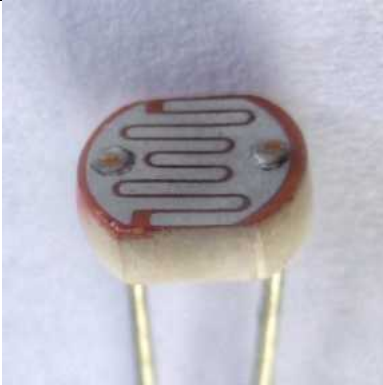
Yarı iletken malzemeler, genelde belirli bir saf bir element veya bileşik içerisinde binde, hatta milyonda bir seviyesinde başka element atomlarının eklenmesiyle üretilen malzemelerdir. Bu tip malzemeler yaygın olarak ekran kartı ve işlemci gibi bilgisayar elemanlarında bulunan çiplerin üretimlerinde kullanılır. Genelde belirli sıcaklık aralıklarında yarı iletkenlik özelliği gösteren bu malzemeler, üzerlerine uygulanan elektrik akımına göre elektriği iletebilir ya da elektriğe karşı direnç gösterebilir. Bu malzemelere yarı iletken adı verilmesinin nedeni de budur. Bu malzemeler en yüksek verimde çalışmaları için planlanmış, belirli sıcaklık aralıklarına sahiptir. Bu sıcaklık aralığında olmadıkları zaman tamamen iletken ya da yalıtkan gibi davranabilir. Aynı zamanda ideal çalışma koşullarında olsalar dahi bu malzemeler yük altında kullanıldıkça üzerlerinden geçen akımın da ciddi bir kısmı ısı olarak kaybedilir ve çalışılan ortamı ısıtır. Dolayısıyla malzeme ideal yarı iletkenlik gösterdiği alanın sınırlarına yaklaşır ve hatta bu sınırları aşmaya başlar. İşte bu nedenle ağır yük altındaki bilgisayarlar, çiplerini soğutmak için fanlarını devreye sokarak ideal sıcaklık aralığını korumaya çalışır. Yine aynı nedenle sıcaklığı kontrol edilemeyen bilgisayarlarda da yavaşlama ve takılma gibi sorunlar görülür.



Cep telefonlarından bilgisayarlara, elektronik endüstrisinin vazgeçilmez malzemesi silikon çipler, yarı iletken malzemelerin en önemli örnekleri arasındadır.



Gün geçtikçe geleneksel ampullerin yerini alan LED'ler yarı iletken malzemelerdir.



<https://en.wikipedia.org/wiki/Photoresistor>

Saatli radyolar, alarm cihazları, gece lambaları, güneş enerjisiyle çalışan sokak lambaları gibi birçok cihazda kullandığımız fotoresistörler yarı iletken malzemelerdir .



https://tr.wikipedia.org/wiki/Lazer_diyot

Fiber optik iletişim, barkod okuyucular, lazer işaretçiler, CD/DVD/Blu-ray disk okuma gibi uygulamalarda sıklıkla kullandığımız lazer diyotlar da yarı iletken malzemeler arasındadır.

Biyomalzemeler

İnsan vücudu ve canlı dokular için uyumlu olan ve bu dokularda toksin özellik göstermeyen bazı özel malzemeler; insan dokularında ya da hasar görmüş vücut parçalarının yenilenmesinde kullanılabilmektedir. Bu tip malzemelere biyomalzemeler adı verilmektedir. Biyo uyumlu herhangi bir malzemeyi bunlara örnek olarak verebiliriz. Günümüzde en çok kullanılan ve geliştirilen biyomalzemelerden biri de vücut implantlarıdır.



Miyopi, hipermetropi ve astigmatizma gibi görme kusurlarının düzeltilmesinde ya da göz renginin değiştirilmesinde kullanılan ve ağırlığına göre en pahalı malzemeler arasında yer alan kontak lens de bir biyomalzemedir.



Genellikle titanyum-alüminyum ve vanadyum elementlerinden üretilen implant alaşımları biyomalzeme grubundadır.



Kobalt krom veya titanyumdan imal edilen ana parçalar ile bunların eklemleştigi yerde plastik, metal veya seramik ara parçalardan oluşan kompozit yapıdaki diz ve kalça protezleri biyomalzemelerdir.

Akıllı Malzemeler

Belirli dış uyarınları algılayıp ona göre yapısını ve özelliklerini değıştirebilen malzeme türlerine akıllı malzemeler denir. Bu tip malzemelerin teknolojik ilerleme üzerindeki etkileri de çok fazladır. Bu malzemeler, bir canlı varlık gibi etraflarındaki değışimleri algılayıp bu değışimlere bir tepki verir. Bu tip malzemelere örnek olarak şekil bellekli alaşımlar, piezoelektrik malzemeler, magnetostriktif malzemeler ve elektoreolojik/manyetoreolojik akışkanlar verilebilir.



Kalp stentlerinde kullanılan şekil bellekli alaşımlar akıllı malzemeler grubundadır. İleriki bölümlerde şekil bellekli alaşımlar üzerine deneyler yapacağız.



Kuvars saatlerin içinde yer alan ve saniyede 32,768 kez titreşerek ayda yalnızca birkaç saniyelik hata oluşturan piezoelektrik kuvars, akıllı malzeme grubundadır. İleride piezoelektrik malzemeler üzerine de bir deneyimiz olacak.



Kendi kendini iyileştiren malzemelere güzel bir örnek olan bu beton, çimentodaki küçük çatlakları ve delikleri kapatabilen bakterilerden oluşuyor. Su ile aktive olan bakteriler, esasen kireçtaşı olan kalsiyumu, oksijen ve karbondioksit ile birleştirmek için beton karışımına eklenen malzemeleri yer. Bu sırada çatlaklar da kapanmış olur. Bu tür kendini iyileştiren malzemeler akıllı malzemeler grubundadır.

<https://inhabitat.com/dutch-scientists-create-concrete-that-heals-itself-with-built-in-bacteria/self-healing-concrete-bacteria/>

Nano malzemeler

İç yapıları metrenin milyarda biri mertebesinde yani nanometre düzeyinde belirleyici özellikler içeren malzemelere nano malzemeler denir. Malzeme bilimi ve mühendisliği altında başlı başına bir çalışma alanı olan nano malzemelerin özellikleri normal malzemelere göre çok farklıdır. Nano mertebesine inildikçe malzemenin özellikleri değişmeye, genel özellik tahminlerimiz yetersiz olmaya başlamaktadır. Bu durumun teknik bilimsel açıklamalarına bu aşamada girmeyeceğiz. Ancak nano malzemeleri diğerlerinden farklı kılan temel özellik; çok büyük miktarda yüzey alanlarına sahip olmaları, buna bağlı olarak da yüzey alanı/hacim oranları ve yüzey plazmonlarının miktarıdır. Özellikle yüzey alanı artışından kaynaklı olarak malzemenin mekanik, elektronik, kimyasal, optik ve daha pek çok özelliği değişmektedir. Örneğin, nano boyuttaki altın tanecikleri nano yapılarının neden olduğu elektron konfigürasyonlarından ötürü, alıştığımızın aksine kırmızı renkte görünmeye başlarlar. Bazı katılar nano boyutta sıvıya dönüşürler. Bazı yalıtkan malzemeler nano boyutta iletken olabilirler. Bunlar ve benzeri daha pek çok örneği ile nano malzemelerin özelliklerini eğitimin en son haftasında detaylıca öğreneceğiz. Nano malzeme örnekleri, kullanım alanları ve altında yatan bilimi de yine eğitimin ilerleyen aşamalarında görme fırsatı bulacağız. Nano malzemeler bu cazip özelliklerinin yanı sıra, bazı durumlarda çevre ve insan için zararlı ve toksin özellikler de taşıyabilir. Bu nedenle nano malzemeleri üretirken ya da kullanırken potansiyel zararlarını tespit etmek ve bunlara göre önlem almak önem arz etmektedir.

Nano malzemelerle ilgili geniş bilgi son hafta verilecek olup bu kısımda aşağıdaki örnek öğrencilere sunulabilir.

Örnek

Gecko ve Nanobantlar



https://www.cleveland.com/science/2012/09/university_of_akrons_research.html



https://en.wikipedia.org/wiki/Gecko#/media/File:Gecko_foot_on_glass.JPG

Bilim insanları çok uzun süredir gecko türü kertenkelelerin en pürüzsüz cam yüzeylerde dahi düşmeden nasıl hareket ettiklerini inceliyorlardı. İlk başlarda ayaklarının altında yer alan yapışkan salgılar, vantuz mekanizmaları ya da küçük kanca sistemleri olabileceği düşünülüyor. Ancak yapılan araştırmalar, bunların hiçbirinin bulunmadığını ortaya çıkardı.

Geckoların, setae adlı ince tüylerden oluşan ayak parmakları vardır. Setaelerin üzerinde de nanoboyutlarda milyarlarca tüycük bulunmaktadır. Geckoların ayaklarının altındaki bu tüycükler van der Waals kuvvetleri aracılığı ile tutundukları yüzeylerle etkileşime girer. Van der Waals zayıf bir kuvvet olmasına karşın, milyarlarca tüycük üzerinde oluşan bu kuvvet gecko'yu pürüzsüz yüzeylere bile tutunmasını sağlar. Gecko, ayağının açısını değiştirerek dilediği zaman Van der Waals bağını bozarak hareket edebilmektedir. Van der Waals bağını bilmeyen öğrenciler için tüycüklerin üzerinde oluşan geçici elektriksel yüklerle duvara tutunduğu açıklanabilir. Halıya sürtülen balonun duvara yapışması örnek olarak sunulabilir.

Geckoların pürüzsüz yüzeylerde yürümesi ile ilgili bir video:

<https://www.youtube.com/watch?v=YeSuQm7KfaE>

Beyin Fırtınası:

Gecko'nun yaptığı gibi insanlar da pürüzsüz yüzeylere tutunabilir mi?

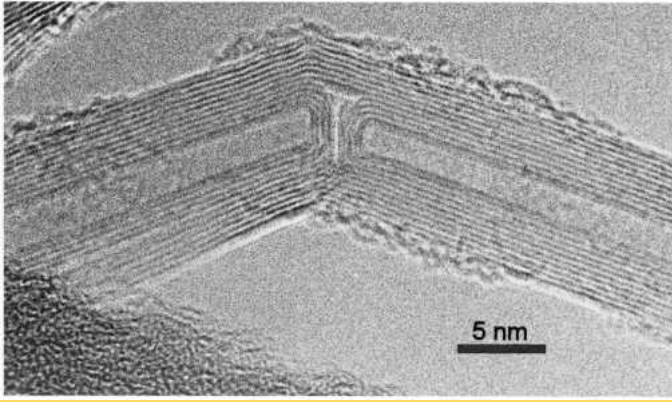
Öğrencilere gecko ile ilgili bilgi sunulduktan sonra, insanların neden bunu yapamadığı tartışılabilir. İnsanların da ellerinde tüycükler olsaydı örümcek adam gibi cama ellerimizle yapışmamız mümkün olur muydu? Gecko gibi tüycüklerimiz olsaydı bile yüzeye yapışmamızı kütle ve yüzey alanı oranları belirler. Birisi ne kadar ağırsa o kadar yüzey alanı, dolayısıyla o kadar tüycüğe sahip olması gerekir. Geckolar küçüktür, bu nedenle yüzey alanlarının, ayaklarının ve ellerinin yalnızca %2-4'üne ihtiyaç duyarlar. İnsanlar ağır oldukları için bu oran %40 civarındadır. Gecko gibi duvarlara yapışabilseydik orantısız şekilde büyük el ve ayaklara da sahip olmamız gerekirdi.

Gecko'nun bu özelliği bir mühendislik uygulaması olabilir mi?

Evet, bilim insanları ve mühendisler geckolardan esinlenerek ağır malzemeleri yapıştırmamıza olanak sağlayan bantlar icat etmişlerdir. Bu bantlara gecko bantları veya nano bantlar adı verilmiştir.

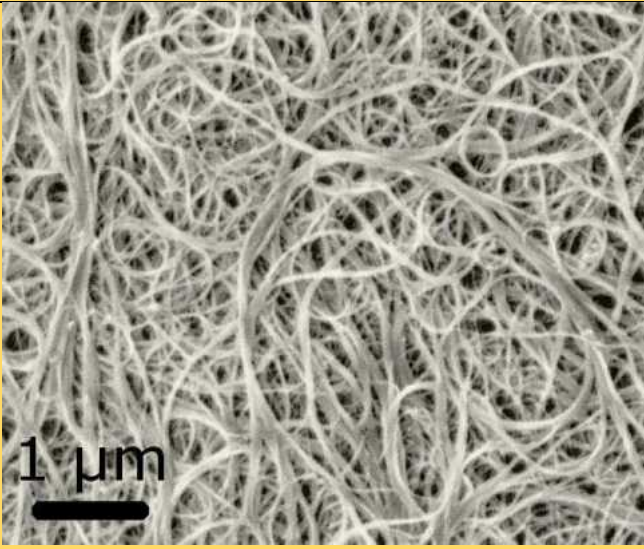
Bu bantlarda karbon nanotüp isimli bir malzeme türü kullanılmaktadır. Karbon nanotüpler; karbondan yapılmış, çapları nanometre boyutlarında olan tüplerdir. Karbon nanotüpler, şimdiye kadar keşfedilen en güçlü malzemelerdir. Ayrıca, ilginç elektrik, optik ve termal özelliklere de sahiptir.

Nanobant, esnek polimer banttan oluşan ve karbon nanotüp dizilerinden oluşan sentetik bir yapışkan banttır. Bu dizilere sentetik kıllar denir ve bir geckonun ayak parmaklarında bulunan nano yapıları taklit eder. Yapışma, kimyasal yapıştırıcılarla değil, aynı geckonun ayaklarında olduğu gibi, birbirine çok yakın iki atom veya molekül arasında üretilen zayıf elektrik kuvvetleri olan van der Waals kuvvetleri aracılığıyla sağlanır. Bu da kimyasal olarak bağ oluşturmeyen kuvvetli bir yapıştırıcıyı oluşmasına ve birçok kez kullanılmasını sağlar. Bu ilginç özellikleri ile nanobant duvarda delik açmadan düz duvarlara eşyaları asmak için kullanışlı olan çift taraflı bant olarak satılır. Karbonun yüksek sıcaklıklara dayanıklı olması ile hizalanmış karbon nanotüpler kullanarak, bazı nanobantlar aşırı sıcaklıklarda yapışkan kalabilir. Aşağıdaki fotoğraflarda karbon nanotüp, nanobant ve nanobantla duvara asılmış bazı dekoratif ürünleri görebilirsiniz.



https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_nanotube#/media/File:Nanotube_junction.jpg

Tek bir karbon nanotüpün elektron mikroskobu görüntüsü



https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_nanotube#/media/File:CNTSEM.JPG

Karbon nanotüp iplikçilerin bir arada görüntüsü



<https://www.zdnet.com/article/super-tape-can-support-the-weight-of-a-full-grown-man/>

Nanobant kullanarak tavana asılmış kulptan kendini yukarı doğru kaldıran bir kişiyi görüyoruz.



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/9a/Nano_tape_used_to_hang_household_items.jpg

Dikey boyalı duvara nanobantla asılmış çerçeveli poster, karbon monoksit detektörü, nikel, hesap makinesi ve ölçü kabı.

Sınıf İçi Etkinlik

Bu etkinliğimizde, etrafımızda olan ve günlük yaşamda kullandığımız bazı eşya, araç ya da gereçleri sökerek yapımlarında hangi tip malzemelerin ne amaçla kullanıldığını, içerisindeki hangi bileşenlerin hangi malzemelerden yapıldığını inceleyeceğiz. Deneyin cep tipi ya da masaüstü radyo ile gerçekleştirilmesini tavsiye etmekle birlikte, içerisinde farklı malzeme sınıfları ile ilgili bolca örnek içeren herhangi başka bir gündelik eşyayla da yapılabileceğini belirtmek isteriz. Dolayısıyla radyonun yanı sıra; ütü, telefon, tüplü televizyon vb. eşyaları da tercih edebilirsiniz.

Kullanılacak malzemeler

- Nitril Eldiven
- 1 adet Radyo
- Saatçi Tornavidası Seti

Deneyin Uygulanışı

1. Ellerimize eldivenleri takıyoruz.
2. Saatçi tornavidalarını ve atölyedeki diğer araç gereçleri kullanarak radyoyu olabildiğince küçük parçalara ayıracak şekilde söküyoruz.
3. Radyoda bulunan bileşenleri ayırıp gruplandırdıktan sonra, grupça hangi modülde hangi tip malzemelerin kullanılmış olabileceğini, hangi parçanın hangi tip malzemedan yapılmış olabileceğini tartışıyoruz.
4. Grupça yaptığımız tespitleri not alıp deney sonunda sınıftaki diğer gruplarla da tartışarak malzeme sınıfları ile kullanım alanları üzerine fikir alışverişinde bulunuyoruz.

Aşağıdaki görsellerde örnek olarak sökülmüş bir radyoyu inceleyebilirsiniz.



<https://www.ebay.com/itm/182286642221>

Etkinlik No	1.4
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Malzeme Bilimi Derse Başlamadan Önce Etkinliği
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Malzemelerin üretim yöntemlerini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik, Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Malzeme Üretim Yöntemleri

Bu aşamada öğrencilere son ürün elde edilebilmek ve malzemeleri kullanılabilir hale getirmek için uygulanan üretim yöntemlerinden bahsedilecektir.

Önceden öğrendiğimiz üzere malzemeleri temelde metaller, seramikler ve polimerler olarak üç ana sınıfa ayırıyoruz. Bu malzemelerin belirli oranda ve düzende birleştirilmeleri ile de kompozit adı verilen malzemeler elde edilebiliyor. Bu bölümde bu 4 farklı malzeme sınıfından olan ürünlerin birer birer üretim yöntemlerinin üzerinden geçeceğiz.

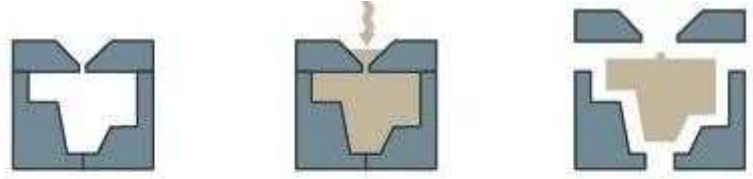
Malzemelerin özelliklerini ve performansını etkileyen önemli parametrelerden birisi de malzeme tetrahedronundan da görebileceğimiz üzere malzeme üretim sürecidir. Üretim yöntemine bağlı olarak malzemenin yapısı değişkenlik gösterir ve bu değişiklikler de malzemenin son özelliklerini belirler. Üretim yöntemine göre malzemeler farklı boyutlarda, şekillerde veya belirli özellikleri taşıyacak şekilde üretilebilirler. Bu sebeple malzemelerin nasıl süreçlerden geçerek üretildiklerini öğrenmek hem malzeme bilimini ve mühendisliğini anlamak hem de günlük yaşantımızda kullandığımız eşyaları daha iyi anlamamız noktasında bizlere paha biçilmez imkanlar tanıyacaktır.

Daha önceden de bahsedildiği gibi malzemelerin üretim yöntemleri öncelikli olarak hangi tür malzemeler olduklarıyla belirlenir. Bir metal objeyi eğip bükerek belki istediğimiz şekle getirebiliriz ancak aynı işlemi bir cam üzerinde uygulamamız çok da mantıklı olmayacaktır. Aynı şekilde, seramik bir karoyu daha da inceltmek için merdaneler arasından geçirmek karoyu kullanılamaz bir hale getirecekken, metal levhalar elde etmek için merdaneler sıklıkla kullanılmaktadır. Çoğu metal dövme

veya haddeleme işlemleri ile daha dayanıklı bir hale getirilebilecekken, çelikler aynı zamanda ısıtma işlemi ile sertlikleri ve toklukları artırılabilir malzemelerdir.

Bir malzemeyi üretmek ve son haline getirmek için kullanılabilecek yüzlerce yöntem vardır. Bu yöntemler arasından istenilen sonucu elde etmek için en uygun olanını seçmek için ise üretilecek ürünün boyutu, şekli, kaç tane üretilmesi gerektiği, üretim masraflarının ne kadar olması gerektiği gibi birçok parametrenin mühendisler ve tasarımcılar tarafından düşünülmesi gerekmektedir. Genel olarak bu yüzlerce üretim yöntemi aşağıdaki üç kategoriden birine dahil olur.

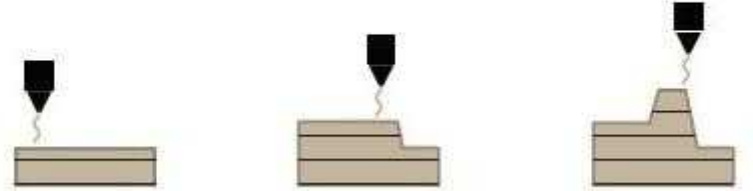
Biçimlendirici Üretim



Eksiltmeli Üretim



Eklemeli Üretim



<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=17901>

Şimdi bu tekniklere örnekleriyle beraber inceleyelim.

Biçimlendirici Üretim

Biçimlendirici üretimde, bir malzemeyi istenen şekle getirmek için sıkıştırma, çekme ve kesme ve bu kuvvetlerin kombinasyonlardan yararlanılır. Bu süreçte hiçbir malzeme eklenmez veya çıkarılmaz. Bu üretim çeşiti özellikle polimer ve metaller için uygulanır. Üretilmek istenilen parça sıvı hale getirilerek önceden hazırlanmış bir kalıbın içinde katılaştırılır veya katı halde kuvvet uygulayarak parça eksiltilmeden deforme edilir. Aşağıda biçimlendirici üretim tekniklerine örnekler sunulmuştur.



KUM KALIBA DÖKÜM

Kum kalıba döküm, döküm yöntemlerinin en basitlerinden biri olmakla birlikte metallerin üretiminde en sık olarak kullanılan yöntemlerden de birisidir. Bu yöntemde ergimiş metal kumdan hazırlanmış iki parçalı bir kalıp boşluğuna dökülür, kalıp içerisinde soğuyarak katılaşması beklenir, ardından da kalıp bozularak istenilen parça çıkartılır. Kum kalıplar tek kullanımlıktır ve oldukça ucuz bir şekilde elde edilebilirler. Bu sebeple ekonomik olarak üstünlerdir ve çok sayıda üretim yapılabilmesine imkân sağlarlar. Ancak, kum kalıplar aracılığı ile elde edilen ürünlerin yüzey kaliteleri diğer yöntemlere göre kötüdür. Bu nedenle birçok durumda döküm sonrasında ürünler ilave yüzey işlemlerine gereksinim duyarlar. Bunun dışında, oluşturulan kum kalıplar da ergitilmiş metalin homojen bir şekilde kalıp içerisinde yayılmasını ve katılaşmasını sağlayacak şekilde üretilmelidir.



BASINÇLA KALIBA DÖKÜM

Basınçlı kalıba döküm yönteminde ise kalıp malzemesi olarak metaller kullanılır ve eriyik metalin kalıp içersine bir piston aracılığı ile basınç ile iletilip bu kalıp içerisinde katılaşmasının beklenmesi mantığı geçerlidir. . Kullanılan metal kalıplar kum kalıplara nazaran oldukça pahalıdırlar ancak çok sayıda kullanıma uygundur. Bu yüzden, metal kalıplar aynı şekle sahip çok sayıda ürünün aynı anda dökülmesine imkân tanıyacak şekilde büyük ve birçok döküm boşluğu içerecek şekilde üretilbilirler. Bu sebeple, metal kalıplara aynı zamanda kalıcı kalıplar da denir. Bu yöntemde eriyik metal kalıp içersine yüksek basınç ile iletildiği için çok karmaşık şekilli parçaların dökümü mümkündür. Basınçlı kalıba dökümde, dökümü yapılan ürünü kalıptan çıkartabilmek için iki parçadan oluşan metal

	kalıplar öncelikle birbirlerinden ayrılır ve çıkarıcı pimler yardımı ile ürün kalıptan uzaklaştırılır. Basınçlı kalıba döküm yöntemi ile elde edilen ürünlerin yüzey kaliteleri kum kalıba dökülmüş ürünlerinkine nazaran daha iyi olacaktır ancak daha kaliteli ve yüksek hassasiyet değerlerine uygun yüzeyler elde etmek için daha üstün döküm yöntemleri kullanılmalıdır.
	DÖVME Plastik şekil verme yöntemlerinin en uzun süredir kullanılanlarından biri olan dövme, yüksek basınç altında metallerin kalıcı olarak şekillendirilmesine denir. Bu yöntemde genellikle elde edilmek istenen geometriye sahip iki parçadan oluşan bir kalıp kullanılır. Yandaki şekilde görülebileceği üzere bu iki kalıp arasına yerleştirilen metal malzeme, kalıplar yüksek basınç ile kapatılarak kalıcı olarak şekillendirilir. Dövme işlemi hem sıcak hem de soğuk olarak gerçekleştirilebilir. Soğuk dövme işlemi sonucunda elde edilecek metal yüksek dayanca, daha yüksek hassasiyet oranlarına ve yüzey kalitesine sahip olacaktır ancak bunun eldesi için uygulanması gereken basınç sıcak dövme işleminde gerekli olan basınca göre oldukça yüksektir. Sıcak dövmede ise kullanılan sıcaklık metal malzemenin ergime sıcaklığının yarısından yüksek olmakla birlikte metalin erimesine neden olabilecek kadar da yüksek olmamalıdır. Bunun sonucu olarak metali şekillendirmek için gerekli olan basınç azdır ve metalde daha büyük oranda şekil değişiklikleri kolayca elde edilebilir. Bu durumun bazı negatif yanları ise elde edilen ürün soğuk dövülen malzemelere daha göre daha kötü yüzeylere ve hassasiyet değerlerine sahip olması olarak sıralanabilir.



ŞİŞİRME KALIPLAMA YÖNTEMİ

Özellikle plastik şişeler ve kapların üretiminde kullanılan şişirme kalıplama yöntemi, son şekli verilmemiş polimer yapının son ürün şeklindeki bir kalıp içerisine sarkıtılıp gaz basıncı ile şişirilip şekillendirilmesine denir. Şekillendirilen ürün soğuduktan sonra kalıptan kalıp açılarak çıkartılır. Ürünün kalıp içerisinde en kısa sürede soğuyup katılaşmasının sağlanması için genellikle kalıba içerisinde soğuk su dolaşan soğutma kanalları açılır. Bu yöntem ile düşük maliyetli bir şekilde çok hızlı olarak çok sayıda parçanın seri imalatı gerçekleştirilebilir. Günlük kullandığımız neredeyse bütün su ve meşrubat şişeleri bu yöntem ile üretilmektedir.

Eksiltmeli Üretim

Eksiltmeli imalat, bir malzemeyi istenen şekle getirmek için işlenmemiş malzemeden gereksiz kısımları çıkararak bir nesnenin üretildiği bir süreçtir. Bu çıkarma işlemi malzemeye kesme, delme, frezeleme veya taşlama gibi işlemler uygulanarak gerçekleştirilir. Aşağıda eksiltmeli üretim tekniklerine örnekler sunulmuştur.



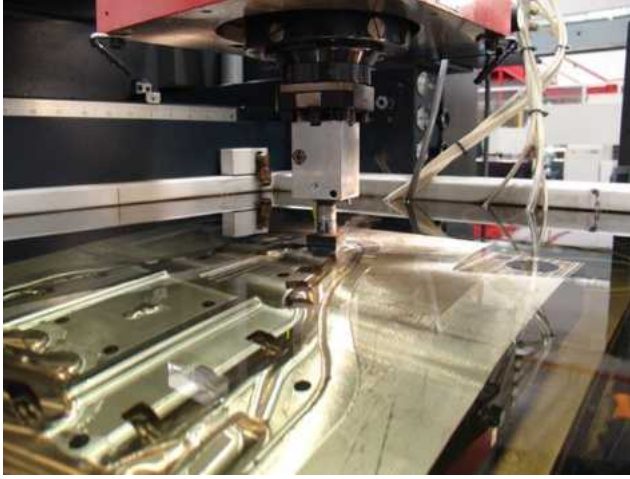
CNC İŞLEME

CNC adı verilen cihazlar bilgisayar kontrollü olarak çalışan talaşlı üretim makineleridir. CNC işleme ile üretim süreçlerinin artan otomasyonu ile tutarlılık ve kalitede önemli gelişmeler sağlanmıştır. CNC otomasyonu ile operatör bazlı hatalar ortadan kaldırılmış ve daha hızlı üretim süreci sağlanmıştır. CNC makinelerinin gelişmesi ile, imalat endüstrisini kökten değiştirmiştir. Düz olmayan yapıların kesilmesi, karmaşık 3 boyutlu yapıların üretilmesi bu sistemler sayesinde gerçekleşmiştir.



SU JETİ

Su jeti son derece yüksek basınçlı su veya su ile aşındırıcı bir madde karışımı kullanarak çok çeşitli malzemeleri kesebilen endüstriyel bir araçtır. Metal, seramik veya cam gibi sert malzemelerle birlikte ahşap veya kauçuk gibi daha yumuşak malzemeleri de kesmek için kullanılır. Su jeti ile kesme kullanılarak makine parçalarının imalatı da yapılabilir.

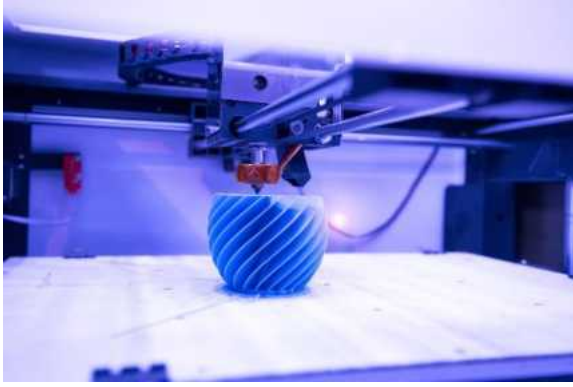


ELEKTROEROZYON

Elektroerozyon veya tel erozyon olarak da bilinen bu yöntem elektrik deşarjları (kıvılcımlar) kullanılarak istenilen şeklin elde edildiği bir metal fabrikasyon işlemidir. Şekil verilmek istenilen malzeme, özel bir sıvı ile ayrılmış ve elektrik voltajı altında iki elektrot arasında bir dizi hızlı tekrarlanan akımla oluşturulur. Bu sırada oluşan kıvılcımlar, ergime ve buharlaşma yoluyla malzeme yüzeyinden çok küçük malzeme parçacıkları kaldırır. Çok yavaş bir üretim yöntemi olmasına karşın geleneksel yöntemlerle üretilmesi zor olan ve son derece sert malzemeleri çok yüksek bir hassasiyetle şekillendirmek mümkün olmaktadır.

Eklemleri Üretim

Eklemleri üretim , üç boyutlu şekiller oluşturmak için malzemelerin bilgisayar kontrollü cihazlar ile sıralı olarak katmanlanmasındır. Elde edilecek cisim katman katman sıralı bir şekilde oluşturulur. Özellikle prototipleme, geometrik olarak karışık bileşenli parçalar ve kişiye özel ürünlerin üretimi için oldukça yararlıdır. İlk olarak 1980'lerde geliştirilmesine karşın o zamanlar zor ve pahalı bir işlem olmasından dolayı ancak 2000 yıllardan bu yana uygun fiyatlı hale gelerek yaygınlaşmıştır. Ürün tasarımı, elektronik sanayii, plastik, metal işleme, havacılık mühendisliği, dişçilik ve tıbbi uygulamalar olmak üzere çok çeşitli kullanım alanları mevcuttur. Aşağıda eklemleri üretim tekniklerine örnekler sunulmuştur.



ERİYİK YIĞMA MODELLEME

Eriyik yığma modelleme (FDM) olarak bilinen teknoloji filament adı verilen ve polimer ekstrüzyon yöntemi sonucunda üretilen şeritlerin kullanıldığı bir katmanlı hızlı prototipleme imalat yöntemidir. Bu yöntemde kullanılan cihazlarda da ekstrüzyon kafaları kullanılır ve polimer filamentler bu kafada ısıtılarak eriyik hale getirilir. Üç boyutlu düzlemde hareket edebilen bu kafa, bilgisayarda oluşturulan modele uygun olarak eriyik polimeri bir tepsi üzerine akıtır ve ürünü katman katman oluşturur.



STEREOLİTOGRAFI

Stereolitografi (SLA) yönteminde ise fotopolimer reçine, yani morötesi ışık ile noktasal olarak sertleştirilebilen polimer bazlı bir sıvı, kullanılır. FDM yöntemine benzer bir şekilde SLA yönteminde de bilgisayar destekli tasarım uygulamaları aracılığı ile tasarlanmış üç boyutlu modeller kullanılarak, istenilen son ürün katman katman üretilir. Karmaşık detaylara sahip parçalar bu yöntemle çok yüksek boyutsal hassasiyetle elde edilebilir. Kullanılan reçineler morötesi ışık yayan bir lazer aracılığı ile sertleştirildiği için ilave bir ısıtma veya soğutma sistemine ihtiyaç duyulmaz.



METAL YAZICILAR

Metal 3-boyutlu yazıcılar, toz metalleri kullanan lazer ya da yüksek enerjili elektron demeti tabanlı bir teknolojidir. Tozlar lazer ışını veya elektron demetinin sağladığı lokal ısınma ile birbirlerine bağlanır. Tozlar bir makine yardımıyla katman katman dağıtılır. Lazer ya da elektron demeti bir katmanı birleştirdikten sonra yeni katman serilir. Metal 3-boyutlu yazıcılar, prototipleme, havacılık ve uzay, imalat, sanat ve eğitimde kullanılmaktadır.

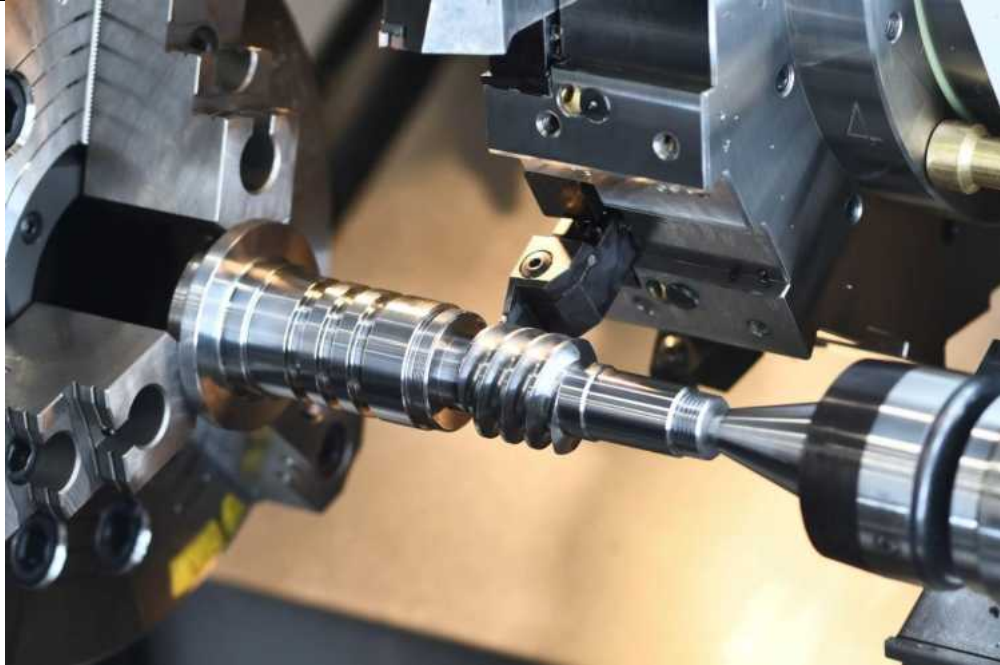
Bölüm Sonu Soruları

1. 3-boyutlu yazıcıların avantajlı ve dezavantajlı yönlerini tartışınız.
2. Aşağıda günlük hayatta kullandığımız ürünler sizce nasıl üretilmiştir? (Biçimlendirici, Eksiltmeli veya Eklemeli). Nedenleriyle tartışınız.
3. Eksiltmeli veya Eklemeli imalat yöntemlerini örnek vererek kıyaslayınız.

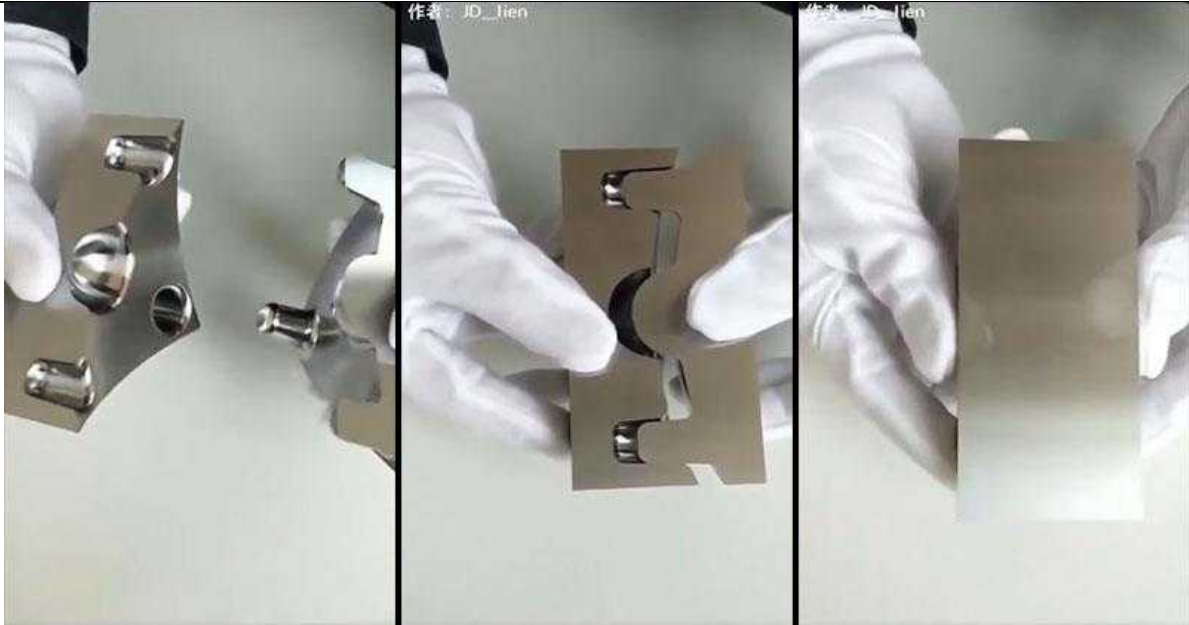


<https://www.express.co.uk/life-style/life/535199/University-students-design-robotic-arm-for-child>





<https://www.economist.com/science-and-technology/the-rise-of-3d-printed-houses/21803667>



<https://twistedifter.com/videos/seamless-metal-machining-compilation/seamless-metal-machining-compilation/>



<https://www.facebook.com/earthlymission/posts/worlds-largest-steel-ingot-486-tons/3454005878054623/>

Tasarla

Aşağıda verilen satranç taşını mumdan üretmek isterseniz nasıl bir yol izlersiniz? Hangi üretim tekniğini kullanırsınız? Evdeki atık mumları kullanarak ailenizin de desteği ile satranç takımınızı üretmeyi deneyebilirsiniz.



Popüler Bilim Okuması

3-boyutlu yazıcılar üzerine popüler bilim yazısı:

<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/uc-boyutlu-biyoyaziciyi-kendin-yapabilirsin>

Etkinlik No	1.5
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Malzeme Bilimi Derse Başlamadan Önce Etkinliği
Önerilen Süre	30 dakika
Öğrenci Kazanımları	Geri dönüşüm konusunda farkındalık kazanırlar. Malzeme gruplarının geri dönüşüm özelliklerini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Kimya, Fizik, Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası Deney
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	Birkaç litre aseton Polistiren kartonpiyer çıta Polistiren top Polietilen deniz makarnası Petri kabı 2 litrelik beher Güvenlik malzemeleri

İŞLENİŞ:

Geri Dönüşüm

Kullanım ömürlerini tamamlamış malzemelerin çeşitli yöntemlerle yeniden üretim süreçlerine ham madde olarak geri döndürülmesine geri dönüşüm denir. Geri dönüşüm, doğal kaynakların en verimli şekilde kullanılması için çok önemlidir. Aynı zamanda geri dönüşüm, yeni ham madde temini ile birlikte sıfırdan ürün üretimi için kullanılacak olan enerjiden de tasarruf edilmesini sağlar. Bir sonraki sayfada, günümüzde yaygın olarak kullanılan geri dönüşüm sembolleri görülmektedir. Bu semboller, ilişkili olduğu malzemelerin geri dönüştürülmeye uygun olduğunu göstermektedir.

Metaller çoğunlukla geri dönüştürülmeye uygundur. Geri dönüştürülmek için elde edilen metaller, ufak parçalar halinde doğranıp türlerine göre ayrılır. Ardından, aynı türdeki metaller büyük ocaklarda eritilir. Günümüzde metal sektöründe üretim yapan neredeyse tüm fabrikalarda belirli miktarlarda geri dönüştürülmüş metaller üretimde kullanılır.

En önemli seramiklerden biri olan camlar, sonsuz bir döngü içerisinde geri dönüştürülebilir olmaları ile bilinirler. Renklerine göre ayrıştırılan camlar, büyük ocaklarda eritilip tekrar cam olarak kullanılabilir hale getirilebilirler. Ancak, camları elde etmek için kullanılan ana ham maddeler çok ucuz ve kolay erişilebilir oldukları için, camların geri dönüşümü sanıldığı gibi ekonomik olarak uygun değildir. Aynı zamanda, camların geri dönüştürülebilmeleri için renklerine, tiplerine ve çeşitlerine göre ayrıştırılma zorunlulukları da zaman alıcı ve yüksek maliyetlidir.

Polimerlerin birçoğu da geri dönüştürülebilir yapıdadır. Cinslerine göre ayrılan polimerler, yeniden üretim sürecine girebilmek için, öncelikle küçük parçalara ayrılır. Ardından, önceki bölümlerde öğrendiğimiz ekstrüzyon, enjeksiyon gibi üretim yöntemlerinde ham madde olarak kullanılabilirler.

Kompozitler ise diğer malzeme tiplerine göre geri dönüştürülmesi çok zor olan malzemelerdir. Birden fazla malzemenin karışımından oluşturulan kompozitler, geri dönüştürülebilmeleri için öncelikli olarak kendilerini oluşturan materyallere ayrılmalıdır. Bu da çok zahmetli ve masraflı bir süreçtir.



Bunları Biliyor musunuz?

- ❖ Geri dönüştürülen her 1 ton kâğıt, 17 ağaç, 22.724 litre su, 225 kilovat saat elektrik kazandırır.
- ❖ Bir ağaç, bir süpermarket tarafından 1 saatten daha kısa sürede tüketilecek olan yaklaşık 700 kâğıt poşet verir.
- ❖ 14 ağaç değerinde kâğıdın geri dönüştürülmesi, 165.142 ton hava kirleticiyi azaltır.
- ❖ Geri dönüştürülmüş bir alüminyum kutu, 60 gün gibi kısa bir sürede yeni bir kutu olarak market raflarına geri döner.
- ❖ Bir çöp sahasındaki ortalama atıkların yaklaşık üçte biri ambalaj malzemelerinden oluşmaktadır.
- ❖ Bir Boeing 747 yapmak için yaklaşık 201 tonluk alüminyum kutu gerekiyor.
- ❖ Her yıl 2,4 milyon ton geri dönüştürülmüş cam, yeni şişeler ve kavanozlar yapmak için kullanılıyor.
- ❖ Geri dönüşüm enerji tasarrufuna yardımcı olur. Bir cam şişeyi geri dönüştürürseniz 100 watt'lık bir ampulü dört saat yakmaya, bilgisayarı 30 dakika veya televizyonu 20 dakika çalıştırmaya yetecek kadar enerji tasarrufu sağlar.

Kaynak: <https://www.colliercountyfl.gov/government/public-utilities/solid-hazardous-waste/keeping-green-helpful-information-page/the-facts-on-styrofoam-reduce-and-reuse>

<https://recyclingpartnership.org/communitiesforrecycling/16-fun-recycling-facts-for-kids/#:~:text=More%20than%2052%20million%20tons,a%20television%20for%2020%20minutes.>

Sınıf İçi Etkinlik

Bu etkinlikte, aşağıda sıralanmış malzemelerin doğada ne kadar sürede yok olduğunu öğrencilere sorarak sınıf içinde tartışın.



Kağıt



Polistiren Bardak



Plastik Şişe



Alüminyum Kutu



Yaprak



Plastik Poşet



Portakal Kabuğu



Cam Şişe

Öğrencilerden yukarıdaki organik ve inorganik ürünler için aşağıda verilen doğada yok olma sürelerini eşleştirmelerini isteyebiliriz.

DOĞADA YOK OLMA SÜRESİ	MALZEME
2-4 Hafta	Kâğıt
1-3 Ay	Yaprak
4-6 Ay	Portakal Kabuğu
10-20 Sene	Plastik Poşet
80 Sene	Alüminyum Kutu
450 Sene	Plastik Şişe
500 Sene	Cam Şişe
Hiçbir Zaman	Polistiren Bardak

Polistiren ve Aseton



Polistiren, stiren monomerlerinden yapılmış petrol bazlı bir kimyasal bileşiktir. Çok iyi yalıtım özelliklerine sahip, yaklaşık %95 hava ile çok hafif bir malzemedir. Strafor ise polistirenin ticari markasıdır. Bir önceki etkinlikte de gördüğümüz gibi, strafor doğada zamanla bozulmaz. Strafor, aşırı yüksek sıcaklıklarda yakılırsa yan ürünler olarak yalnızca az miktarda su ve karbon oluşturarak yok edilebilir. Ancak özel bir yakma fırını yerine normal bir yangında yakılırsa karbon siyahı ve karbonmonoksit gibi kirletici maddeler açığa çıkarır. Polistiren gibi geri dönüştürülemeyen malzemenin doğada çevreyi kirletmemesi için en etkili yöntemlerden biri asetonla çözmektir. Aseton ve polistiren birlikte reaksiyona girdiğinde polistiren aseton içinde çözülecektir. Aşağıdaki deneyde bunu gözlemleyebiliriz.

Gerekli Malzemeler

- Birkaç litre aseton
- Polistiren kartonpiyer çıta
- Polistiren top
- Polietilen deniz makarnası
- Petri kabı
- 2 litrelik beher

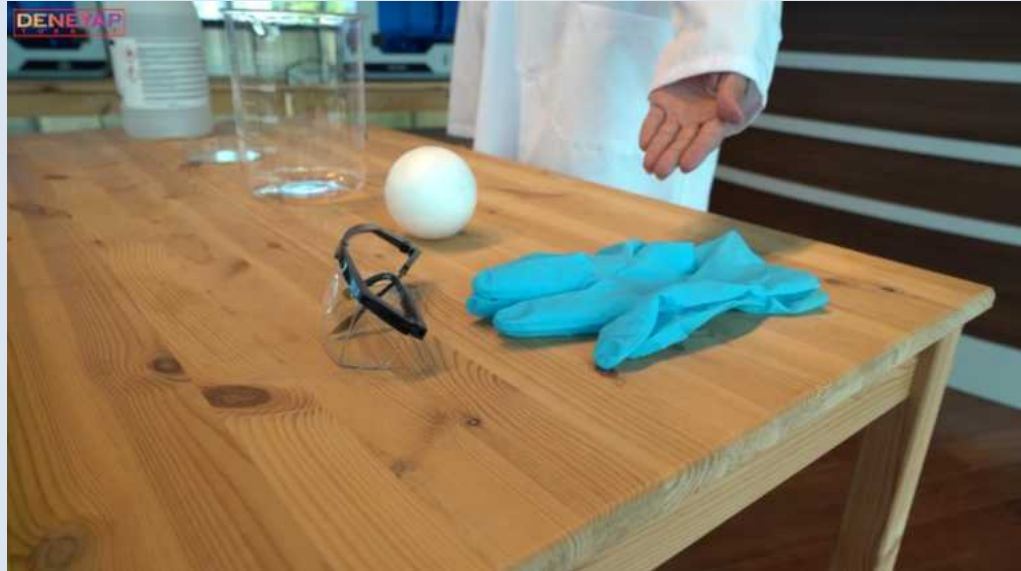
Güvenlik Ekipmanları

- Laboratuvar önlüğü
- Nitril eldiven
- Koruyucu gözlük

Dikkat: Aseton yanıcı ve alev alan bir kimyasaldır. Aynı zamanda deriniz ve gözünüz için de tehlikelidir. Asetona doğrudan cildinizle temas etmeyin. Asetonu doğrudan güneş ışığı altında bırakmayın ve ateşe vermeyin. Öğrenciler eğitmenlerin yönlendirmelerine uygun olarak asetonu kullanmalıdırlar.

Deneyin Uygulanışı

1. Bu deneyimizde polistiren malzemenin aseton içerisinde nasıl ve neden çözündüğünü inceleyeceğiz. Güvenlik önlemlerimizi alarak deneye hazırlanıyoruz. Önlük, gözlük ve eldivenlerimizi giyiyoruz.



2. Koruyucu güvenlik önlemlerimizi aldıktan sonra deneyimize başlayabiliriz.



3. Asetonu 2 litrelik beher kabımıza dökerek deney düzeneğimizi hazırlıyoruz. Aynı şekilde petri kabımıza da aseton koyup hazırlık aşamasını tamamlıyoruz.



4. Ardından polietilen deniz makarnasını alıp asetona daldırıyoruz.



5. Deniz makarnasını bir süre asetonda bekletebilir, çıkartıp tekrar batırabilir, aseton içerisinde hareket ettirebilirsiniz. Deniz makarnasında herhangi bir değişiklik oldu mu? Gözlemlerinizi not alınız.



6. Ardından polistiren çubuk malzemeyi alıp aseton dolu behere daldırıyoruz.



7. Polistireni behere daldırdıktan hemen sonra, daldırdığınız bölgede bir değişim başlayacak ve polistiren asetonun içerisinde dağılarak yoğunluk farkında ötürü dibe doğru çökecektir. Polistiren, aseton içerisinde çözüldükçe behere kademeli olarak biraz daha daldırabilirsiniz.



8. Bir süre sonra polistiren beherin içerisinde tamamen çözünecek ve ilk haline göre çok daha küçük bir hacim halinde yüzeyde birikecektir.



9. Şimdi aynı deneyi polistiren top ile tekrarlıyoruz.



10. Polistiren topu aseton dolu petri kabına batırıyoruz.



11. Aynı PS (polistiren) çıtada olduğu gibi, PS top da hızlıca aseton içerisinde çözünerek kap içerisinde bir tabaka oluşturacaktır.



12. Bir süre sonra PS top da aseton içerisinde tamamen çözüldü.



13. Bu aşamada, çok düşük miktarda bir asetonun kendi hacminden çok daha fazla hacimli bir PS topu saniyeler içerisinde çözdüğünü fark ettiniz mi? Sizce aseton ile PS arasında nasıl bir etkileşim gerçekleşiyor?



Polistiren (PS), stiren isimli monomerin defalarca birbirini tekrar eden polimer zincirleri oluşturması sonucu meydana gelir. Üretim yönteminden ötürü bu esnada PS içerisine yüksek oranda hava girer ve hapsolür. Bu nedenle PS köpüklü bir yapıya sahiptir.

Köpüklü yapıdaki bu polistiren, aseton ile temas ettiğinde organik bir çözücü olan asetonu hızlıca çözünmeye başlar. Bu aşamada çözünmeye beraber içeride hapsolmüş hava da açığa çıkar. Bu hava çıkışı nedeniyle polistirenin hacmi ciddi miktarda azalmış olur. Dolayısıyla aslında PS aseton ile temas ettiğinde ortadan kaybolduğu ya da başka bir değişim geçirdiği için hacmi düşmez; sadece, aynı şekerin suda çözünmesi örneğinde olduğu gibi, kendini çözebilen bir organik çözücüde çözünmüş olur ve bu esnada yapısal bütünlüğünü kaybettiği için içerisindeki hava keseciklerinden havanın çıkışıyla birlikte ilk haline kıyasla çok daha düşük hacimde bir yer kaplar.

PS aynı zamanda bu köpüklü doğasından ötürü de iyi bir yalıtım malzemesidir. Polistirenin asetonu çözünmesiyle meydana gelen ve yukarıda açıkladığımız bu değişiklikler kullanım ömrü dolan PS malzemelerin taşınması, depolanması ve geri dönüştürölmesi sırasında büyük kolaylık sağlar.



İKİNCİ BÖLÜM MALZEMELERİN ATOMİK YAPISI

Malzemelerin Yapısı

Kristal Malzemeler

Tane Yapısı

Amorf Malzemeler

Kristal Yapı Değişimleri

Etkinlik No	2.1
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Malzemelerin Yapısı Derse Başlamadan Önce Etkinliği
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler günlük hayatta kullanılan malzemeleri özellikleri açısından karşılaştırırlar.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik, Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

İkinci Hafta

Malzemelerin Yapısı

Dersimizin ikinci haftasında, malzemelerin yapısını atom ve nanometre boyutlarında inceleyeceğiz. Teknolojik olarak kullandığımız malzemeler, önemli özelliklerini atomlarının dizilimlerine ve molekülleri arasında var olan etkileşimlere borçludur. Örneğin hem grafit hem de elmas olarak bulunan karbonu düşünün. Kalem ucu olarak kullanılan grafit görece yumuşak olmasına karşın, elmas bilinen en sert malzemedir. Bu önemli farklılığın nedeni, aynı karbon atomlarının her iki malzeme grubunda farklı dizilmesidir. Bu kısımda atomların malzeme içerisindeki bu dizilimlerini öğreneceğiz. Derse başlamadan, aşağıda belirtilen konuları öğrencilerle tartışmak faydalı olacaktır.

Derse başlamadan önce

Aşağıdaki soruları öğrencilere yönelterek sınıf içerisinde bir tartışma ve beyin fırtınası ortamı oluşturun. Öğrencilere, fotoğraflarla ya da öğretmenlerimizin belirleyeceği diğer görsellerle yukarıda kısaca bahsedilen *kalem ucu* ve *elmasın* her ikisinin de karbon elementinden oluşmasına rağmen özelliklerinin farklı olması vurgulanarak aşağıdaki sorular sınıf ortamında tartışılabilir.



https://en.wikipedia.org/wiki/Pencil#/media/File:Pencils_hb.jpg



<https://www.aa.com.tr/tr/turkiye/topkapi-sarayi-kasikci-elmasi-icin-basina-kapilarini-acti/1605703>

- Çevremizde gördüğümüz tüm malzemeleri oluşturan nedir?
- Bildiğimiz malzeme özelliklerini sıralayalım.
- Bildiğimiz malzemelerin “en”lerini sıralayalım. (en sert malzeme, en hafif malzeme, elektriği en iyi ileten malzeme, en saydam malzeme, en pahalı malzeme, en yumuşak malzeme gibi)
- Bir maddeyi diğerinden nasıl ayırt edebilirsiniz?

Etkinlik No	2.2
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Kristal Malzemeler
Önerilen Süre	1 ders saati
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler kristal malzemelerde atomların dizilişini ve birim hücre kavramını öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	Sınıf içi etkinlik için: kâğıt, makas Ev ödevi için pingpong topları; çıtçı, çıtçırt, çift taraflı bant veya sıvı yapıştırıcı

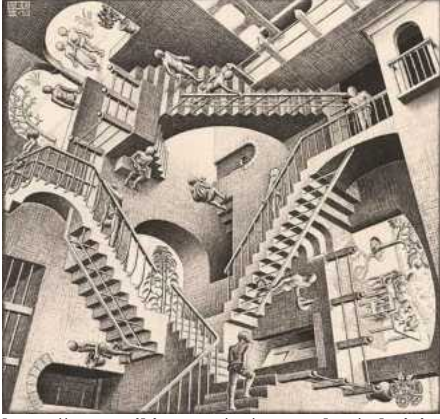
İŞLENİŞ:

Kristal Malzemeler

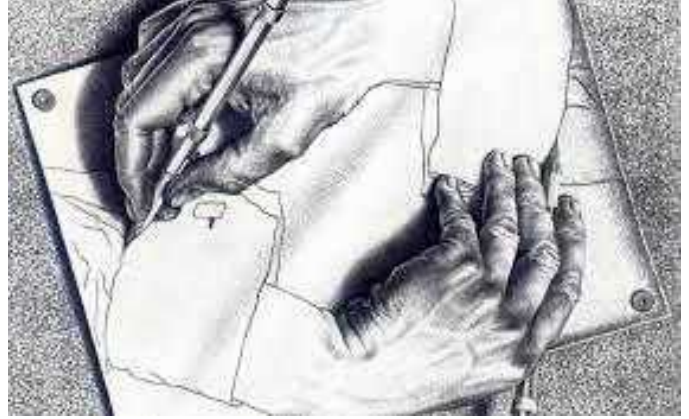
Bir katı malzeme içerisinde birbirleriyle bağ oluşturan atomlar, büyük mesafeler boyunca gelişigüzel değil, tekrar eden bir yapıda ve periyodik olarak dizilmişlerse bu tür malzemeler kristal katı olarak adlandırılırlar. Bu malzemeler içerisinde atomlar örüntü içerisinde dizilidir ve belirli bir düzen içerisinde yer almaktadır.

Katı kristal malzemelerin tekrar eden en küçük ögesine “birim hücre” adı verilir. Birim hücre kristal malzemeyi temsil etmektedir. Birim hücre 3-boyutlu uzayda boşluk bırakılmadan tekrar ettirildiğinde tek kristal malzeme oluşturulur. Birim hücreyi daha iyi anlatmak için aşağıdaki örnek verilmiştir.

Maurits Cornelis Escher (1898 – 1972), matematikten ilham alan gravürler ve litograflar yapan Hollandalı bir grafik sanatçısıydı. Dünyaca ünlü eserlerinin çoğunda sıklıkla örüntüler ve simetrik yapılar kullanmıştır. Aşağıda kendisine ait 2 ünlü eser sunulmuştur. Bu eserlerden soldaki Leonardo DiCaprio’nun başrolde oynadığı Başlangıç (Inception) filminde de kullanılmıştır.



<https://www.wikiart.org/en/m-c-escher/relativity-lattice>



<https://www.wikiart.org/en/m-c-escher/drawing-hands>

Escher'in eserleri malzemelerdeki kristal yapıyı ve "birim hücre" kavramını anlatmak için idealdir. Escher, çoğu eserinde simetri ve kendini tekrar eden birim hücreler kullanmıştır. Aşağıdaki örnekler 2-boyutlu uzayda kristal malzemeleri temsil edecek şekilde kullanılarak, öğrencilerden birim hücreleri tespit etmeleri istenebilir. Birim hücreler tüm eserin en küçük temsili kopyası olup döndürme/çevirme gibi işlemler yapılmadan bu birim hücreler yan yana eklenerek tüm eser ortaya çıkarılabilir. Bu kavramı öğrencilere aktarmak için aşağıdaki örnekler kullanılabilir.



<https://www.wikiart.org/en/m-c-escher/lizard-1>

Yukarıdaki şekilde Escher'in "Kertenkeleler" isimli ünlü eserini görüyoruz. Bu eser simetrik olarak dağılmış beyaz, siyah ve kırmızı renkli kertenkelelerden oluşuyor. Dikkatli incelendiğinde kertenkelelerin birbirlerinin tekrarı olduğu, belirli bir mesafe ile birbirlerinden uzakta durdukları ve simetrik oldukları fark edilmektedir.

Kristal yapılarla bir benzetme yapmak istersek kertenkelelerin kristal yapıdaki malzemelerin birer atomu temsil ettikleri söylenebilir. Örnek olarak beyaz kertenkelelerin oksijen atomunu, siyah kertenkelelerin karbon atomunu kırmızı kertenkelelerin ise demir atomunu temsil ettiklerini düşünelim. Bu durumda atomlar da birbirlerinden belirli bir uzaklıkta, açıda ve simetrik yapıda bulunmaktadır.

Şimdi bu eseri temsil eden en küçük temsili resmi bulalım. Bunun için yukardaki eserin birkaç çıktısını alıp önce kalemle en küçük temsili kısmı çizip sonra makasla kesebiliriz. Doğru sonucu bulursak yan yana eklediğimizde eserin yukarıdaki halini elde etmemiz gerekir.

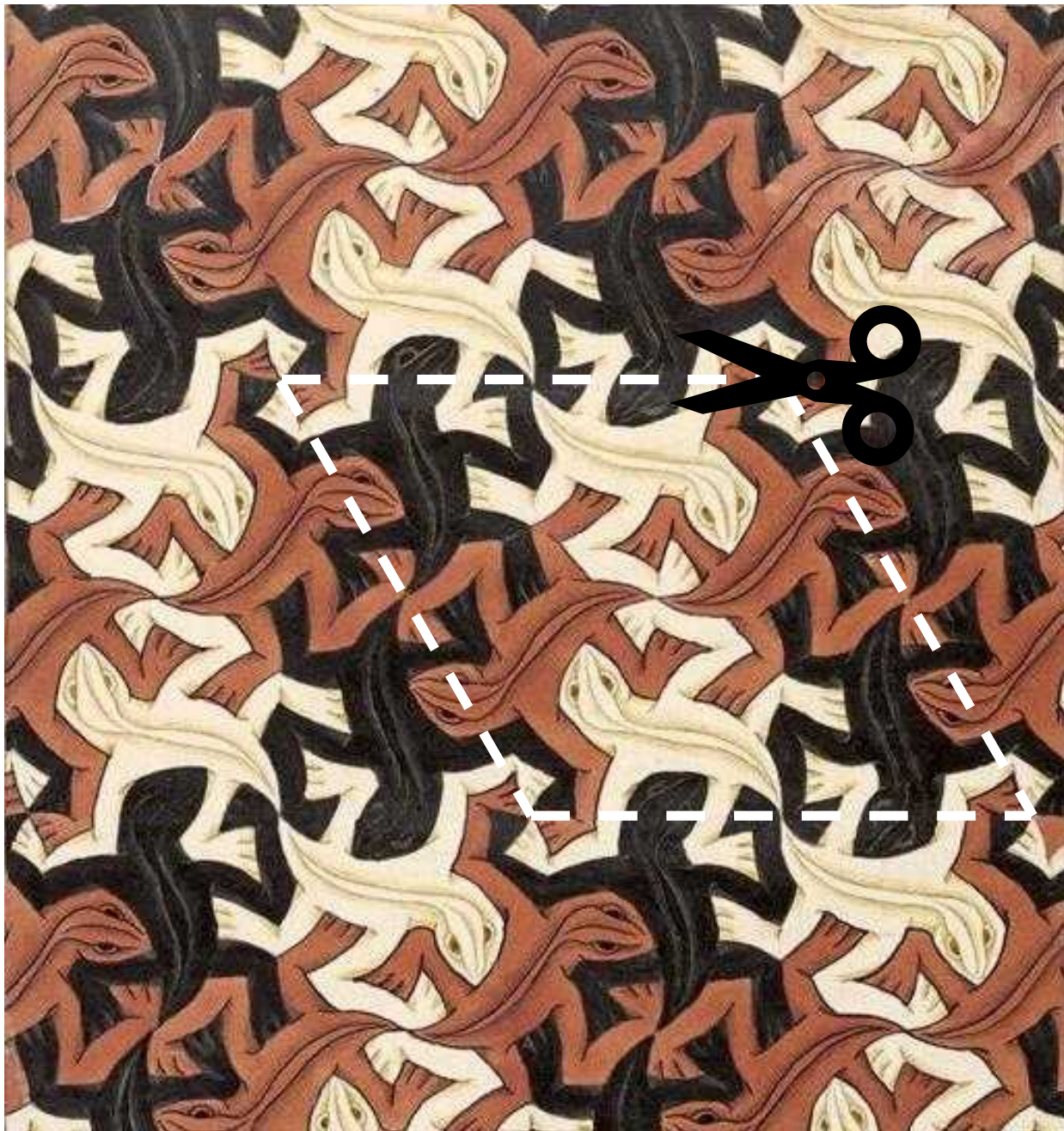
Bu eseri bir paralel kenar şeklinde bir sonraki sayfada gösterildiği gibi kesersek her bir parçayı birleştirdiğimizde orijinal resmin tamamını görmüş olacağız (Not: Bu kısım Tangram gibi düşünülebilir).

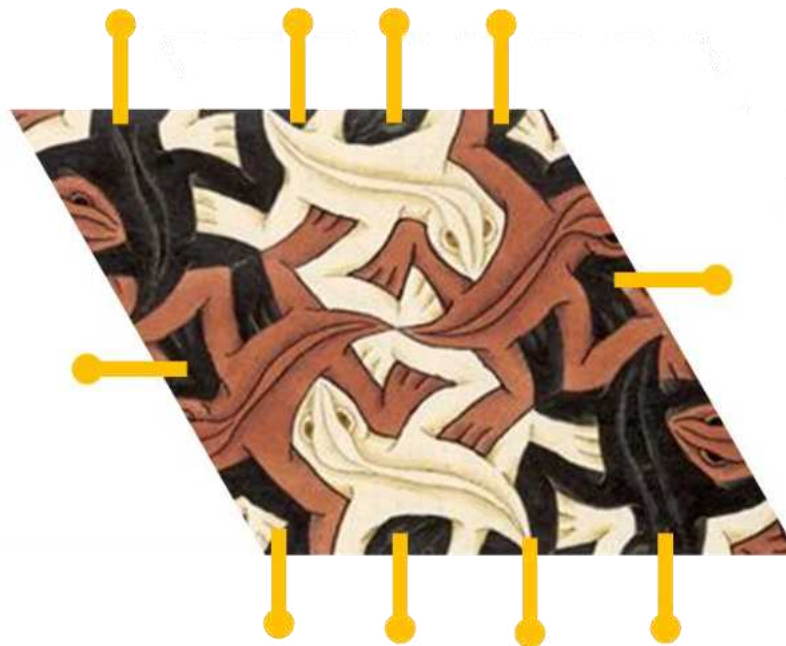
Kestiğimiz ve sonrasında yan yana koyarak resmin tamamını oluşturabildiğimiz bu en küçük parça, bu eserin "birim hücre"sidir. Dikkatli bakıldığında, bu birim içerisinde 6 kertenkele yer aldığı görünecektir. Öğrencilerden bu kertenkeleleri bulmaları istenebilir. Bir sonraki sayfadaki şekilde siyah kertenkelenin parçaları örnek olarak gösterilmektedir. Tamamı birleştirildiğinde toplam 2 siyah kertenkele olduğu görülmektedir.

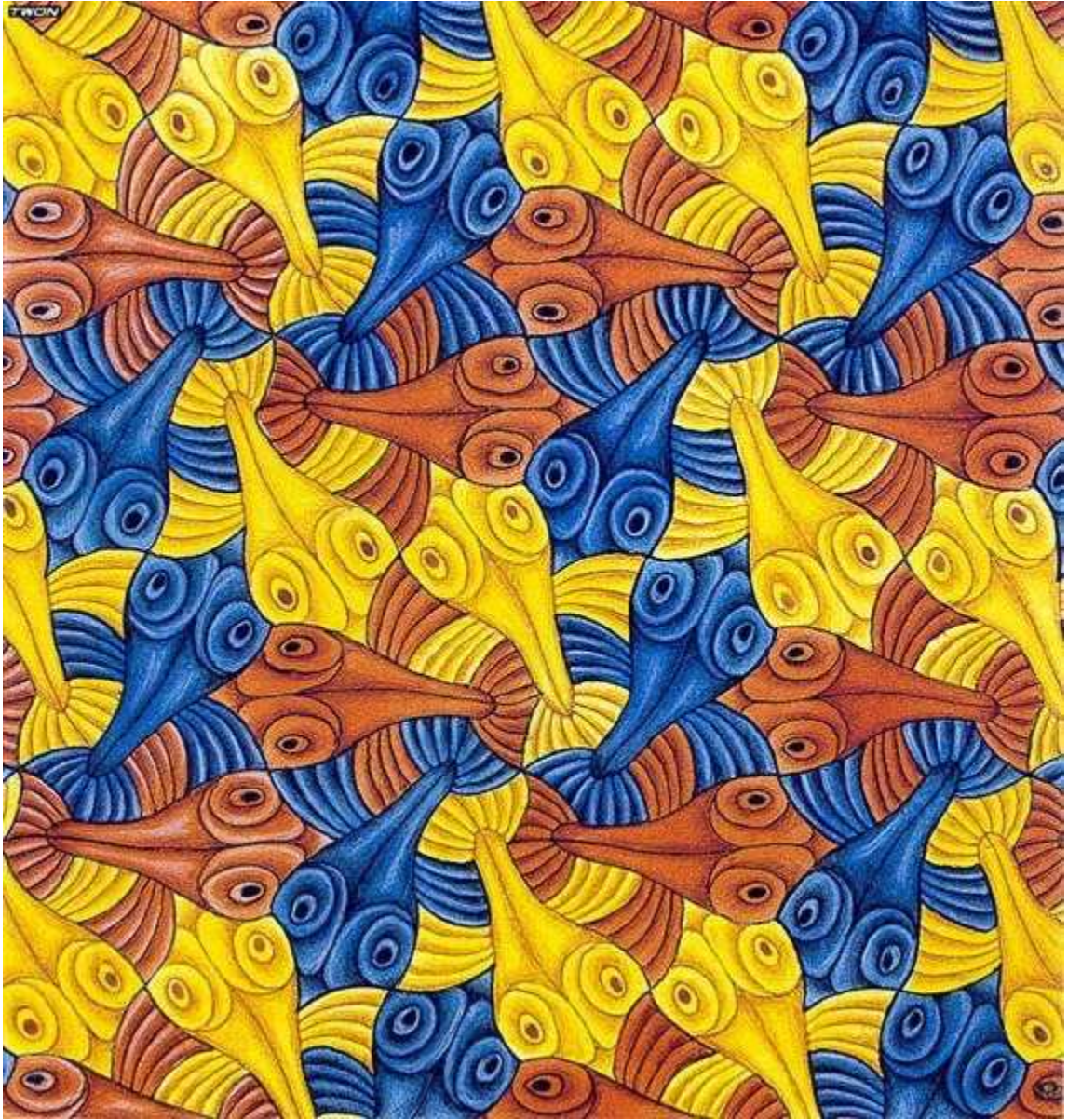
Escher'in bu eserinde "birim hücre" 6 kertenkeleden oluşmuştur. Bunlar 2 kırmızı kertenkele, 2 siyah kertenkele ve 2 beyaz kertenkeledir. Bunun formülünü şu şekilde de yazabilirdik: $BeyazKertenkele_2SiyahKertenkele_2KırmızıKertenkele_2$
Kertenkele yerine yukarıda yazdığımız atomların yer aldığını varsayarsak bu durumda 2 oksijen, 2 karbon ve 2 demir olacaktı.

Bu şekilde birim hücresi bulunan ve birim hücresinin 3-boyutlu uzayda tekrar etmesi ile düzenli yapılar oluşturan malzemeler kristal olarak adlandırılır. Tüm kristal malzemelerin kendilerine özgü "birim hücre"leri bulunmaktadır. Bu birim hücreler içerisinde atomlar belirli simetri kulları içerisinde yer alır.

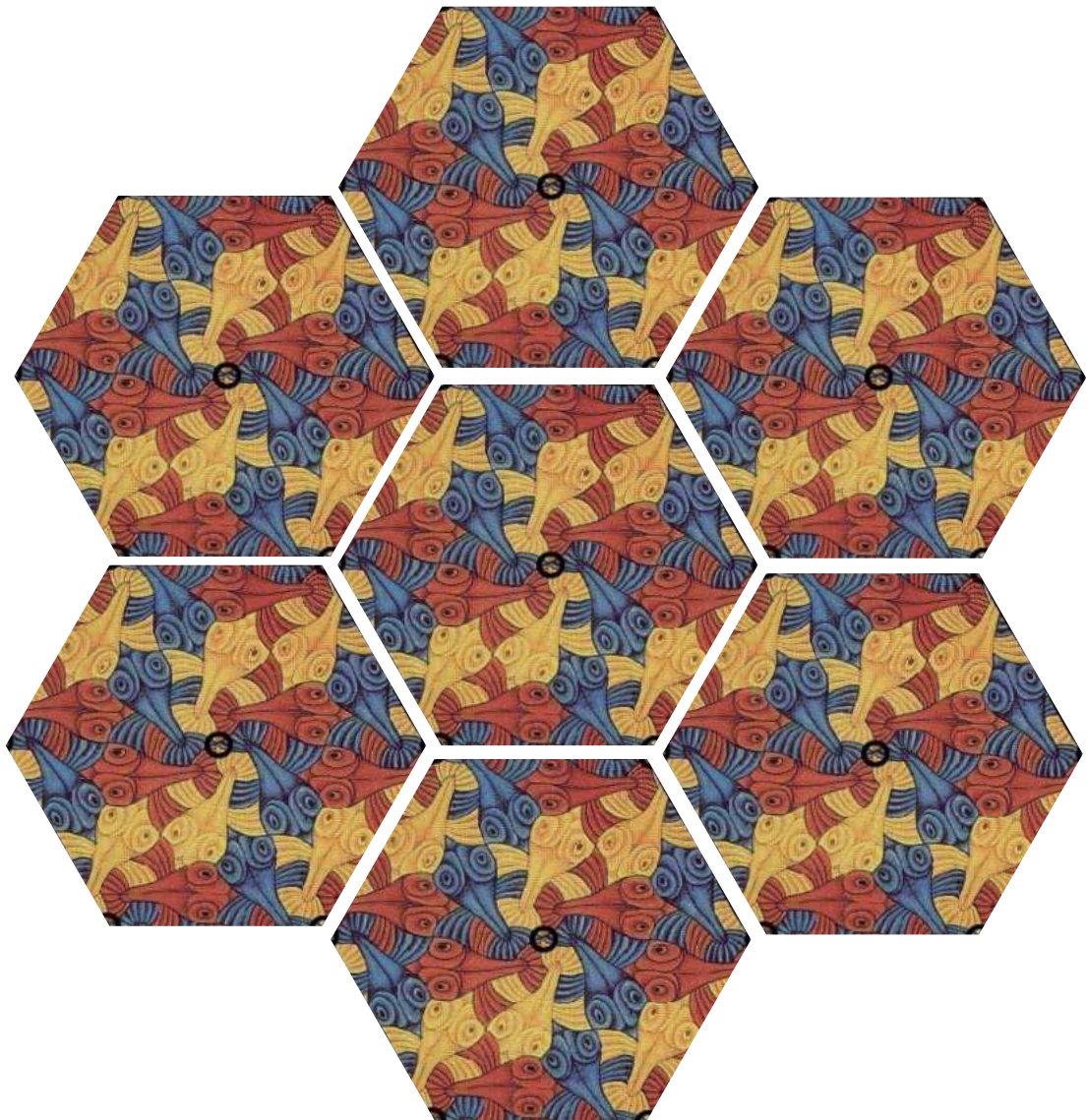
Bir örnek daha yapılmak istenirse yine Escher'e ait "Balık" isimli eser kullanılabilir. Bu eserde sarı-kırmızı ve mavi renkli balıkların simetrik olarak yer aldığını görüyoruz. En küçük temsili birim hücre bulunmak istenirse yine benzer şekilde çıktı alınarak makasla gösterildiği gibi kesilerek oluşturulabilir. Bu sefer ortaya çıkan şekil bir altıgendir. Bu altıgenler birleştirilerek resmin tamamı tekrar oluşturulabilir. Bu durumda her bir altıgende, dolayısıyla her bir "birim hücre" içerisinde birbiriyle simetrik 6 adet sarı, 6 adet kırmızı ve 6 adet mavi balık olduğu görülecektir. Geri kalan resim, bu birim hücrenin yan yana getirilmesi ile oluşturulabilir.







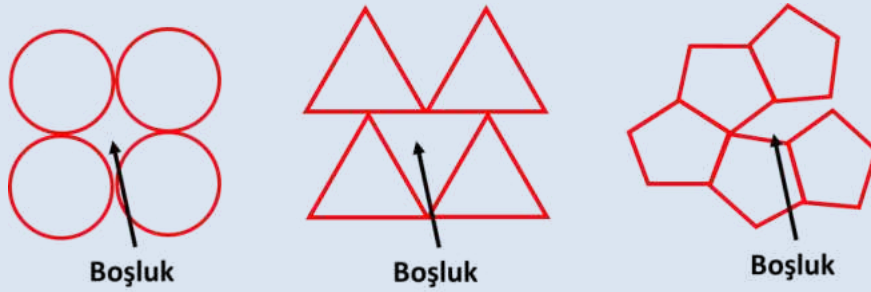
<https://www.wikiart.org/en/m-c-escher/symmetry-watercolor-55-fish>



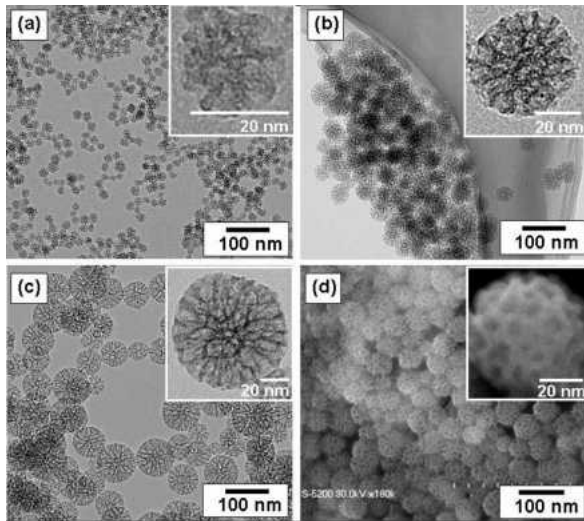
Beyin Fırtınası

Soru: Escher'e ait iki örnekte oluşturduğumuz birim hücreler paralel kenar ve altıgen şeklindedi. Bunları tekrar ettirerek tüm resmi oluşturabildik. 2 boyutlu uzayda düşünürsek sizce birim hücreler hangi geometrik şekillerden oluşamaz?

Cevap: Birim hücreler, tekrar ettirildiklerinde boşluk bırakan geometrik şekillerden oluşamaz. Örneğin çember şeklinde olamazlar çünkü çemberler yan yana dizilirse boşluklar oluşur. Benzer şekilde üçgen ve beşgenden de oluşamaz. Üçgen şekilleri ters çevirmeden boşluksuz bir yapı oluşturmak mümkün değildir. Beşgen şekiller ters çevrilip döndürülseler bile bunlarla boşluksuz bir yapı oluşturmak mümkün değildir.



Kristal katı olarak adlandırılan tüm malzemeler yukarıda belirtilen “birim hücre”lerin 3 boyutlu uzayda tekrar etmesinden oluşur. Gözle göremediğimiz nanokristallerden kar kristallerine, altın kristallerinden Meksika’da Naica madeninde bulunan dünyanın en büyük kristallerine kadar tüm kristal yapılar birim hücrede var olan atomların kendini tekrar etmesiyle oluşmuştur. Aşağıda, çeşitli büyüklüklerdeki kristallere örnekler sunulmuştur.



Soldaki elektron mikroskobu fotoğrafında, yaklaşık 100 nanometre ve daha küçük boyutlarda silika nanoparçacıklar gösterilmektedir.

https://en.wikipedia.org/wiki/Nanoparticle#/media/File:Mesoporous_Silica_Nanoparticle.jpg



<https://edition.cnn.com/style/article/evolution-of-snowflake-photography/index.html>

Yaklaşık 3 milimetre boyutunda bir kar kristali



<https://tr.wikipedia.org/wiki/Dosya:Gold-crystals.jpg>

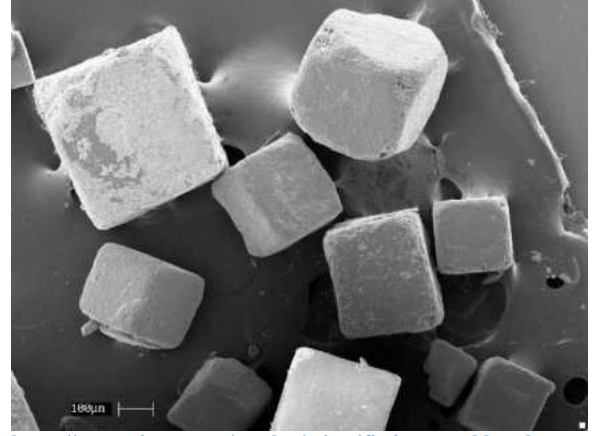
Yaklaşık 3 santimetre boyutunda bir altın kristali



<https://www.beautifulworld.com/north-america/mexico/cave-of-the-crystals/>

Dünyanın en büyük kristallerinin bulunduğu Meksika'daki Naica madeni. Fotoğrafta görülen kristaller arasında 11 metre uzunluğa ve 55 ton ağırlığa sahip olanlar da bulunmaktadır.

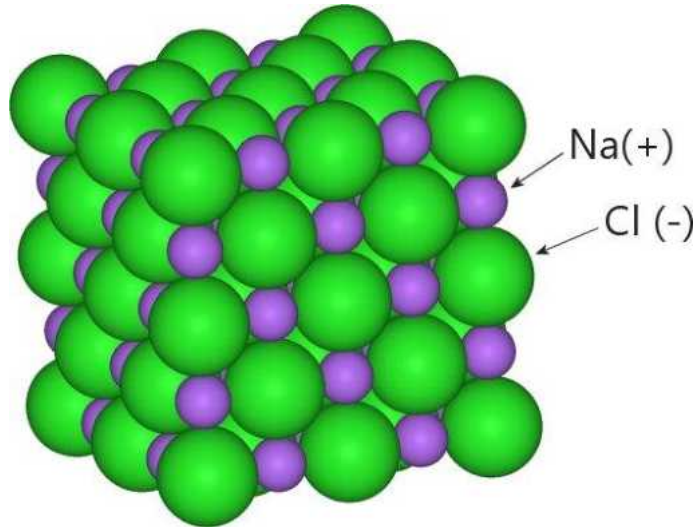
Yukarıda da belirtildiği gibi, kristal katı malzemeler birim hücre içerisinde yer alan atomların periyodik bir düzende yer almasından oluşur. Etrafımızda gördüğümüz tüm kristal malzemeler birbirlerini simetrik olarak tekrar eden atomlardan oluşmuştur. Bir sonraki şekilde tuz kristallerinin birim hücreleri gösterilmektedir.



<https://www.nisenet.org/catalog/scientific-image-table-salt>

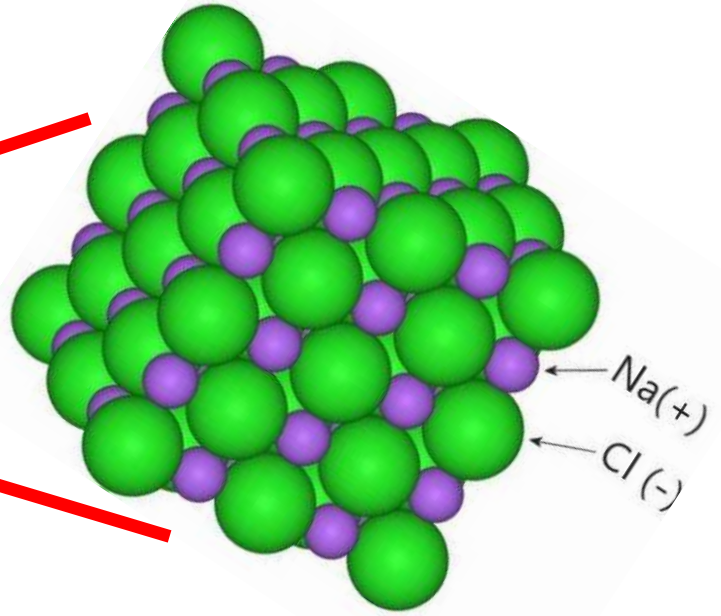
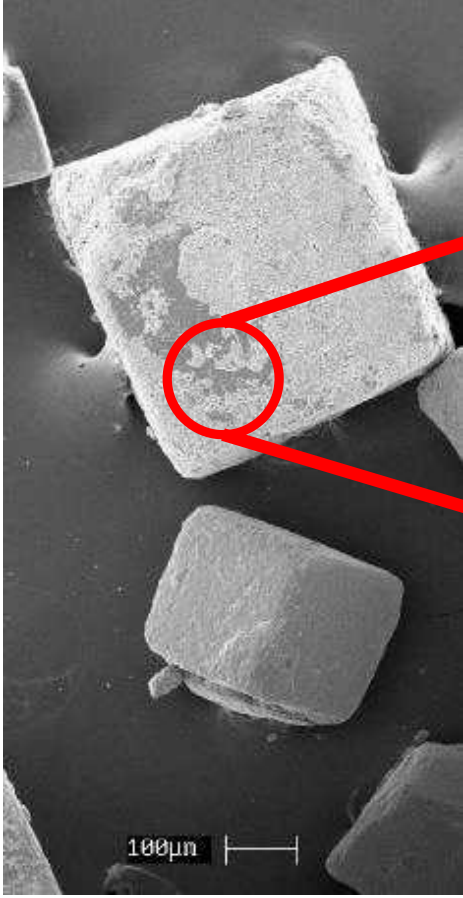
İnsanlar için en önemli gıda maddelerinin arasında yer alan tuz, kimya endüstrisinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Yukarıda sağdaki fotoğrafta, tuz taneciklerinin elektron mikroskobu altındaki görüntüsü verilmiştir. Dikkat edildiğinde, 100-300 mikrometre büyüklüğündeki tuz tanelerinin doğadaki kaya minerallerine benzer olarak küp şeklinde ve köşeli bir yapıda olduğu görülmektedir. Tuz, sodyum ve klor iyonlarından oluşur. Kristal bir yapıda olduğu için bu iyonlar belirli bir düzen içinde tekrar ederler. Aşağıdaki şekilde, tuza ait kristal yapı görseli sunulmuştur.

Yeşil renkle gösterilen pozitif yüklü sodyum iyonu, mor renkle gösterilen ise negatif yüklü klor ionudur.



<https://selectsalt.com/halotherapy/whats-the-deal-with-salt/>

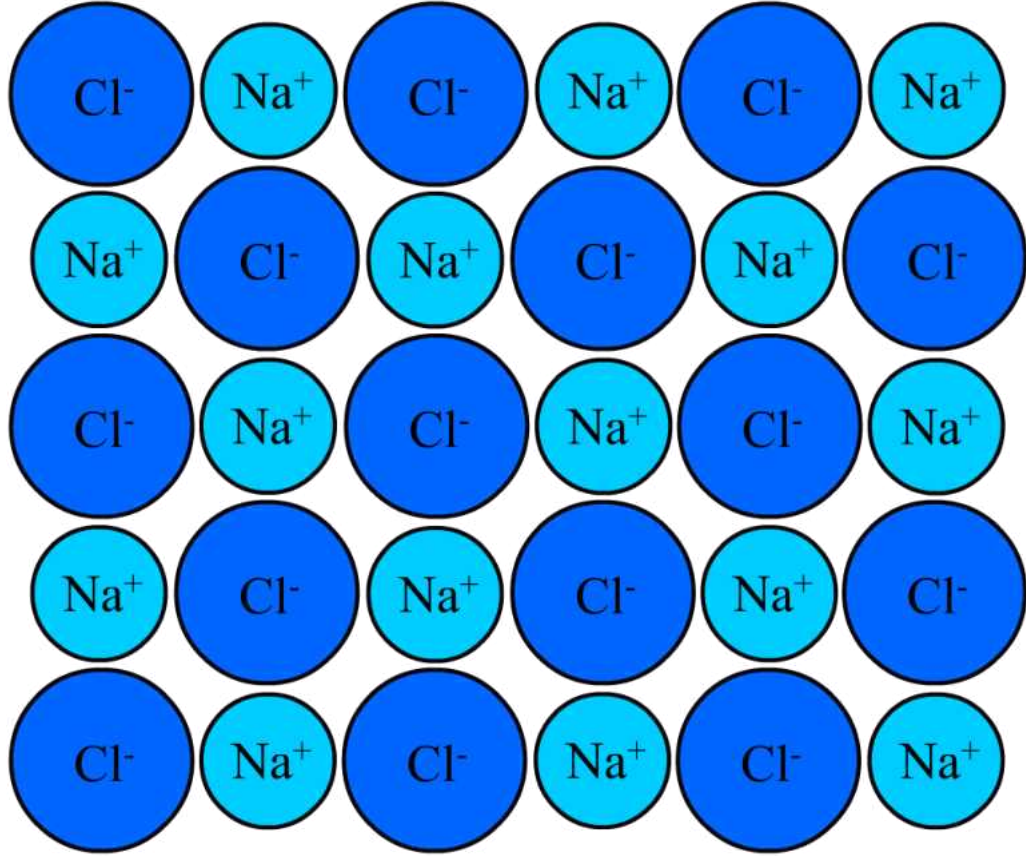
Bu görselde birden fazla birim hücre bir arada yer almaktadır. Kendini tekrar eden tuz iyonlarına ait 3-boyutlu birim hücre aşağıdaki görselde sunulmuştur. Dikkatli incelendiğinde, sodyum ve klor iyonlarının her birinin belirli pozisyonlarda yer aldığı, etrafındaki atomların belirli uzaklık ve açılarda olduğu ve dizilimlerinin benzer olduğu görülmektedir.



<https://www.nisenet.org/catalog/scientific-image-table-salt>
<https://selectsalt.com/halotherapy/whats-the-deal-with-salt/>

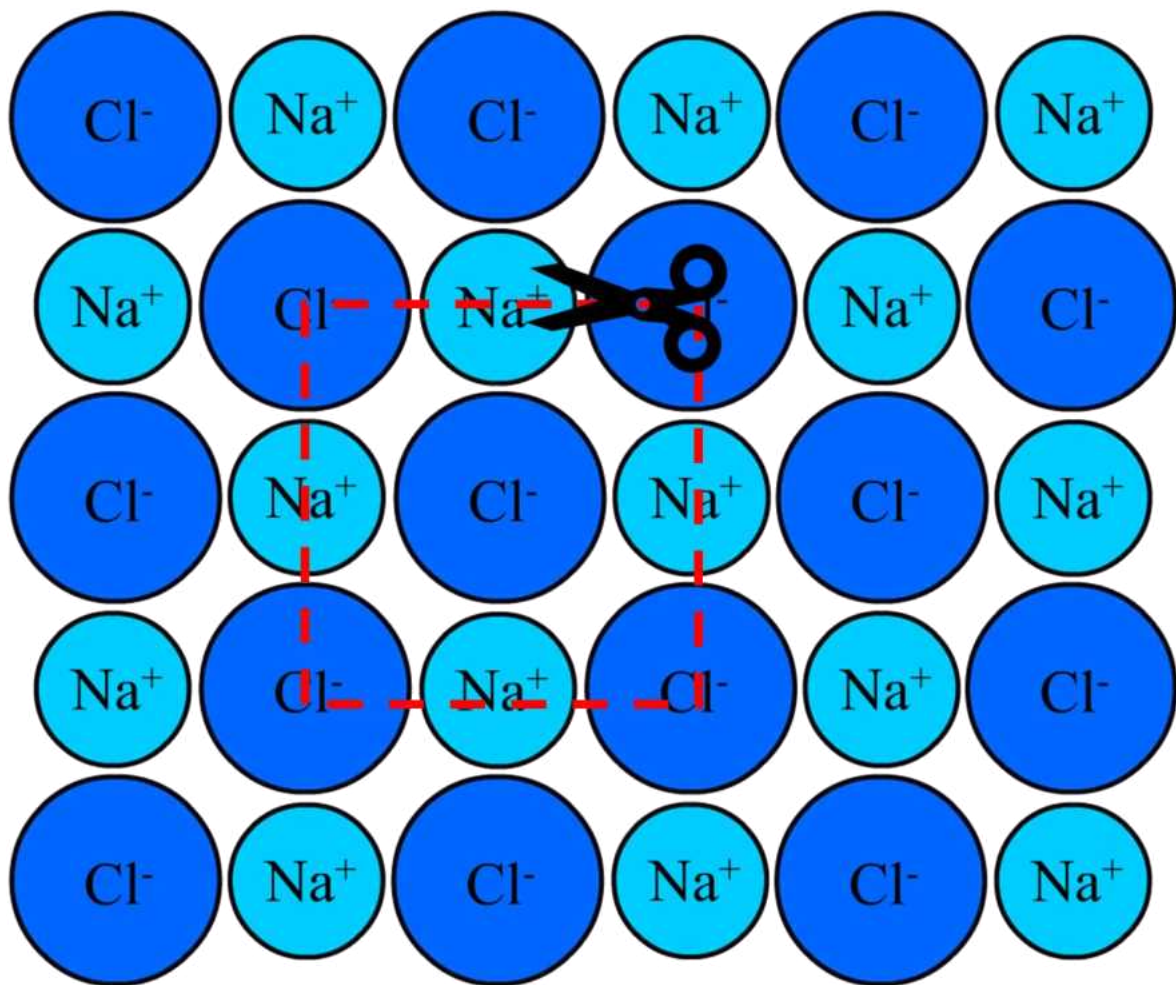
Aşağıdaki şekilde, tuza ait parçanın herhangi bir yüzeyinden bakıldığında görülebilecek 2-boyutlu kristal yapı çizim olarak verilmiştir. 3-boyutlu yapıda olduğu gibi, belirli bir yönden bakıldığında elde edilen 2-boyutlu çizimde de iyonlar simetrik olarak dizilmektedir.

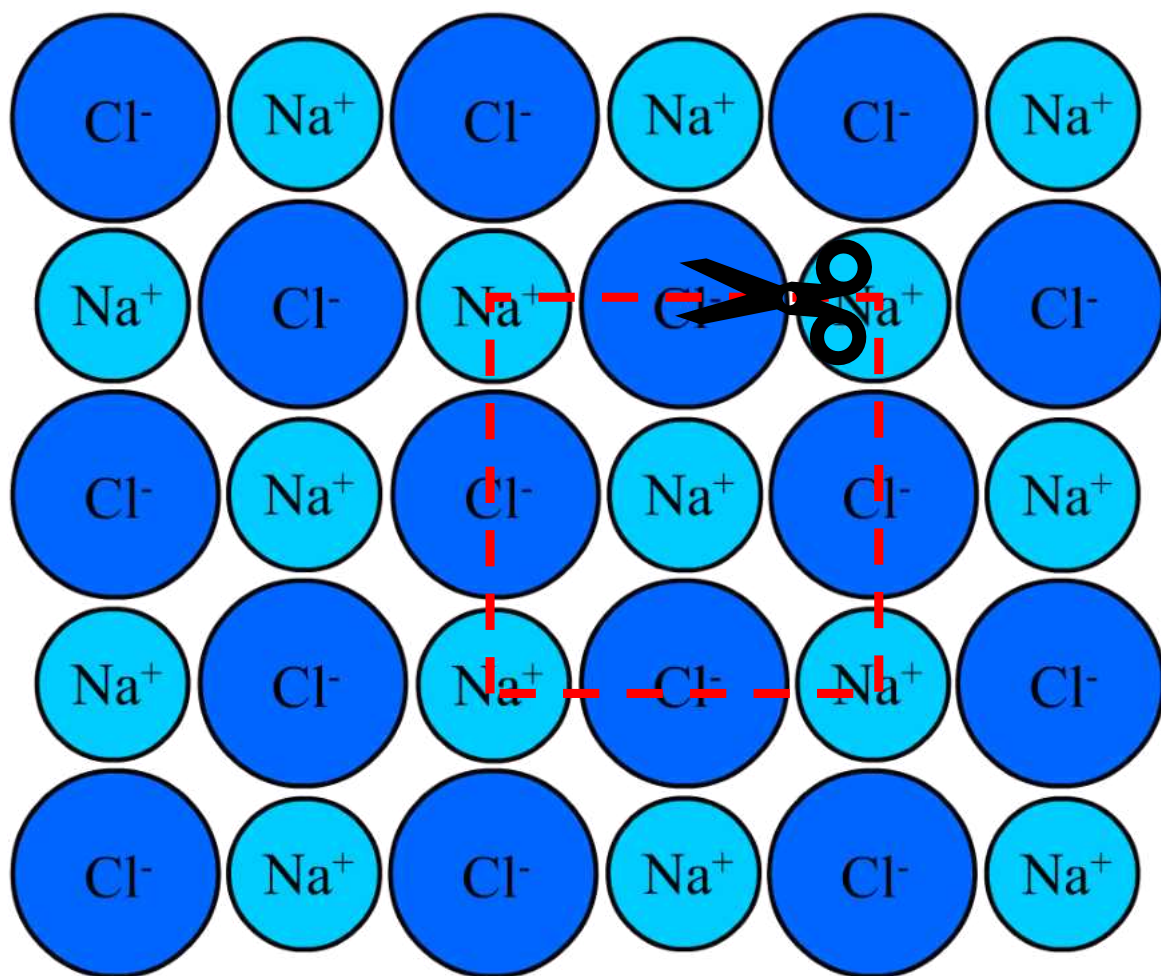
Bu 2-boyutlu çizimde daha önce Escher'in eserlerinde yaptığımız gibi birim hücreyi bulmaya çalışalım. Uygulamamız gereken kural yine kendini tekrar eden en küçük yapıyı bulup makasla kesmek olacak. Daha sonra o birim hücreleri çevirmeden ve döndürmeden yan yana eklediğimizde; eksiksiz bir şekilde, boşluk bırakmadan tüm kristal yapıyı elde etmemiz gerekir.

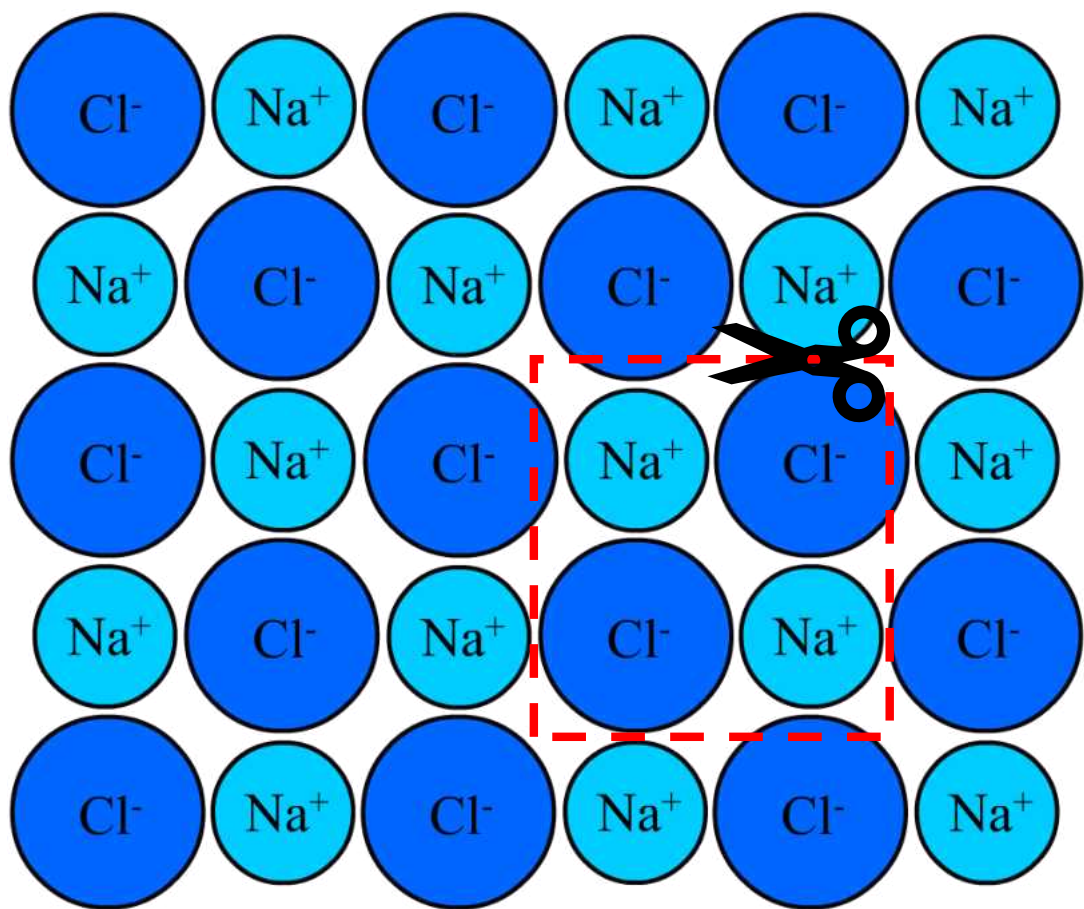


https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NaCl_crystal_structure.png

Aşağıdaki çizimlerde olabilecek 2-boyutlu birim hücreleri görüyoruz. Çizimlerde görüldüğü gibi, birim hücreyi 2 sodyum ve 2 klor iyonu içerecek şekilde oluşturmak mümkün duruyor. Her bir klor ve sodyum iyonunun etrafında 4 iyon bulunuyor. Her üç birim hücrede tekrar ettiğinde sorunsuz bir şekilde 2 boyutlu kristal yapı oluşturuluyor.



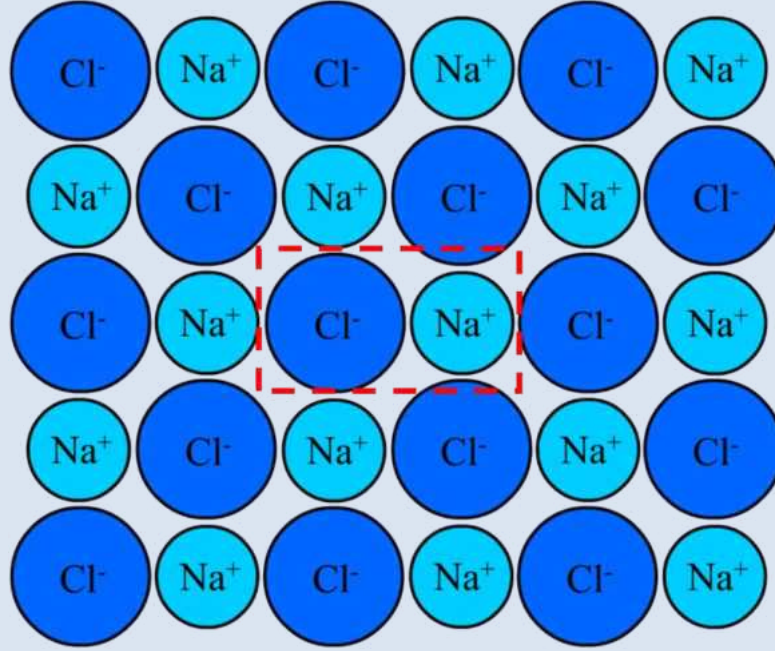




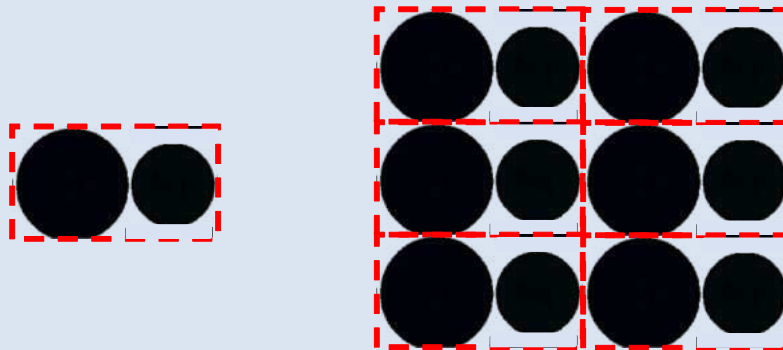
Beyin Fırtınası

Soru: Tuz kristali için neden aşağıdaki birim hücre geçerli değildir?

Sadece 1 sodyum ve 1 klor iyonunu içeren dikdörtgen bir birim hücre.



Cevap: Kristal yapıdaki birim hücreler çevrilmeden ve döndürülmeden sadece tekrar ettirilerek kristal yapı oluşturulur. Yukarıdaki örnekte birim hücreyi kırmızı ile gösterilen dikdörtgen kabul edersek yukarı yönde kopyalandığında oluşan yapının hatalı olduğu görülecektir. Aşağıda, hatalı seçilmiş birim hücre ve tekrar ettirilmesi ile oluşan kristal yapıyı görebilirsiniz.



Ev Ödevi

Soru: 3-boyutlu tuz kristaline ait birim hücre içerisinde, birim hücre başına kaç adet sodyum ve klor iyonu bulunmaktadır?

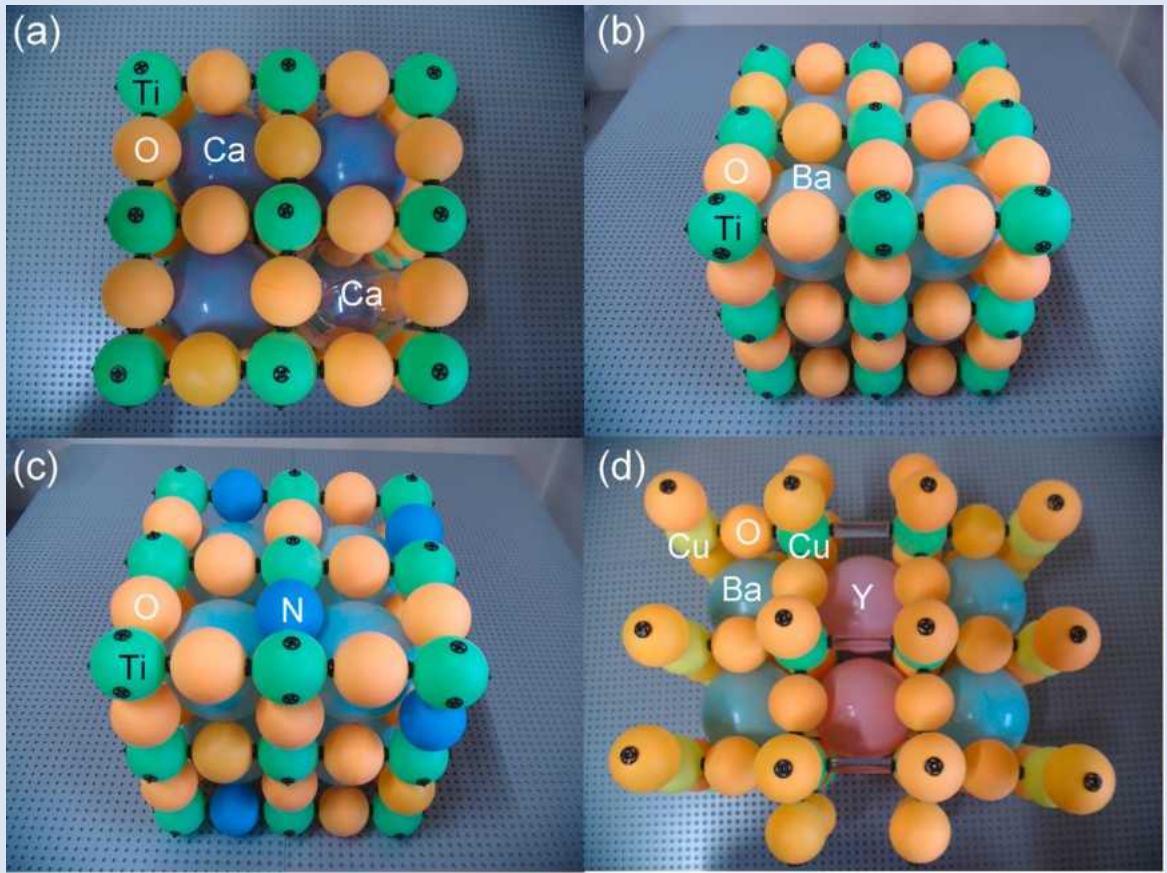
Cevap: Tuz kristaline ait 3-boyutlu birim hücre içerisindeki sodyum ve klor iyonlarının sayısını bulmak için gerçekleştirebilecek en iyi alıştırmalardan bir tanesi, pingpong topları veya oyun hamurları kullanarak 3-boyutlu kristal yapıları oluşturmaktır. Bu alıştırma için atomların/iyonların boyutları arasındaki fark ihmal edilebilir. Aşağıdaki görselde, tuz kristalini iyonların boyutlarından bağımsız olarak 3 boyutlu görüyoruz. Öğrenciler buna benzer bir modeli farklı renklerdeki pingpong toplarından veya beyaz pingpong toplarını boyayarak/üzerine iyonların isimlerini yazarak oluşturabilirler. Pingpong toplarını bir arada tutmak için cırtcirt (velcro) bant veya çıtçıt düğme kullanılabilir. Çıtçıt düğmeler bir silikon tabancası ile topların üzerine yapıştırılabilir. Oluşturulan kristal yapıların tek kullanımlık ve kalıcı olması istenirse toplar silikon tabancasıyla da birleştirilebilir. Literatürde daha önce yapılmış örnekleri aşağıda bulabilirsiniz.





Çırtırt bant kullanılarak oluşturulan kristal yapı örnekleri.

Kaynak: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.jchemed.7b00305>



Çırtırt kullanılarak oluşturulan kristal modellere örnekler.

<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/cti-2021-0001/html>

Yukarda anlatıldığı şekliyle 3-boyutlu modeller oluşturulduğunda, tuz kristali için birim hücre başına 2 adet sodyum atomu ve 2 adet klor atomunun olduğu görülecektir.

Tuz kristali için belirtildiği gibi, tüm kristal malzemelerin kendilerine özgü birim hücreleri vardır. Aşağıdaki tabloda 3 farklı malzeme için birim hücreler gösterilmiştir. Birim hücrelerin içinde tek bir cins atom olabileceği gibi, birbirlerinden farklı onlarca atom da olabilir. Örneklerde cam ve elektronik endüstrisinde sıklıkla kullanılan kuvars kristali, yeni nesil güneş pillerinde kullanılan perovskite kristalleri ve elektrik motorlarında kullanılan neo-mıknatlara ait birim hücre yapıları sunulmuştur.

Kristal Malzeme



<https://en.wikipedia.org/wiki/Quartz>

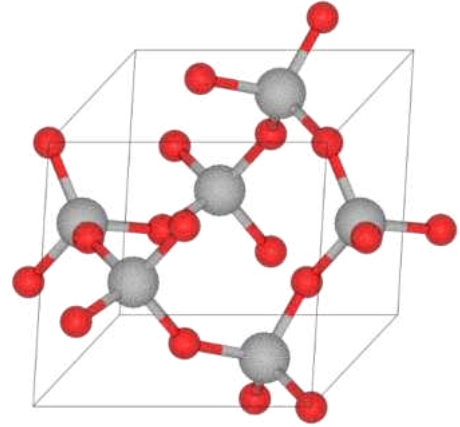


<https://news.mit.edu/2015/tandem-solar-cell-0324>

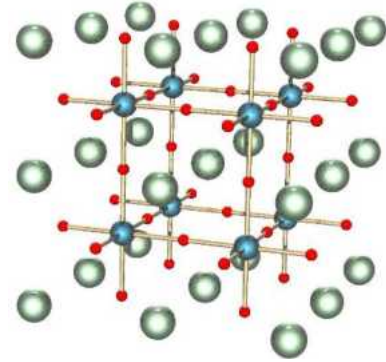


<https://en.wikipedia.org/wiki/Neodymium>

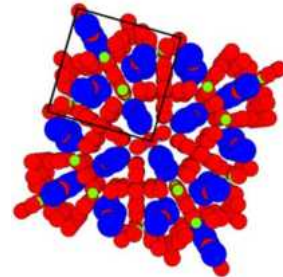
Kristal Yapı



<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:%CE%91-Quartz.svg>



[https://en.wikipedia.org/wiki/Perovskite_\(structure\)#/media/File:Perovskite.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Perovskite_(structure)#/media/File:Perovskite.jpg)



Kırmızı: Demir – Mavi: Neodyum – Yeşil: Bor

https://www.wikiwand.com/en/Neodymium_magnet

Etkinlik No	2.3
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Tane Yapısı
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler tek ve çok kristalli mühendislik malzemelerini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Anlatım Soru-Yanıt
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-arac, Gereçler ve Kaynakça	Ev ödevi için içme suyu, toz şeker, suyu kaynatmak için küçük bir tencere, tahta kaşık, ahşap çubuk ve mandal

İŞLENİŞ:

Tane Yapısı

Katı malzemelerde yukarıda açıklandığı şekliyle tek bir birim hücrenin tüm malzeme boyunca kesintisiz devam etmesiyle tek kristal malzeme adı verilen yapılar oluşur. Bu tür malzemelerin üretimi çok zordur ve mühendislik malzemelerinin çoğu çok-kristal yapıdadır. Çok-kristal (polikristal olarak da bilinir) malzemeler, farklı yönelimlerde büyümüş birçok tek-kristal bölgeden oluşmaktadır. Bu malzemeler içerisindeki her bir tek-kristal bölgeye tane ismi verilir.

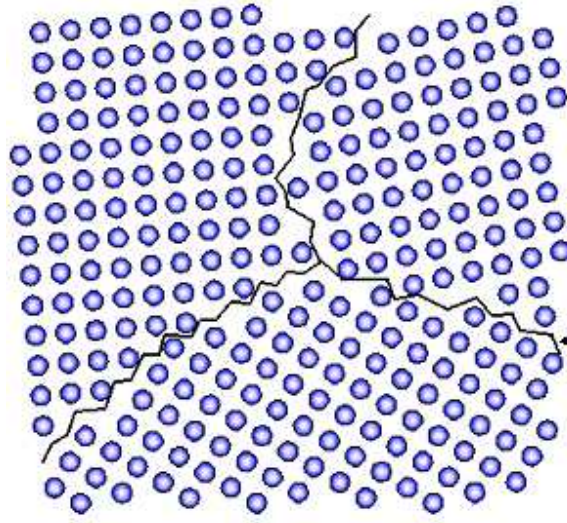
Tek kristal malzemeler tek bir taneden, çok kristal malzemeler ise birden çok taneden oluşur. Her bir tane, içerisinde kendini belirli bir doğrultuda tekrar eden birim hücrelerden oluşur.



Malzemelerin içindeki tane yapısı nara benzetilebilir. Bir önceki görselde görüldüğü gibi, her bir nar taneciğini atom olarak kabul edersek benzer yönelimde olan nar taneleri birleşerek eş bölgeler oluşturur. Narı elinizle ayırdığınızda, bu bölgeler birbirlerinden kolayca ayrılırlar. Bu bölgeler malzeme içindeki tane yapısına benzetilebilir. Narı bıçakla böldüğünüzde bu yapılar 2 boyutlu olarak da aşağıdaki gibi görülmektedir. Fotoğraf dikkatli incelendiğinde, benzer dizilimde nar tanecikleri “tane”yi temsil ederken, taneleri birbirlerinden ayıran beyaz bölgeler de tane sınırı olarak adlandırılır. Tek kristal malzemeler içerisinde tane sınırı bulunmaz. Sadece çok kristal malzemeler içerisinde tane sınırları yer alır.



Aşağıdaki görselde 2 boyutlu olarak malzeme içerisinde taneler ve tane sınırları gösterilmektedir. Narda olduğu gibi, aynı dizilime sahip birim hücrelerin oluşturduğu üç farklı taneyi görüyoruz. Taneler birbirlerinden tane sınırları ile ayrılmışlardır.

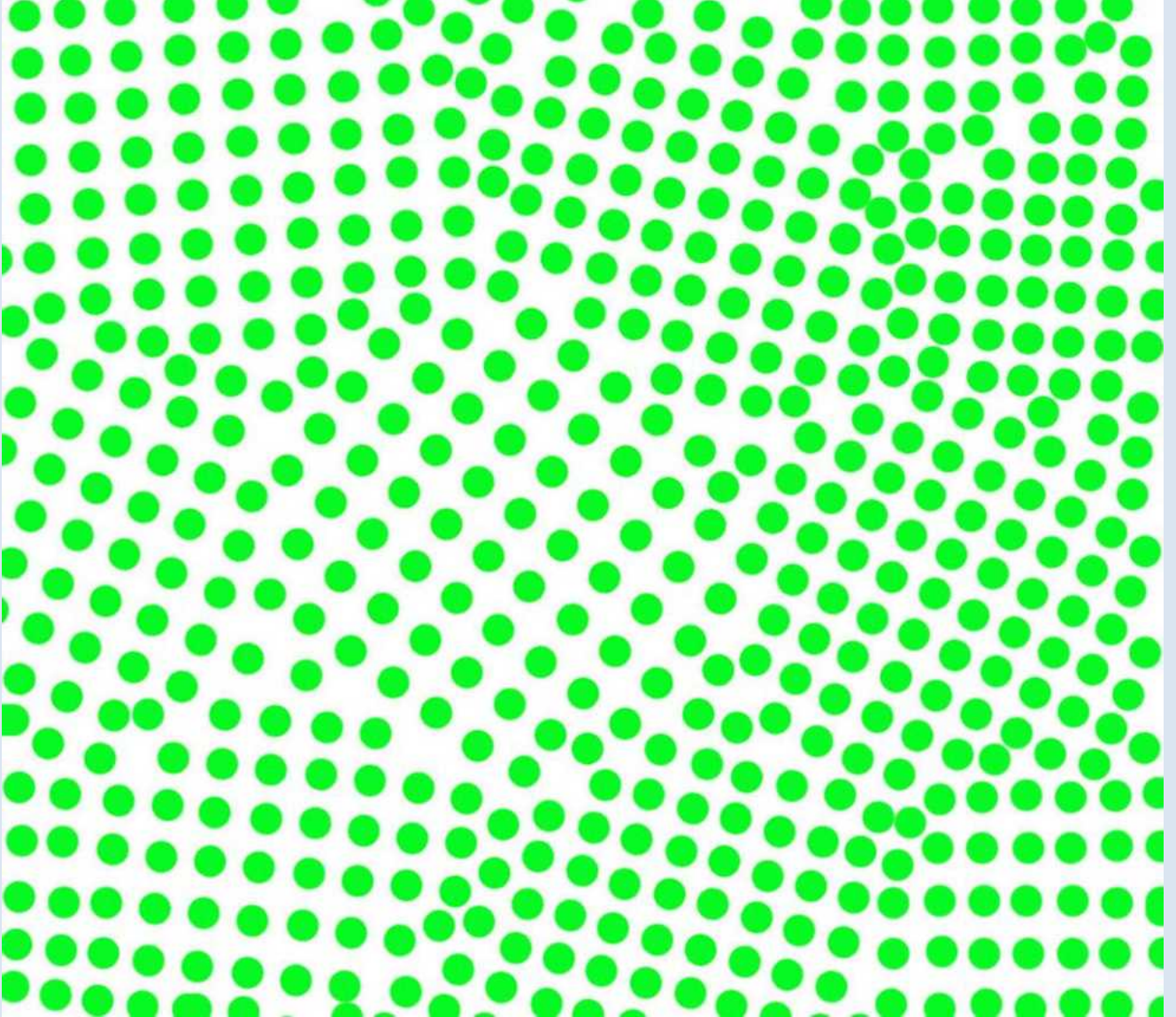


Tane Sınırı

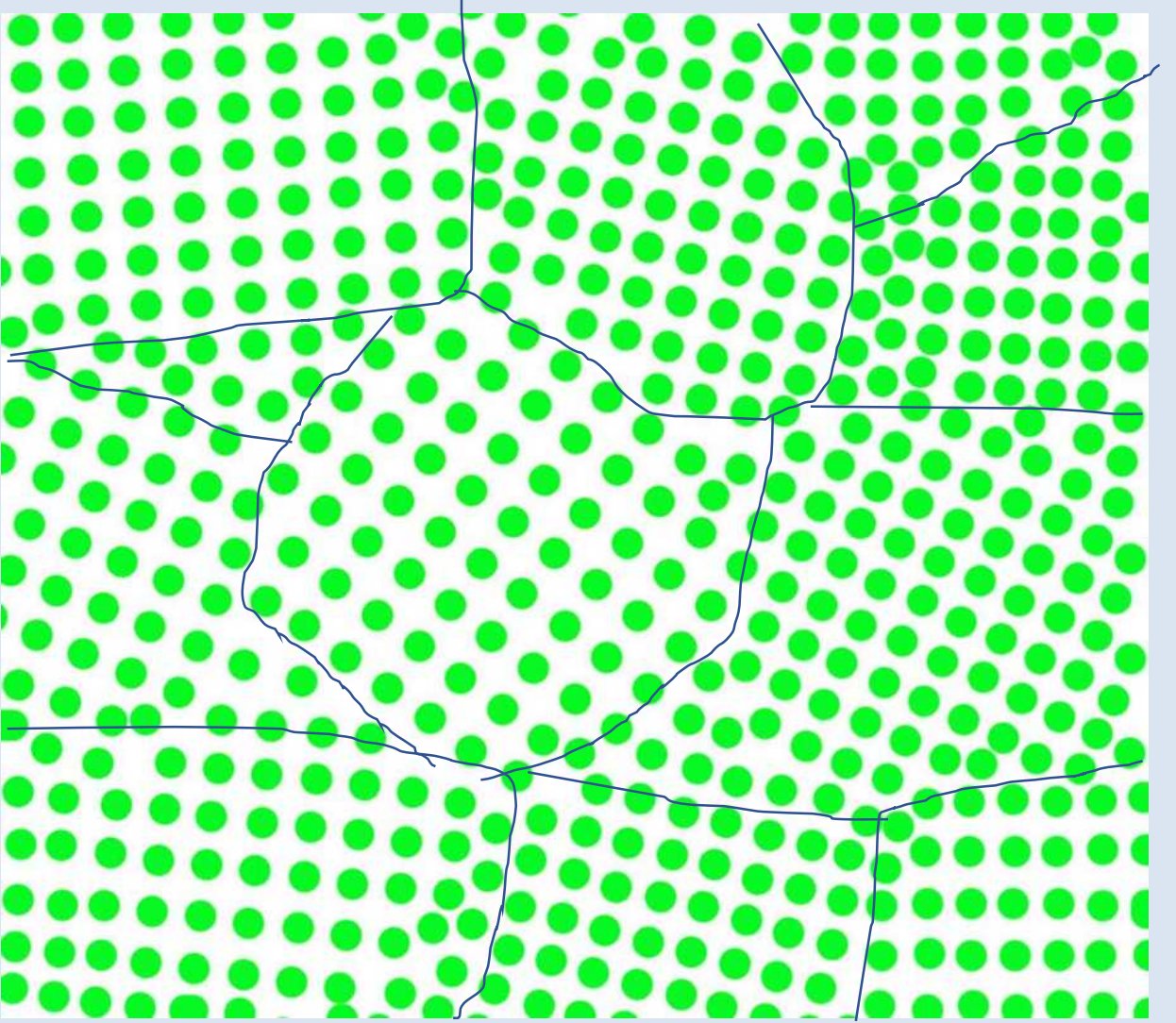
<https://isaacscienceblog.com/2017/02/17/grain-boundaries/>

Sınıf İçi Etkinlik

Soru: Aşağıda atom dizilimleri gösterilmiş 2 boyutlu malzemed taneleri ve tane sınırlarını gösterelim.

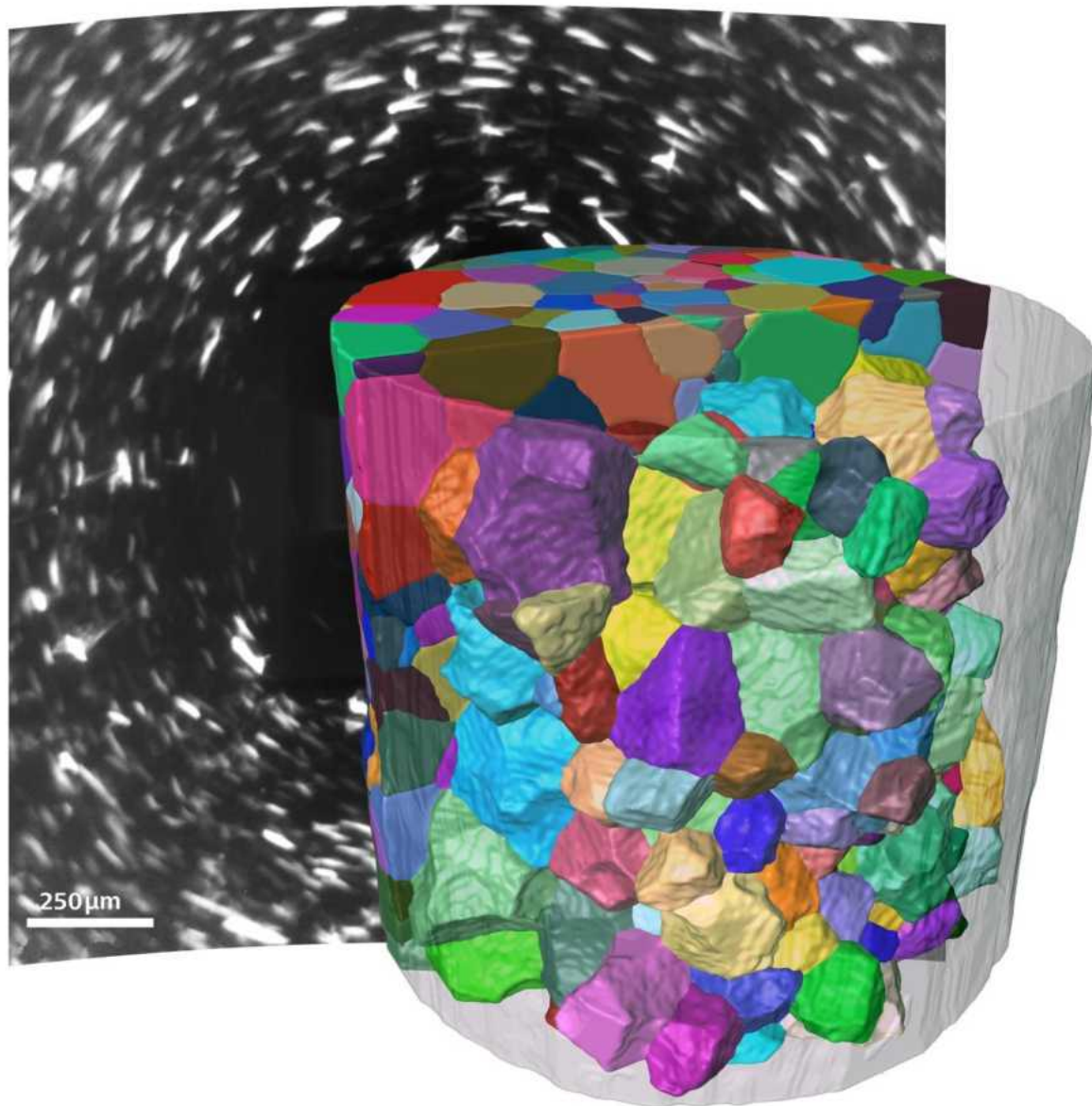


Cevap:

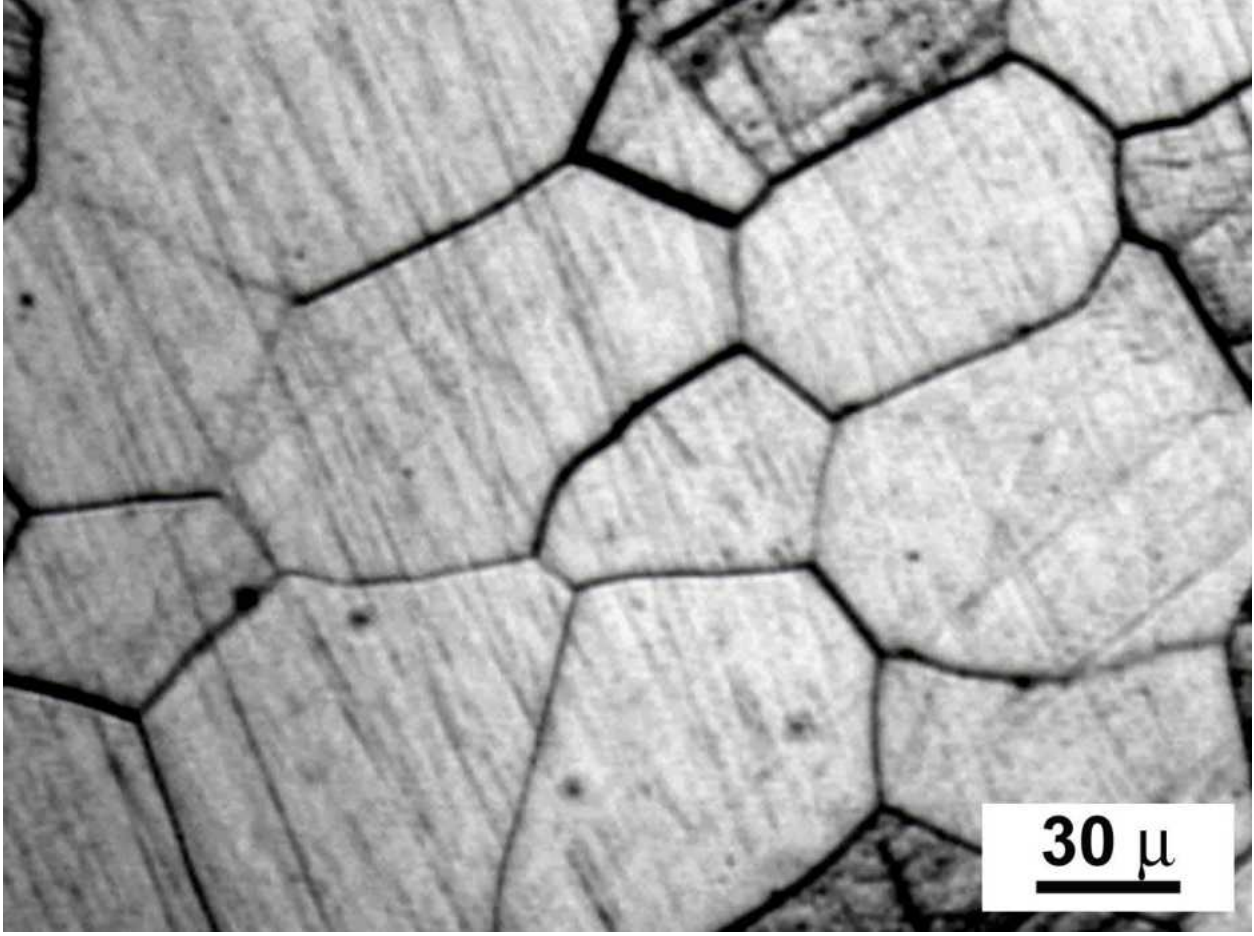


Benzer dizilimdeki atomların oluşturduğu taneler ve tane sınırları yukarıda gösterilmiştir.

Şematik olarak yukarıda gösterdiğimiz tane ve tane sınırları, çeşitli cihazlarla toplanmış veri ve fotoğraflarda da görülmektedir. Malzeme biliminde tomografi olarak bilinen teknik kullanılarak demir elementinden elde edilen aşağıdaki görüntüde taneler farklı renklerde gösterilmiştir. Her bir renge ait tane benzer şekilde dizilmiş atomları içerir. Taneler birbirlerinden tane sınırları ile ayrılmaktadır.

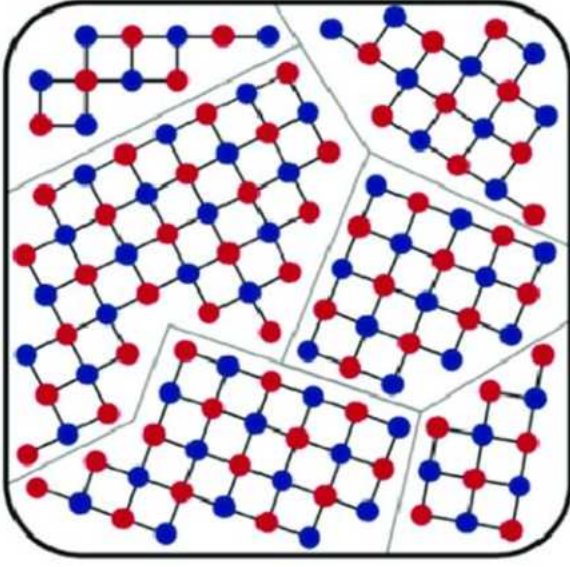


<https://www.scientifictechnologynews.com/zeiss-introduces-newest-release-labdct-diffraction-contrast-tomography-platform-analytical-3d-materials-imaging-advanced-analytical-module-tomography-laboratory-provides-3d-grain-ima/>

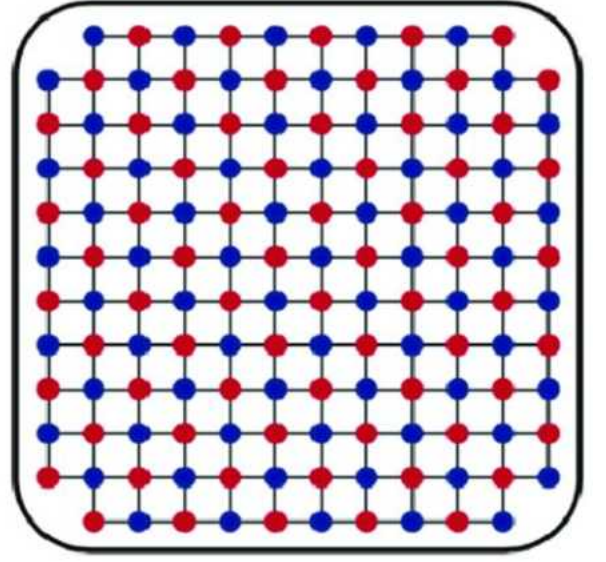


https://en.wikipedia.org/wiki/Grain_boundary#/media/File:CrystalGrain.jpg

Yukarıdaki fotoğrafta, malzemelerin 2 boyutlu yüzeylerinden optik mikroskop ile toplanmış halini görüyoruz. Bu durumda da aynı narın kesilmiş halinde olduğu gibi taneleri ve tane sınırlarını görebiliyoruz. Beyaz renkli alanlar benzer şekilde dizilmiş atomları içerir. Taneler birbirlerinden siyah renkte tane sınırları ile ayrılmaktadır.



Çok Kristal Yapı



Tek Kristal Yapı

<https://www.materialen.eu/materials-science-in-a-nutshell/?lang=en>

Çok kristal malzemeler farklı yönelimlerde birbirlerinden tane sınırları ile ayrılmış tanelerden oluşmuşken, tek kristal malzemelerde tek bir tane bulunmaktadır ve tane sınırları yer almaz. Yukardaki örnekte, çok kristal ve tek kristal yapıların karşılaştırılmasını görebiliriz. Mavi ve kırmızı renkli daireler atomları temsil etmektedir.

Mühendislikte tek ve çok kristal yapıdaki malzemeler çeşitli teknolojik uygulamalar için sıklıkla kullanılır. Tek kristalli malzemelere iyi bir örnek olarak jet motorlarda yer alan türbin kanatçıkları gösterilebilir.

Günümüz modern uçakların kullandığı jet motorlar, atmosferden aldığı havayı sıkıştırıp yakıtla yakar ve ortaya çıkan gazları, hızla dışarı püskürterek ters yönde bir itme gücü oluşturur. Oluşturulan bu güçle uçağın ileri doğru hareket etmesi sağlanır. Atmosferden alınan havanın yanması sırasında sıcaklık 1500 °C'nin üzerine çıkmaktadır. Bu sıcaklık değerlerinde dakikada 20.000'den fazla sayıda dönen ve sıkışan gazı dışarı doğru püskürten jet motorunun en kritik parçası olan malzemeler türbin kanatçıklarıdır. Bu malzemeler yüksek sıcaklık, yüksek devir sayısı ve titreşime maruz kalmaktadır. Bu malzemelerin bu zor koşullara dayanabilmesi için, özel döküm teknikleri ile üretilen tek kristal yapıda nikel bazlı süper alaşımlar kullanılır. Eğer çok kristal yapılar kullanılırsa taneler yüksek sıcaklıklarda birbirlerinin üzerinde kaymaya başlar. Bu da malzemeyi yüksek sıcaklıklarda zayıf hale getirir. Tek kristal malzemeler ise tane sınırları olmadığı ve tek bir taneden oluştuğu için yüksek sıcaklıklara çok daha fazla dayanır.



Soldaki fotoğrafta bir jet motoru görülüyor. Sarı renkli olan kısımlar türbin kanatçıklarını gösteriyor. Sağdaki fotoğrafta ise tek bir türbin kanatçığını görüyoruz.

https://en.wikipedia.org/wiki/Turbine_blade#/media/File:ThermalBarrierCoating.JPG

https://en.wikipedia.org/wiki/Active_tipclearance_control#/media/File:Turbine_of_a_sectionedRolls-Royce_Turbom%C3%A9ca_Adour_turbofan.jpg

Türbin kanatçıkları, üretimi zor olan ve bu nedenle de dünyada sadece birkaç ülke tarafından üretilebilen malzemelerdir. Yakın zamanda ülkemizde bu alanda olumlu gelişmeler olmuştur. TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü ve TUSAŞ Motor Sanayii A.Ş. (TEİ) ortaklaşa gerçekleştirdikleri proje ile tek kristal yapıda, 1400 derece sıcaklıkta, yüksek basınç altında ve yanıcı gazlardan dolayı oluşan korozyon ortamında çalışabilen türbin kanatçıkları geliştirilerek Gökbey helikopterinde kullanmak üzere üretimleri yapılmıştır. Geliştirilen türbin kanatçıklarının fotoğrafları aşağıda sunulmuş olup ayrıntılı bilgi linkte verilmiştir.



TÜBİTAK tarafından geliştirilen türbin kanatçıkları

<https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/tubitakta-uretilen-ilk-set-tek-kristal-turbin-kanatlari-teiye-teslim-edildi/2151148>

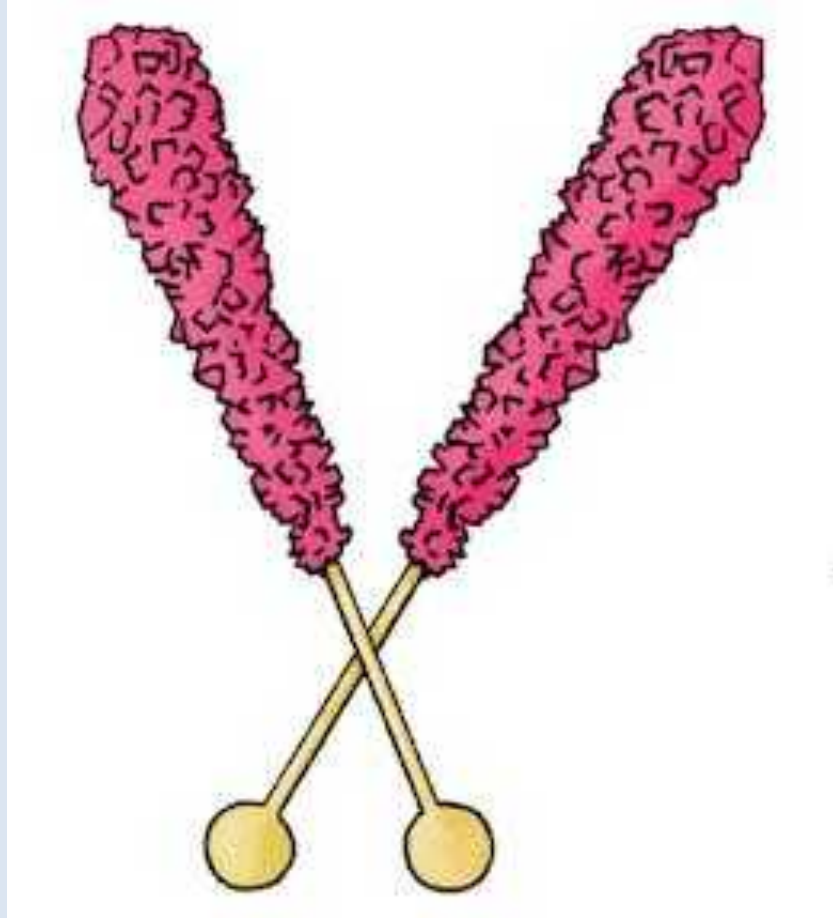
Çok Kristal Malzemeler için güzel bir örnek ingot üretimidir. İngot, daha sonraki işlemler için sıvı halde uygun bir şekle dökülen, genellikle metal olan malzeme parçasıdır. Çelik üretiminde yarı mamul döküm ürünleri arasında ilk adımdır. Sıvı halden katıya geçen ingot parçalar, nihai ürünü elde etmek için genellikle soğuk/sıcak işleme, kesme veya öğütme gibi ikinci bir şekillendirme işlemine tabi tutulur. Çelik üretimi başta olmak üzere, güneş paneli üretiminde kullanılan çok kristalli silikon, alüminyum ve altın gibi değerli külçelerin üretiminde sıklıkla kullanılırlar. Aşağıdaki fotoğrafta sıvıdan katıya soğutulmuş çok kristal yapıdaki saf alüminyuma ait ingotu görüyoruz. Dikkatli incelendiğinde, tanelerin çıplak gözle görülecek büyüklükte olduklarını ve soğuk kalıba dokunan kenarlarından merkeze doğru boyutlarının, şekillerinin ve yönelimlerinin değiştiğini görebiliriz.



<https://www.phase-trans.msm.cam.ac.uk/2010/ingots.html>

Evde Eğleneceli Etkinlik

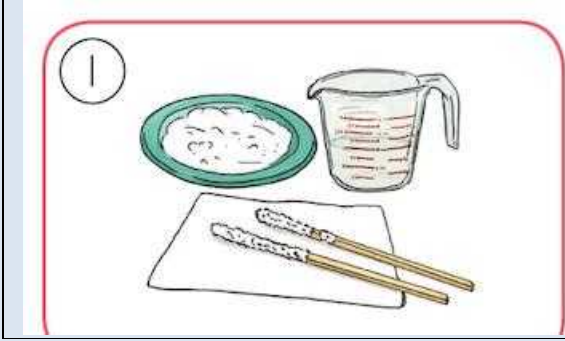
Aşağıdaki kristal şekerden lolipop deneyini öğrencilere aileleriyle beraber yapmaları için ev etkinliği olarak önerilebilirsiniz.



<https://www.raddishkids.com/blogs/bonus-bites/rock-candy-experiment>

Gereken Malzemeler:

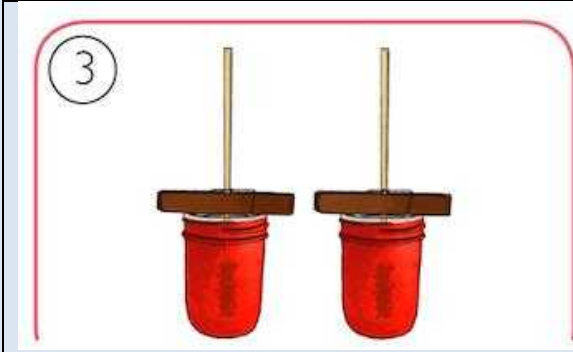
- 1 su bardağı içme suyu
- 3 su bardağı toz şeker
- Suyu kaynatmak için küçük bir tencere
- Karıştırmak için tahta kaşık
- Gıda boyası (isteğe bağlı)
- Ahşap çubuk ve mandal



Ahşap çubuklarınızı ıslatarak toz şekeri tabağına daldırın. Bu şekilde toz şekerlerin bir kısmını ahşap çubukların üzerlerine yapıştırın.



Bir büyükten destek alarak 3 bardak şekeri 1 bardak su ile karıştırarak tencerenin içinde kaynatın. Dilerseniz renk vermek için renklendirici gıda boyalarından 2-3 damla ekleyebilirsiniz. Tüm şeker suyun içinde çözülerek şurup kıvamına gelince, sıcak şurubu soğuk bir bardağa aktarın. (Oranlar artırılarak birden fazla bardak için de kullanılabilir)



Ahşap çubukları bir mandal ile tutturarak sıcak şurubun içine daldırın. Çubuğun, bardağın tam ortasına denk gelmesine ve özellikle tabana değmemesine dikkat edin. Suyun içerisindeki şeker molekülleri, su soğudukça ahşap çubuğun üzerindeki yapışmış şeker parçacıklarına tutunarak kristallerin büyümesini sağlayacaktır. Büyük kristallerin oluşması birkaç gün sürecektir. Sabırla bekleyerek kristallerin gelişmesini inceleyin.



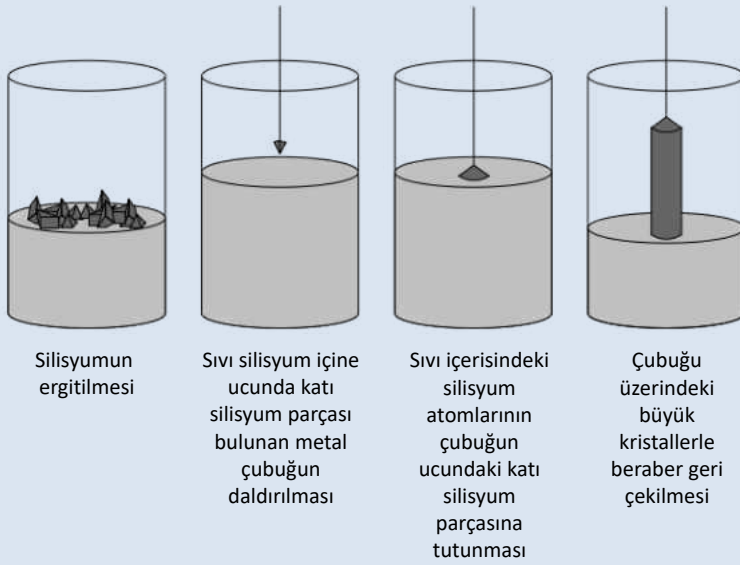
Afiyet olsun 😊

<https://www.raddishkids.com/blogs/bonus-bites/rock-candy-experiment>

İnternet Araştırması

Yukarda kristal şeker üretimi için kullanılan tekniğin bir benzeri tüm elektronik ürünlerin vazgeçilmez malzemesi olan silikon gofretlerin üretiminde de kullanılmaktadır. Czochralski Yöntemi adı verilen teknikte, kristal parçacıklar aynı kristal şeker yapımında olduğu gibi metal bir çubuk üzerine yapıştırılarak sıvı silisyumun içine daldırılır. Silisyum atomları çubuk üzerindeki kristal parçacıklara yapışarak daha büyük kristallerin oluşmasını sağlar. Aşağıda şematik olarak gösterilen bu teknikle ilgili internette bilgi toplayıp şu soruların cevaplarını bulmaya çalışalım.

1. Czochralski Yöntemi ile hangi malzemelerin üretimi yapılmaktadır?
2. Czochralski Yöntemi ile kristal şeker üretimi ne tür benzerlikler ve farklılıklar içermektedir?



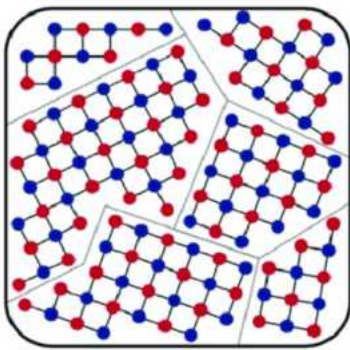
<https://medium.com/@solar.dao/silicon-ingots-and-wafers-production-c75da33337a5>
<https://susoltech.no/wp2-high-performance-silicon-ingots-and-wafers/>

Etkinlik No	2.4
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Amorf Malzemeler
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler amorf malzemelerde atomların dizilişini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Anlatım Soru-Yanıt
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	Sınıf içi etkinlik için: kâğıt, makas

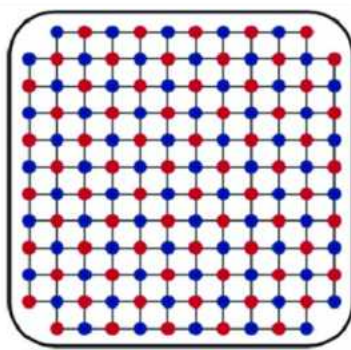
İŞLENİŞ:

Amorf Malzemeler

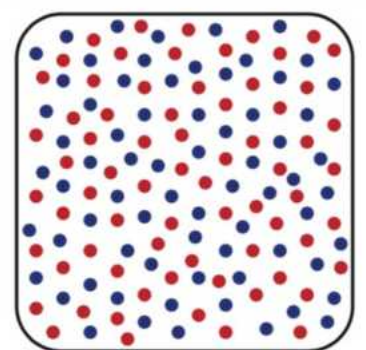
Katı malzemelerin atom dizilimlerine göre sınıflandırılacağı diğer bir grup ise amorf malzemelerdir. Amorf malzemelerde, atomlar düzensiz olarak yerleşmiştir. Bu tür malzemeler içerisinde bir örüntü yer almaz ve belirli bir düzen yoktur. Kristal malzemelerden farklı olarak birim hücreleri yoktur. Kendini tekrar eden atom dizilimleri bulunmaz. Bu sebeple çok-kristallerde olduğu gibi tane sınırları da oluşmaz. Aşağıdaki şematik çizimde amorf malzemelerin tek ve çok-kristal malzemelerle karşılaştırılması verilmiştir.



Çok Kristal Yapı



Tek Kristal Yapı



Amorf Yapı

<https://www.materialen.eu/materials-science-in-a-nutshell/?lang=en> (Türkçeye çevrilmiştir)

Amorf yapılarda atomlar kendilerini belirli bir örüntü içerisinde simetrik olarak tekrar etmez. Bu sebeple birim hücreleri bulunmaz. Kristal malzemeleri anlatırken ünlü ressam Escher'in eserlerinden örnekler vermiştik.

Amorf malzemeleri anlatırken de dünyanın en ünlü ressamlarından, kübizm akımının temellerini oluşturmuş Pablo Picasso'nun "Ağlayan Kadın" tablosunu inceleyelim.



https://en.wikipedia.org/wiki/File:Picasso_The_Weeping_Woman_Tate_identifier_T05010_10.jpg

Echer'in tabloları örüntü oluşturduğu için birim hücreleri bulabiliyorduk fakat Ağlayan Kadın tablosu birbirini tekrar eden, simetrik olan yapılardan oluşmamıştır. Herhangi bir kısmını seçip tekrar ettirdiğinizde resmin tamamını elde edemezsiniz. Aşağıdaki örnekte resimden kare bir bölge seçilmiş ve tekrar ettirilmiştir. Ancak görüldüğü üzere bu bölgenin tekrarı resmin bütünü oluşturmamıştır. Amorf malzemeler de bu yapıdadır. Herhangi bir bölgesi seçilerek, birim hücrede olduğu gibi, tekrar ettirilmesi mümkün değildir.





*“Her zaman yapamayacağım şeyler
üzerine çalışıyorum ki, nasıl
yapabileceğimi öğreneyim.”*

-Pablo Picasso

https://tr.wikipedia.org/wiki/Pablo_Picasso#/media/Dosya:Pablo_picasso_1.jpg

Bir kristal katının aksine, amorf bir katı, düzenli bir iç yapıya sahip değildir. Amorf yapıdaki katı malzemelere cam, kauçuk, plastik ve jeller örnek olarak verilebilir. Cam, bir malzeme karışımının kristalleşmeyecek şekilde soğutulmasıyla yapılan önemli bir amorf katıdır. Cam bazen katıdan ziyade aşırı soğutulmuş sıvı olarak adlandırılır. Bir cam üfleyiciyi çalışırken izlediyseniz, kristal katıların yaptığı gibi amorf katıların belirgin bir erime noktasına sahip olmadığı gerçeğinden yararlandığını fark etmişsinizdir. Bunun yerine, cam ısıtıldıkça yavaş yavaş yumuşar ve her türlü ilginç forma dönüştürülebilir. Bir cam nesne paramparça olduğunda, bunu her zaman kristal sistemi tarafından belirlenen aynı şekle sahip parçalara ayrılan kristal katıların aksine çok düzensiz bir şekilde yapar.

Amorf katıların özellikleri birçok yönden kristal katılarınkinden farklıdır. Amorf katılardaki moleküller arası kuvvetler, kristal katılardakinden daha zayıftır. Amorf katıların düzenli bir dış yapısı ve keskin erime noktaları yoktur.



Türk camcılığının en eski ve en özgün örneklerinden biri çeşm-i bülbüldür. Bülbülün gözü anlamına gelen çeşme-i bülbül, 18. yüzyılın sonunda padişah III. Selim'in Mevlevi dervişi Mehmet Dede'yi o zamanın ünlü cam işleme merkezi olan Venedik'e göndermesiyle ortaya çıkmış bir cam işleme sanatıdır. Epey zahmetli ve ustalık gerektiren çeşm-i bülbül; eritilmiş sıcak camın, özel bir çubuk yardımıyla elma ya da ayva ağacından yapılmış bir kürenin içinde döndürülerek sıcak bir cam balonu haline getirilmesi ile üretilir. Tüm bu işlem sonucunda camın kristal malzeme olmaması, amorf yapıda olduğu için bir anda katılaşmaması ve yavaş yavaş yumuşaması çeşm-i bülbül gibi narin yapıların üretilmesini sağlamaktadır. Çeşm-i bülbülü bir anda katılaşan, ısıtıldığında yumuşamadan sıvı hale geçen sofr tuzu gibi kristal malzemelerle üretmek mümkün olmayacaktır.

Eğitmene Not

Sükroz olarak da bilinen sofr şeker kristal yapıdayken, çocukların severek yediği pamuk şeker amorf yapıdır.

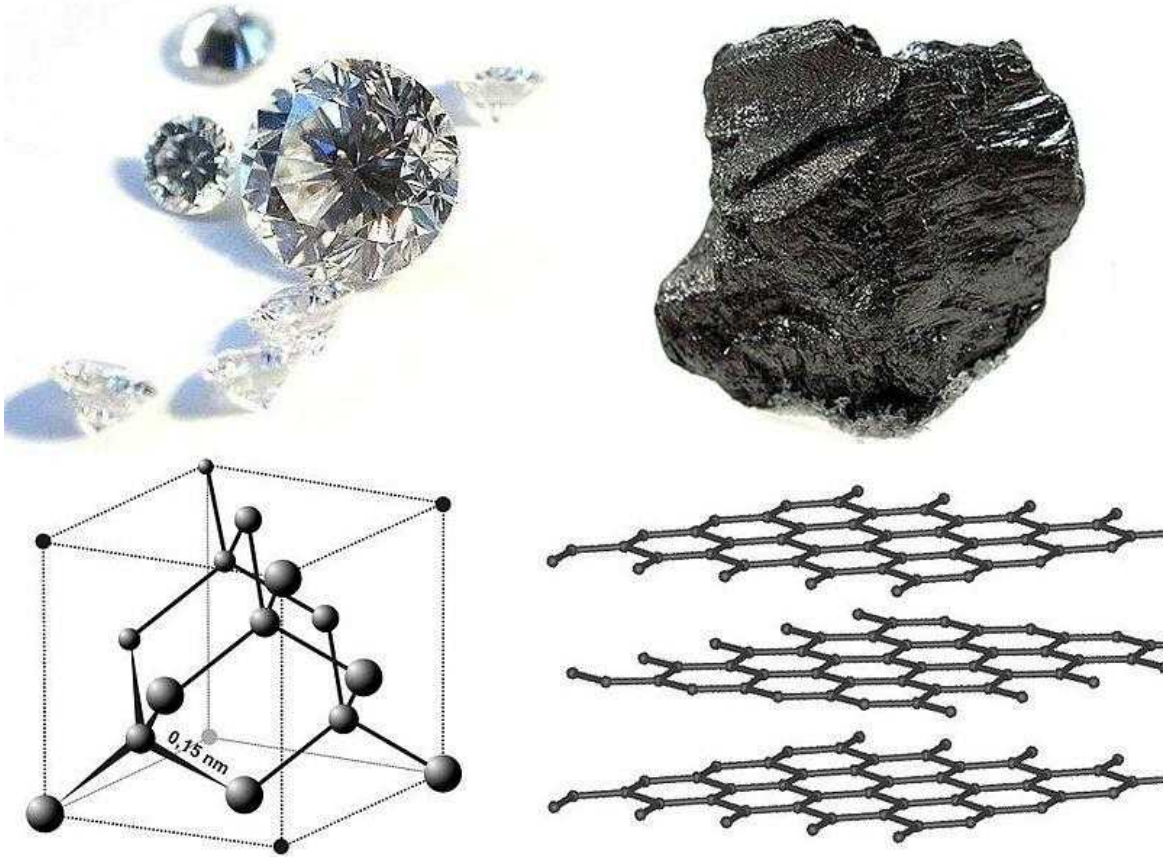


Etkinlik No	2.5
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Kristal Yapı Değişimleri
Önerilen Süre	1 ders saati
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler kristal yapı değişimlerini ve örnek olarak şekil bellekli alaşımları öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik, Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Anlatım Soru-Yanıt Beyin Fırtınası Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	Sınıf içi etkinlik için: Latex Eldiven, Koruyucu Gözlük, Laboratuvar Önlüğü, 2 Adet Petri Kabı, 1 Adet Ataş, 1 Adet Ataş şeklinde Şekil bellekli Alaşım, Su kaynatmak üzere su ısıtıcı, Sıcak su koymak üzere beher, Cımbız (tercihen plastik)

İŞLENİŞ:

Kristal Yapı Değişimleri

Malzemelerdeki kristal yapılar çeşitli dış etmenlerle farklılaşabilir ve farklı kristal yapılara dönüşebilir. Bu dış etmenlerden en çok kullanılan sıcaklık ve basınçtır. Katı haldeki bir malzemenin ergiyerek sıvıya dönmesi gibi, oda sıcaklığında katı haldeki bir malzemeye ait kristal yapı sıcaklık ve/veya basınç uygulanarak başka bir kristal yapıya dönüştürülebilir. Bu özellik malzeme biliminin en önemli araştırma alanlarından biridir. Bu şekilde kırılgan yapıya sahip bir malzeme daha sağlam yapılabilir, manyetik özelliği olmayan malzemeye mıknatıslık özelliği kazandırılabilir, elektrik iletkenliği ya da korozyon direnci arttırılabilir. Bu konuda en çarpıcı örneklerden bir tanesi karbon atomudur. Elmas ve grafit, karbonun iki allotropudur. Allotrop, aynı elementin kristal yapı bakımından farklılık gösteren saf formlarıdır. Elmas, doğanın bize sunduğu en sert malzemedir. Öte yandan grafit, kalemlerimizin ucunda kullandığımız göreceli daha yumuşak bir malzemedir. Kimyasal olarak tamamen aynı olan bu iki malzemenin bu kadar farklı özellikte olmasının sebebi, kristal yapılarının farklı olmasıdır. Aşağıdaki şekilde elmas ve grafitte ait atom pozisyonları gösterilmiştir. Uygun koşullarda elmas grafitte, grafit ise elmasa dönüştürülebilir.



https://en.wikipedia.org/wiki/File:Diamond_and_graphite2.jpg

Sol tarafta elmas ve atom dizilişlerinin şematik gösterimi, sağ tarafta ise garfit ve atom dizilişlerini görebiliriz. Her iki malzemede de sadece karbon atomları olmasına karşın, farklı dizilimler farklı özelliklerde malzemelerin oluşmasına yol açmıştır. Malzemelerin sıcaklık ve basınç gibi farklı koşullarda oluşturdukları atom dizilimlerini inceleyen bilim dalı termodinamik olarak adlandırılır. Çeşitli bilgisayar simülasyonları, kuramsal formüller ve deneylerle kristal yapıların hangi koşullarda hangi kristal yapılara dönüşebileceğini inceler. Termodinamik çalışmalar, atmosfer basıncından 150.000 kat fazla bir basınç altında grafitin elmasa dönüşebileceğini göstermektedir. Kristal yapısını göreceli düşük sıcaklıklarda değiştirip başka bir kristal yapıya dönüşebilen ilginç bir malzeme grubu “Şekil Bellekli Alaşımlar”dır. Bu deneyimizde, ilginç bir malzeme grubu olan “Şekil Bellekli Alaşım”ları inceleyeceğiz.

Şekil Bellekli Alaşımlar Deneyi



Şekil bellekli alaşım olarak adlandırılan metalik malzemeler, belirli bir sıcaklığa kadar ısıtıldıktan sonra orijinal şekline dönen kristallerdir. Önceki kısımlarda kristal malzemelerin düzenli bir yapıda kendini tekrar eden birim hücrelerden oluştuğunu görmüştük. Kristal malzemelerin aynı bileşimde, yani kompozisyonu değişmeden, birkaç farklı kristal yapıya sahip olması mümkündür. Buna bir örnek karbon atomu gösterilebilir. Saf karbon hem elmas yapıda hem de grafit yapıda bulunabilir. Grafit yapı belirli bir sıcaklık ve basınç değerinde elmasa dönüşebilir ya da bunun tam tersi gerçekleşebilir. Şekil bellekli alaşımlarda bu değişim belirli sıcaklıklarda saniyeler içerisinde gözlemlenir. Elinizde tuttuğunuz grafit yapısındaki kalem ucunu bir saniyede elmasa dönüştüğünü hayal edin. Bu grafit-elmas için mümkün değilken şekil bellekli alaşım grubundaki malzemeler için mümkündür. Belirli sıcaklıklarda şekil bellekli alaşımın içerisindeki atomlar kendilerini yeniden konumlandırır ve birim hücrelerini değiştirirler. Tekrar soğutulduklarında ilk birim hücrelerine geri dönerler. Her birim hücrenin bir geometrisi ve hacmi olduğu için, biz onu dışardan şekil değiştirmesi sonradan geri hatırlaması olarak algılarız.

Gerekli Malzemeler:

Kişisel Koruyucu Donanım

- Latex Eldiven
- Koruyucu Gözlük
- Laboratuvar Önlüğü

Deney Malzemeleri

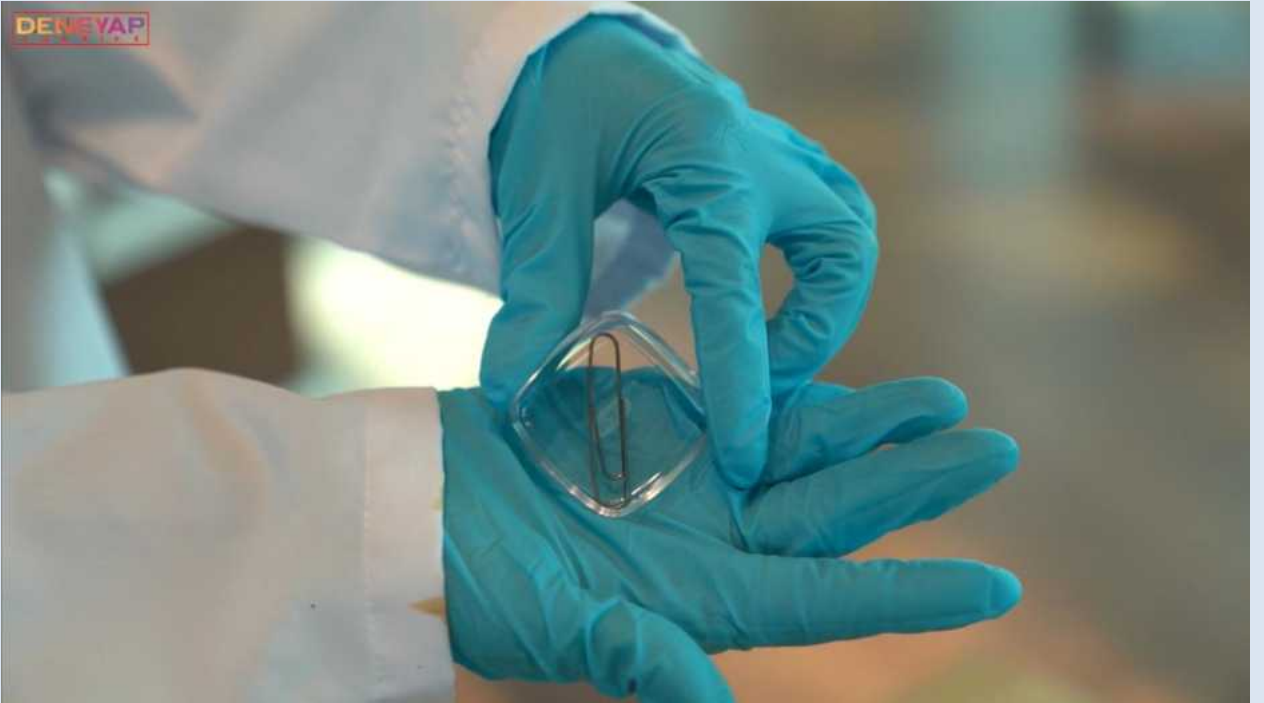
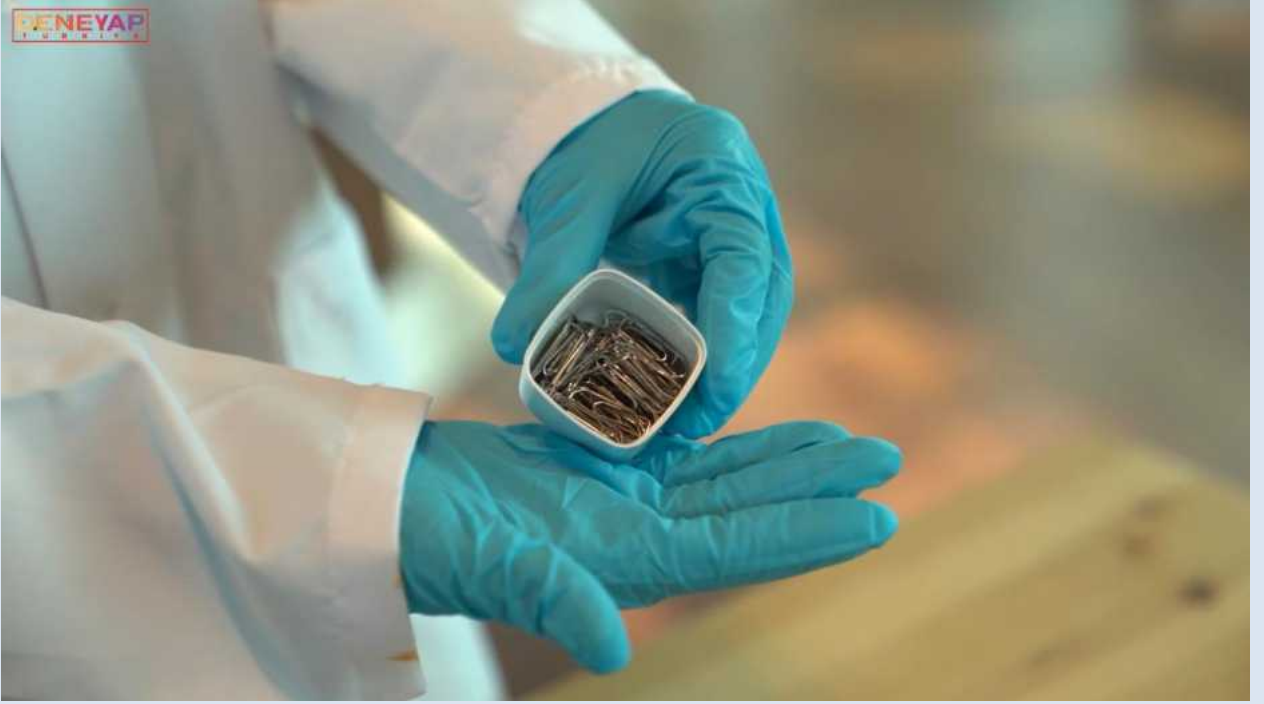
- 2 Adet Petri Kabı
- 1 Adet Ataş
- 1 Adet Ataş Şeklinde Şekil Bellekli Alaşım
- Su Kaynatmak Üzere Su Isıtıcı
- Sıcak Su Koymak Üzere Beher
- Cımbız (Tercihen Plastik)

Deneyin Uygulanışı

1. Öğrencilere deneyin gerçekleşmesi için gereken koruyucu donanımı açıklayın. Bu deneyde latex eldiven, koruyucu gözlük ve laboratuvar önlüğü kullanmak gerekmektedir. Şekil bellekli alaşım titanyum ve nikel elementlerinden oluşturulmuş bir alaşımdır. Çıplak elle bu alaşımı tutmanın güvenlik açısından bilinen bir zararı bulunmamaktadır.



2. Öğrencilere tel çelikten üretilmiş geleneksel ataşı ve titanyum ile nikel elementlerinden üretilmiş şekil bellekli alaşımı gösterin.



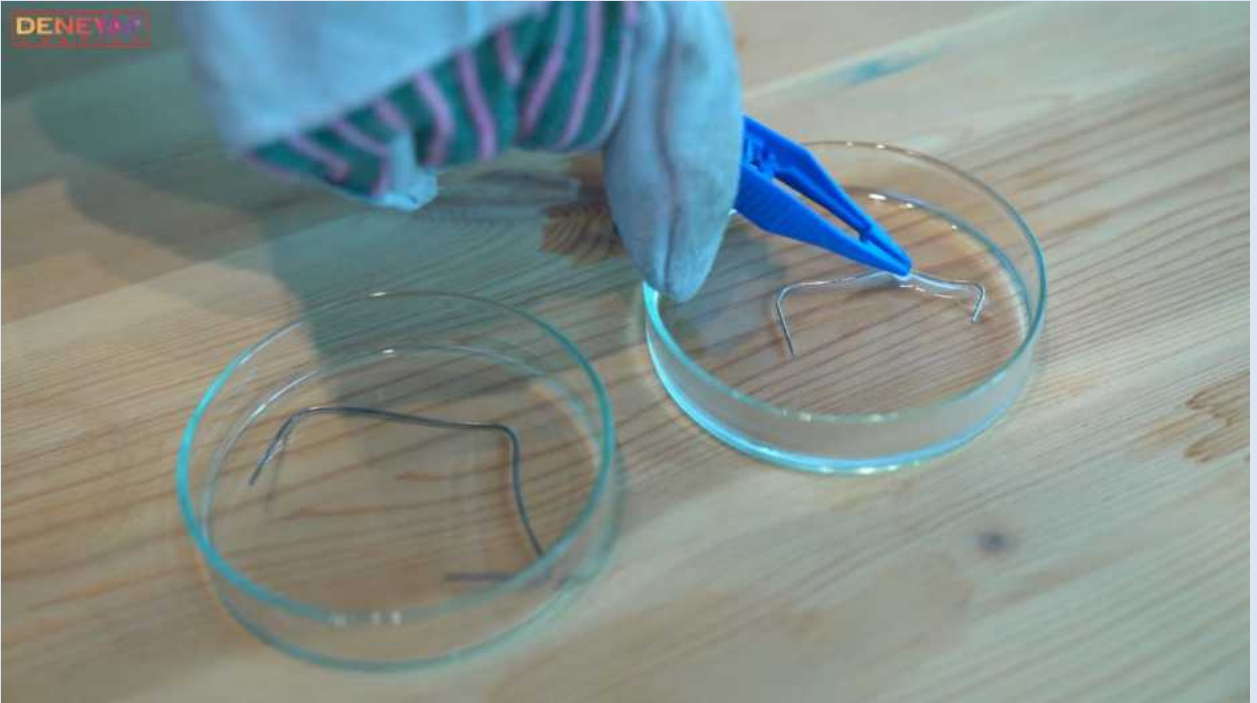
3. Öğrencilerden, her iki ataşın da şeklini bozmalarını isteyin. İstedikleri gibi eğip bükerek şekillerini değiştirebilirler.



4. Suyu ısıtıcı içerisinde kaynatın ve dikkatli bir şekilde beherin içine dökün.



5. Şekilleri öğrenciler tarafından değiştirilmiş ataşları farklı iki petri kabının içine yerleştirin.



6. Sıcak suyu her iki petri kabının içerisine yavaşça dökün. Bu deney arzu edilirse saç kurutma makinesi ile de yapılabilir. Kompozisyonuna bağlı olarak 70 °C civarında şekil bellekli alaşımın ilk haline geri dönmesi beklenmektedir.



7. Sıcak suyla temas ettikten sonra çelikten yapılmış geleneksel ataş herhangi bir farklılaşma olmazken, şekil bellekli alaşımdan yapılmış olan ataş ilk hâle geri dönmüştür. Bu hali cımbızla tutarak öğrencilere gösterilmelidir.

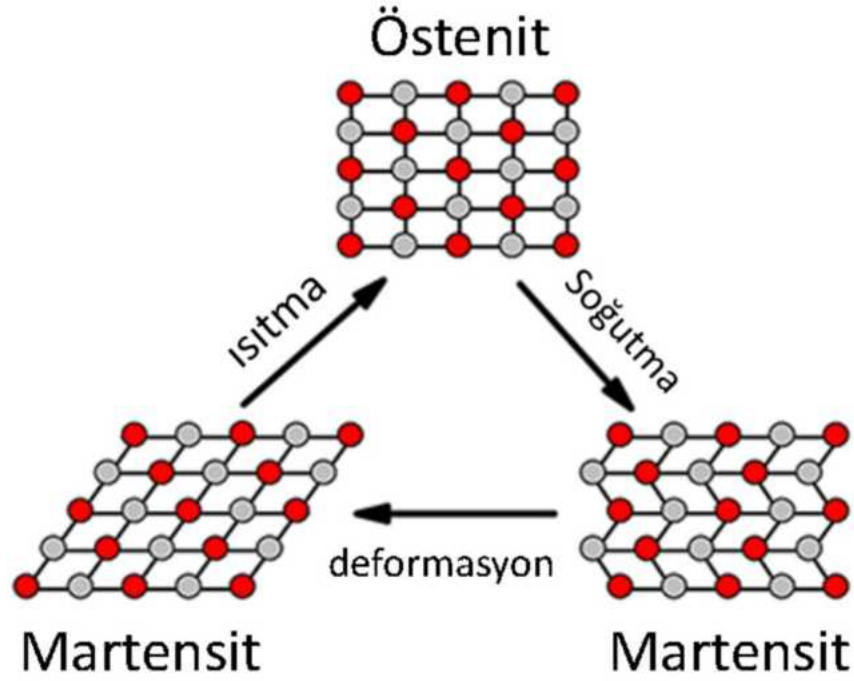




Ne oldu?

Şekil bellekli malzemeler, farklı sıcaklıklarda farklı kristal yapıları sahiptirler. Daha düşük sıcaklıkta bulunan kristal yapı martensit, daha yüksek sıcaklıktaki kristal yapı ise östenit olarak bilinir. Martensit, malzemenin herhangi bir şekle deforme olabileceği kristal yapıdır. Östenit kristal yapı, şekli hatırlamak için "programlandığı" aşamadır.

Deneyde kullandığımız TiNi (titanyum-nikel) alaşımı yaklaşık 500 °C'lik bir sıcaklıkta ısıtıldığında, östenit yapıya geçer. Bu sıcaklıkta, şekil bellekli alaşımın bizim için 'hatırlamasını' istediğimiz herhangi bir şekle getirebiliriz. Bu deneyde kullandığımız şekil bellekli alaşım, üreticileri tarafından 500 °C'den daha yüksek sıcaklığa ısıtılarak ataş şekli verilmiştir. Bu sebeple elimizdeki şekil bellekli alaşım ataş şeklini hatırlamaktadır. Oda sıcaklığına soğutulduktan sonra herhangi bir şekle sokabiliriz. Bu şekil bellekli alaşımın dönüşüm sıcaklığı 70 °C civarındır. Şeklini bozduktan sonra, sıcak su veya saç kurutma makinası ile ısıtırsak şeklini hatırlayarak ataş şekline geri dönecektir.



<https://geekswipe.net/science/physics/how-shape-memory-alloys-work/> (Türkçeye çevrilmiştir)

Yukarıdaki şekilde östenit ve martensit adı verilen kristal yapılarıdaki atom dizilimlerini görebiliriz. Kırmızı ve beyaz daireler titanyum ve nikel atomlarının yerlerini göstermektedir. Daha önceki örneklerde bahsettiğimiz gibi, kristal yapı içerisinde titanyum ve nikel atomları düzenli bir şekilde yerleşmişlerdir. Östenit yüksek sıcaklıklarda, martensit ise oda sıcaklığında var olan kristal yapılarıdır. Bu deneyde kullandığımız ataş şeklindeki şekil bellekli alaşıma bu biçimi, östenit formunda şekil vermeyi kolaylaştırmak için 500 °C gibi yüksek sıcaklıkta verilmiştir. Östenitin birim hücresi küp şeklindedir. Daha sonra oda sıcaklığına soğutulduğunda 70°C civarı sıcaklıkta östenit yapı martensite dönüşmüştür. Martensit yapı içerisinde atomlar paralel kenara benzeyen birim hücrelerde yer almaktadır. Oda sıcaklığında martensit yapı deforme edildiğinde yine paralel kenar birim hücrelerden oluşan başka bir martensit yapıya dönüşür. Bu, biz ataşı elimizde deforme ederken stres uyguladığımız noktalarda gerçekleşir. Deforme ettiğimiz ataşı sıcak su içerisinde 70 °C'nin üstü sıcaklıklara ısıttığımızda martensit atom dizilimi tekrardan östenit atom dizilimine geçer ve ilk şeklini hatırlayarak ataş şekline geri döner.

Bunu öğrencilere aşağıdaki benzetmeyle de anlatmak mümkündür. Su, atmosfer koşullarında 0 °C'de donarak katı hale geçer. Aşağıdaki şematik resimde gösterildiği gibi, atomlar sıvı haldeyken serbest olarak dolaşabilirken, su buza dönüşünce altıgen formunda kristal yapı oluşur.



Su buz haline geçtikten sonra birçok yöntemle şekil vermek mümkündür. Bunların arasında en ilginçini testere, tornavida, çekiç gibi el aletleri ile buzı sanat eserlerine çeviren buz heykeltıraşları gerçekleştirir. Sıfır derecenin altında, buz kütlelerini biçimlendirerek aşağıda örnekleri verilmiş heykellere dönüştürürler.



TiNi şekil bellekli alaşımda olan değişimi, buz heykeltıraşlığına benzetebiliriz. Suyun buza dönüştüğü sıfır derecenin altında heykeltıraş buz kalıbını deforme ederek çeşitli biçimlere getirebiliyor. Benzeri şekilde TiNi ataşı bu etkinlikte deforme ederek farklı şekillere getiriyoruz. Her öğrenci ataşı farklı bir şekilde bırakıyor. Eğer buz heykeller sıfır derecenin üzerindeki sıcaklıklara getirilirse heykelin şekli ne olursa olsun hepsi tekrar suya dönüşecektir. Bu, bir bakıma bizim deforme ettiğimiz ataşları 70 °C'nin üstüne ısıtarak östenite dönüştürmemize benziyor. Su sıvı yapıda, östenit ise katı bir kristaldir. Heykellerin ergimesi ile suya dönüşen buzı tekrar sıfır derecenin altına soğutursak kalıp buz elde edebiliriz ve heykeltıraşlar yeniden diledikleri şekli verebilirler. Benzeri şekilde östenit kristal yapısındaki ataşı 70 °C'nin altına soğuttuğumuzda martensit kristal yapısı oluşturup dilediğimiz şekli verebiliriz.

Deney Sonu Soruları

1. Şekil bellekli alaşımlar sadece sıcaklık değışikliğı ile mi şekillerini hatırlarlar?
2. Şekil bellekli alaşımların kullanım alanları nelerdir? Özellikle tıp ve havacılık alanındaki kullanımlarına birer örnek veriniz.
3. Siz olsanız şekil bellekli alaşımları nerelerde kullanırdınız? Güncel mühendislik uygulamalarından birkaçını düşünüp kullanılan geleneksel malzemeler yerine şekil bellekli alaşımları nasıl kullanacağınızı tartışınız.
4. Şekil bellekli alaşımların dönüşüm sıcaklığı nasıl değıştirilebilir?

Tasarla

Kâğıt ve şekil bellekli alaşım kullanarak açılıp kapanabilen bir kelebek kanadı tasarlayın.

Popüler Bilim Okuması

Şekil bellekli alaşımları anlatan popüler bilim yazısı:

<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/bu-malzemelerin-hafizasi-var>



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM MALZEMELERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Mekanik Özellikler

Temel Kavramlar

Elastik ve Plastik Deformasyon

Mekanik Özellikler Nasıl Ölçülür?

Malzemeleri Güçlendirmek

Etkinlik No	3.1
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Mekanik Özellikler Derse Başlamadan Önce Etkinliği
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler mühendislik uygulamalarında kullanılan malzemelerin mekanik özelliklerini öğrenecektir. Öğrenciler mikroyapının malzemenin mekanik özelliklerine nasıl etki ettiğini öğrenecektir. Gözlemlenebilen mekanik özelliklerin mikroskobik düzeyde kaynağına inerek nasıl oluştukları kavranacaktır. Gündelik hayatta ve projelerde potansiyel uygulamalara uygun mekanik özelliklere sahip malzemelerin doğru tespit edilmesi beklenmektedir.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Üçüncü Hafta

Mekanik Özellikler

Dersimizin üçüncü haftasında malzemelerin mekanik özelliklerini inceleyeceğiz. Mekanik özellik, bir malzemeye uygulanan basma, çekme ya da kesme gibi kuvvetlerle başa çıkma kapasitesidir. Mekanik özelliklerle ilgilenen makine, malzeme, inşaat gibi mühendislik alanlarında; malzemelerin gerilmeye, bükülmeye, sıkıştırılmaya veya kırılmaya karşı dirençleri ölçülür ve gerçekleştirilen tasarımlarda kullanılır. Bu bölümde bu özelliklerin yanı sıra, malzemelerde mekanik özelliklerin nasıl ölçüldüğünü ve nasıl farklılaştırıldığını öğreneceğiz. Derse başlamadan, aşağıda belirtilen konuları öğrencilerle tartışmak faydalı olacaktır.

Derse başlamadan önce

Aşağıda verilen mühendislik örneklerinde malzemelerin hangi mekanik özellikleri (sertlik, dayanıklılık, süneklik, gevreklik, tokluk, yorulma direnci vb.) nedeniyle seçildiklerini tartışınız.



15 Temmuz Şehitler Köprüsü İstanbul

https://tr.wikipedia.org/wiki/15_Temmuz_%C5%9Eehitler_K%C3%B6pr%C3%BCs%C3%BC#/media/Dosya:Bosphorus_Bridge.jpg



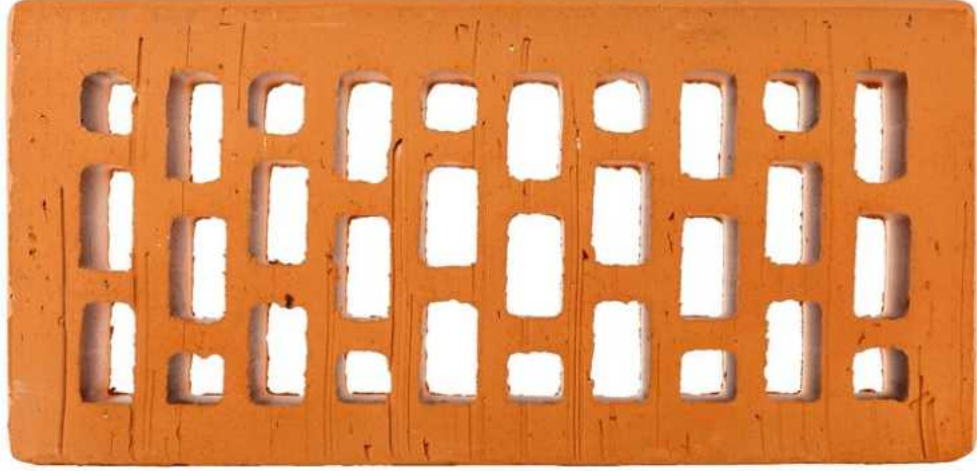


Bilgi Notu: Artvin’de Hatila Vadisi Cam Teras

Türkiye’nin en yüksek cam seyir terası unvanına sahip, Doğa Koruma ve Milli Parklar Müdürlüğüne ait Hatila Vadisi Milli Parklar Cam Seyir Terası, 220 metre yükseklikte. 15 metre uzunluğunda olan teras, 50 metre kare genişlikte seyir alanına sahip. https://www.turizmgunlugu.com/wp-content/uploads/2020/02/Hatila_Artvin_camTeras3.jpg







Derse başlamadan aşağıdaki soruların cevaplarını öğrencilerle tartışabilirsiniz.

- **Bildiğiniz en güçlü malzeme hangisidir ve daha güçlü malzemeleri nasıl elde edebiliriz?**
- **Sert bir malzeme aynı zamanda güçlü müdür?**
- **Malzemeler de yorulur ya da yaşlanır mı?**
- **Bir malzeme nasıl kırılır?**
- **Aynı boyutlara sahip plastik, seramik ve metal çubuklar olduğunu düşünün. Bunları çekerek kopardığınızda nasıl farklılıklar gözlemlersiniz?**
- **Uçakların hangi malzemelerden yapıldığını hiç düşündünüz mü? Sizce uçakları bu denli dayanaklı yapan malzeme ne olabilir?**

Etkinlik No	3.2
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Temel kavramlar
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler önemli mekanik özellikleri ve nasıl ölçüldüklerini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Cevap Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Mekanik özellik nedir ve neden önemlidir?

Malzeme özelliklerinin; atomların 3 boyutlu uzaydaki dağılımına, iç yapıya, mikro ya da makro ölçekli pek çok değişkene ve çevresel şartlara göre değişebileceğini daha önceki kısımlarda görmüştük. Bir malzemeye mekanik olarak iyi diyebilmek için o malzemenin ne koşullarda ve hangi amaç için kullanılacağını bilmemiz gerekir. Bir paket lastiği tasarlıyorsak o malzemenin sünekliği bizim için önemlidir. Parmağımızla çektiğimizde kolayca sünmeyen bir lastik nesneleri paketlerken kullanılamaz. Öte yandan kullandığımız malzemenin çabucak sünüp kopmasını da istemeyiz. Lastiği, paketleyeceğimiz nesneye sağlamca sarmaya çalışırken lastiğin bir tarafından inceli kopması istenmeyen bir özellik olacaktır. Aynı şekilde, lastiği geri çıkarttığımız zaman da eski orijinal haline dönmesini isteriz. Böylece ilerleyen zamanlarda başka nesneler için de aynı lastiği kullanabiliriz. Bu paket lastik örneğinden anlaşılacağı gibi, malzemenin sünek olması bu uygulama için malzemeyi mekanik anlamda iyi özelliklere sahip yapar.

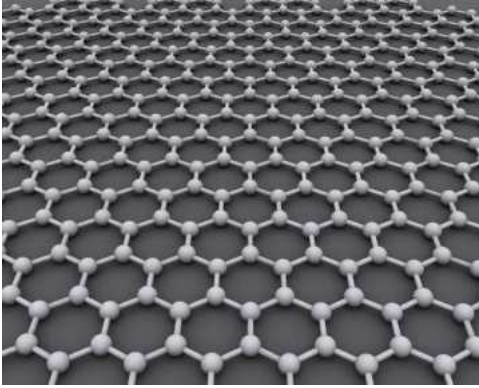
Lastik örneğinde kullandığımız malzemeyi bambaşka bir uygulama için kullandığımızı düşünelim. Mesela aynı malzemedan bir sandalye yaptığımızı hayal edelim. Bu denli sünek bir malzeme ile oturduğunuz sandalyeyi tasarlamak ister misiniz? Neden? Sandalye için kullanacağımız malzemenin oturup kalkma anında uygulanan kuvvetlere dayanmasını, bizi şeklini bozmadan taşımasını bekleriz. Dolayısıyla lastik kadar sünmeyen, daha sert, güçlü ve tok bir malzemeye ihtiyaç duyarız. Dolayısıyla sandalye yapımında kullanılacak malzemenin lastik kadar sünek olması, sandalye örneği için malzememizi mekanik anlamda kötü ve yetersiz yapar. Ancak sandalye yapımında kullanılan bu malzemenin de bir miktar sünekliğe sahip olması gerektiğini de unutmamalıyız. Aksi takdirde en başta bu malzemeye sandalye şeklini veremeyiz.

Sonuç olarak baktığımızda bir malzemeyi mekanik anlamda iyi veya kötü, yeterli veya yetersiz yapan etmenler o malzemenin kullanım senaryolarına göre değişiklik gösterebilir.

Mühendislikte sıklıkla kullanılan mekanik özellikler aşağıda sunulmuştur. Bu özellikler sınıf ortamında kolaylıkla bulunabilecek eşyalar kullanılarak öğrencilerle paylaşılabilir.

Mukavemet (Güç)

Mukavemet, bir malzemenin deformasyon yüküne direnmesini sağlayan mekanik özelliktir. Malzemeler ne kadar mukavemetli veya güçlü olursa dayanabileceği yük de o kadar büyük olur.



<https://en.wikipedia.org/wiki/Graphene#/media/File:Graphen.jpg>



<https://www.scientificamerican.com/article/balancing-act/>

Karbon atomlarının tek katmanlı olarak bir araya gelmesiyle oluşan ve 2 boyutlu bir yapıya sahip olan grafen, günümüzde bilinen en güçlü malzemedir. Bu malzeme üzerine yaptıkları çalışmalarıyla Andre Geim ve Konstantin Novoselov 2010 yılında fizik alanında Nobel Ödülü almışlardır. Grafen üzerine çalışmalar yapan Columbia Üniversitesinden Prof. James Hone “Araştırmamız, grafenin şimdiye kadar ölçülen en güçlü malzeme olduğunu gösteriyor ve yapısal çelikten de yaklaşık 200 kat daha güçlü olduğunu ortaya koyuyor. Bir grafen tabakasını kırmak için, kalem üzerinde dengede duran bir fil gerekir.” demiştir. Burada, fillerin ağırlıkları 5000-7000 kg arasında değişmekte olduğunu hatırlatmak isteriz.

Esneklik (Elastik Deformasyon Direnci)

Esneklik veya elastik deformasyon, bir malzemenin gerildikten veya sıkıştırıldıktan sonra normal şeklini geri alabilme yeteneğidir. Bir malzemeye yük uygulandığında, yük malzemenin deforme olmasına neden olur. Bu deformasyon geçici ise buna elastik deformasyon adı verilir. Bir malzemenin esnekliği, gerilme veya yük kaldırıldığında deformasyondan sonra orijinal konumuna geri dönme gücüdür.



Lastik bant ve yaylar elastik malzemelere iyi örneklerdir.

Plastisite (Plastik Deformasyon)

Bir malzemenin plastisitesi, kopma (kırılmalık) olmaksızın kalıcı bir deformasyona uğrama yeteneğidir. Plastik deformasyon ancak elastik aralık aşıldıktan sonra gerçekleşecektir.



Sertlik

Bir malzemenin penetrasyona olan direnci sertliktir. Sertlik, aynı zamanda bir malzemenin çizilmeye, aşınmaya ve kesilmeye olan karşı koyma yeteneğini de etkilemektedir.



https://tr.wikipedia.org/wiki/Elmas#/media/Dosya:CZ_brilliant.jpg



<https://en.wikipedia.org/wiki/Talc>

Talk: $H_2Mg_3(SiO_3)_4$ ya da $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$.

Tokluk

Tokluk, malzemelerin şok veya darbeye dayanmasını sağlayan özelliğidir. Kırılğanlığın zıt durumu olan tokluk, mukavemet ve plastisite kombinasyonu olarak da düşünölebilir.



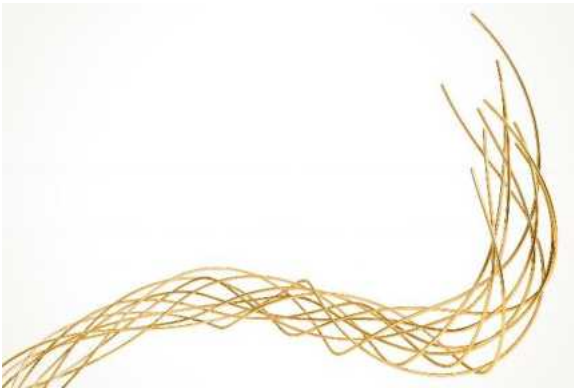
Kırılğanlık

Kırılğanlık, malzemenin kalıcı deformasyona karşı gösterdiği dirençtir. Kırılğan malzemeler, plastik deformasyon altında bükölmek yerine kırılır. Bu malzemeler aynı zamanda gevrek olarak da adlandırılırlar.



Süneklik

Süneklik; malzemenin, kırılmadan ya da kopmadan sürekli şekil değıştirme özelliğidir.



Guinness Dünya Rekorları'na göre, bir gram altın 2,4 kilometre uzunluğundaki bir tele çekilebilir.
Yorulma

Yorulma; malzemenin gerilmesine veya kırılmasına neden olan, tekrarlanan gerilme hareketinin uzun etkisidir. Tekrar tekrar uygulanan kuvvetler altında malzemenin deformasyonunu tanımlamak için yorulma özelliğine bakılır.



[https://en.wikipedia.org/wiki/Fatigue_\(material\)#/media/File:Pedalarm_Bruch.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Fatigue_(material)#/media/File:Pedalarm_Bruch.jpg)



<https://www.youtube.com/watch?v=TH9k9FWaFrS>

Beyin Fırtınası

Bu aşamada öğrencilerden, sınıf ortamındaki farklı temel malzeme gruplarından bir eşya bulmalarını isteyin. Seramik malzemelere örnek olarak tebeşir, metal malzemelere örnek olarak ataş, polimer malzemelere örnek olarak da bir silgi kullanabilirsiniz.

Öğrencileri, bu eşyalara sırayla dokunarak duyu organlarıyla ve gözlemleriyle aralarındaki farkları anlamaları için yönlendirin. Bu sırada, ellerindeki malzemeleri yukarıda sıraladığımız mekanik özelliklerine göre değerlendirmelerini sağlayacak kavramsal sorular sorabilirsiniz. Soru örneklerini aşağıda bulabilirsiniz.

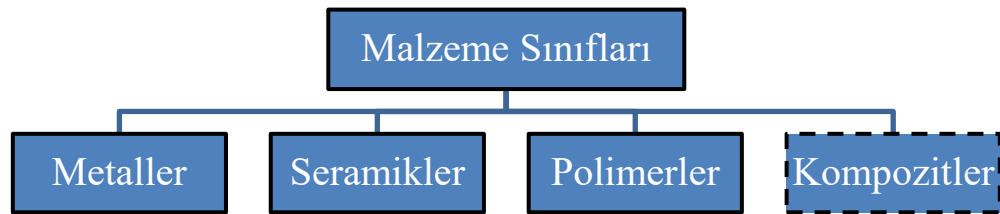
- Elinizde tuttuğunuz hangi malzeme daha gevrekler? Neden?
- Silgi mi daha kırılğandır yoksa tebeşir mi?
- Ataş kırılğandır mıdır?
- Elinizde tuttuğunuz hangi malzemeler sünektir?
- Metaller yumuşak mıdır yoksa sert midir? Yumuşak ve sert metallere birer örnek verin.

Etkinlik No	3.3
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Elastik ve Plastik Deformasyon
Önerilen Süre	10 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler temel malzeme gruplarında elastik ve plastik deformasyonu öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Anlatım Soru-Yanıt
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Elastik ve Plastik Deformasyon

Önceki kısımlardan bildiğiniz gibi, malzemeler üç temel gruba ayrılır. Bunlar; metal, polimer ve seramik olarak sıralanabilir. Evrende bulunan her nesne bu üç ana grubun birleşiminden oluşur. Bu gruplandırmaya dördüncü sınıfı olarak kompozit malzemeleri de ekleyebiliriz. Kompozit malzemeler genel itibariyle diğer temel malzeme gruplarının belirli oran ve şekillerde birleştirilmesinden oluşur.



Temel malzeme sınıflarının mekanik özelliklerini, bu sınıflardan kimi örneklere elimizle dokunarak inceledik. Bu malzemeleri incelerken yaptığımız gözlemlerden yola çıkarak yeni beyin fırtınaları yapabilir ve malzeme türlerinin mekanik doğasını daha iyi anlayabiliriz.

Seramik malzemeler genelde basma dayancı ve sertliği yüksek malzemelerdir. Ancak bu denli sağlam olmaları, onların deforme edilebilirliğini ve şekil verilmesini zorlaştırır. Bu tip malzemeler mekanik bir etki altında silgi gibi eğilip bükülmek yerine, çok daha yüksek basınçlarda dahi şekillerini koruyabilirler. Bu malzemelere bir diğer örnek olarak evlerimizin yapıldığı betonu verebiliriz. Beton çok sağlam olduğundan inşaatların vazgeçilmezidir ancak bir kere dökülüp kuruduktan sonra eğip bükerek ve kırmadan şeklini değiştirmek imkansızdır. Beton, yüksek basınç altında uzun süre şeklini koruyacak olsa da basınç belirli bir eşik

noktasına ulaştığında aniden kırılır. Dolayısıyla malzemeler için sert olmanın dezavantajı o malzemenin kırılabilirliğidir. Bu tip malzemelere gevrek malzemeler denir. Genelde malzemelerin kullanıma süreleri boyunca gevrek bir davranış sergileyerek kırılmaları istenmez çünkü gevrekleşen malzemelerin ne zaman kırılıp kullanılamaz hale geleceğini kestirmek çok güçtür. O yüzden malzeme seçimi yaparken o malzemenin istenen özelliklerini kaybedeceği limitleri iyi belirlenmeli ve bu limitlere uygun özellikleri olan malzemeler seçilmelidir.

Avrupa'yı Asya'ya bağlayan bir köprü inşaatında çalıştığınızı düşünün. Bu köprünün ayaklarında kullanılacak malzemeleri sizin seçmeniz bekleniyor. Kullandığınız malzeme, kullanım ömrü boyunca gevrekleşecek olursa veya zaten gevrek olan bir malzeme taşıyabileceğinden daha fazla yüke maruz kalıp gevrek bir şekilde kırılırsa o an üzerinden yüzlerce aracın geçtiği köprünün ayakları parçalanabilir ve bu hata ciddi zararlara neden olabilir. Bu nedenle, farklı sektörlerde hemen her ürünün tasarımı yapılırken bu konulara dikkat edilir. Ancak dersin başında da bahsettiğimiz gibi, malzemenin sahip olduğu mekanik özellikler uygulama alanlarına göre iyi veya kötü olabilir. Sizce gevrek özellik gösteren ve kolay kırılan bir malzeme de farklı bir alanda işe yarayabilir mi? Bu mekanik özelliklere sahip bir malzeme hangi uygulama alanları için uygundur? Öğrencilerle farklı uygulama alanları ve ürünleri tartışarak bunlara yaratıcı cevaplar arayın.

Mekanik özellik bakımından bir metal kaşığın da en az vazo kadar sağlam olduğunu düşünebiliriz çünkü her ikisini de elimizle deforme etmemiz ya da şekillerini değiştirmemiz çok zordur. Ancak genelde metaller seramiklere kıyasla daha az dayanca sahip malzemelerdir. Metallerin çok büyük bir kısmı seramikler kadar sert değildir. Ancak elimizle bükemeyeceğimiz kadar da dayanıklıdır. Sert malzemelerin kırılabilir olduğunu hatırladınız mı? Metallerin bu optimum davranışı onları hem pek çok uygulama için yeterince güçlü ve sert yapar hem de pek çok uygulamaya uygun şekilde şekillendirilmelerine ve forma sokulmalarına olanak sağlar. Örneğin elinizde incelediğiniz bu metal çorba kaşığı, endüstriyel makineler yardımıyla üretim sırasında kolayca bükülebilir ve bu hale getirilebilir. Bununla birlikte malzemeler de bu bükme ve deformasyon altında giderek sertleşip kırılabilir ve sünükliklerini kaybedebilir. Bu aşamada malzemenin sertleşmesi bir avantaj olabileceği gibi aynı zamanda kırılabilirliği de bir dezavantaj olabilir. Ancak bu konunun detaylarına şu an girmeyeceğiz ve bu konuya ileride tekrar döneceğiz.

Seramik malzemelerin mekanik olarak dayanıklı ancak kırılabilir olduğundan bahsetmiştik. Metaller ise seramikler kadar olmasa da oldukça dayanıklı demıştik. Aralarındaki bu dayanç farkı, seramiklerin aksine metallerin uygun koşullarda kırılmadan bir miktar sünmesini sağlar. Yine aynı şekilde metaller seramiklere kıyasla daha tok malzemelerdir. Yani ani darbe ve düzenli uygulanan basınçlarda genelde daha yüksek miktarlarda enerji absorbe edebilir ve bu durumları tolere edebilirler.

Eğitmene Not

Öğrencilere seramik ve metal malzemelerin birleşimi sonucu ne gibi avantajlar elde edilebileceğini sorun. Sizce bu malzemelerin beraber kullanılması ile üretilecek kompozit bir malzeme ne gibi avantajlara sahip olur? Güncel kullanım alanları neler olabilir? Öğrencilerle tartışın.

Kompozit malzemelerden bahsetmiştik. Bu malzemeler, temel olarak bazı farklı sınıftan malzemelerin farklı şekil ve oranlarda karıştırılmasıyla meydana gelirler. Bu karışım nano ve mikro ölçekte olabileceği gibi makro ölçeklerde de olabilir. Bir bina inşaatını gözlemlemişseniz inşaat alanındaki uzun metal çubukları ve binaya çimento döken büyük makinaları görmüşsünüzdür. Aslında içinde bulunduğumuz binalar da bu metal çubukların ve betonlaşan çimentonun belirli şekil ve oranlarda karıştırılmasıyla meydana geliyor. Böylece oluşan yapıda metallerin ve seramiklerin avantajlı özellikleri bir arada kullanılmış oluyor. Dolayısıyla binalarımız deprem, fırtına gibi doğal afetler karşısında hemen şeklini kaybedip çökmüyor. Hatta belirli seviyedeki yükler altında elastik biçimde deforme olarak kırılmak yerine tekrar eski haline gelebiliyor. Belirli bir yüke kadar, şekli bozulsa dahi cam gibi kırılıp dağılmıyor. Ancak tabii ki bunun da bir sınırı var. Çok ağır yüklerin, çok sarsıcı depremlerin bir sonucu olarak bina malzemesi tüm bu sınırları aşarak içerisindeki metallerin eğilip bükülerek kopması ve betonun da paramparça hale gelip kırılması ile özelliğini kaybedebiliyor. Bu özellik kayıpları sonucunda da bina çöküyor. Malzemenin etkisini ve önemini bu alanda da görüyoruz. Ancak bu senaryo kulağa korkunç gelse de bilimsel temelleri sağlam mühendislik uygulamalarında neredeyse hiçbir zaman gerçekleşmez. Deprem kuşağında olan ülkemizde, öğrenmekte olduğumuz malzeme biliminden de yola çıkarak, uluslararası normlara uygun malzemeler kullanıp kalite standartlarına uygun inşaat süreçlerini yöneterek en tehlikeli depremlere dahi dayanabilecek binalar yapmamız mümkün.

Az önceki etkinlikte incelediğimiz bir diğer malzeme ise bir silgiydi. Hepinizin fark edeceği gibi, diğer malzemelere kıyasla çok daha kolay eğilip bükülebilen bu malzeme, polimer sınıfına bir örnek olarak gösterilebilir. Silgiyi biraz sert tuttuğunuzda dahi şeklinin değiştiğini, deforme olduğunu göreceksiniz. Hatta silgiyi eğip büküp bıraktığınızda eski haline gelecektir. Bu deformasyona elastik deformasyon denir. Malzemeyi elastik olarak deforme ederseniz, yük ortadan kalktığında malzeme tamamen eski haline dönecektir. Silgiyi biraz daha bükerseniz artık formunun geri dönüşüme bir şekilde bozulduğunu ve hatta bir süre sonra silginin ikiye ayrıldığını göreceksiniz. Bu deformasyon tipine ise plastik deformasyon denir ve artan gerilim (stres) sonucu artan gerilim (malzemenin belli bir yük altında belli bir eksenindeki uzama kısalma miktarı, şekil değişiminin bir ölçütü olarak ifade edilebilir) ile ortaya çıkar.

Polimerler, esnek olmalarının yanı sıra elastik ve plastik deformasyona uğrayarak kopan malzemeler olarak bilinmelerine karşın, neredeyse hiç plastik deformasyona uğramadan gevrek bir şekilde kırılan polimerler de mevcuttur. Pleksicam bu polimerlere bir örnek olarak verilebilir. Bu tip polimerler gevrek kırıldıkları için sert olmaları beklenir. Sünek kopan silgi gibi polimerlerle karşılaştırıldıklarında daha serttirler. Ancak iç yapısındaki bağların özellikleri nedeniyle metal ve seramikler kadar sert değildir.

Polimer malzemeleri anlatırken, elastik ve plastik deformasyon türlerinin karakteristik özelliklerinden bahsettik. Malzemeler mekanik etkiler altında önce elastik sonra ise plastik deformasyona uğrarlar. Malzemenin elastik deformasyona uğrayabilme limitini aşır plastik deformasyona uğramaya başladığı noktaya o malzemenin akma dayancı denir. Malzeme bu sınırı aştıktan sonra da bir süre monoton bir şekilde deforme olmaya devam eder. Ancak bu kez deformasyon kalıcıdır. Yani malzemenin şekli kalıcı olarak bozulsa da bu bozulmanın ne şekilde, ne yönde ve ne kadar olacağı tahmin edilebilir. Malzemenin bu mekanik davranışı çekme dayancı noktasına kadar devam eder. Bu noktayı aşan malzeme artık monoton olarak deforme olmayı bırakır ve içyapısal olarak en zayıf yerinden hızlıca sünmeye başlar. Belirli bir noktadan sonra ise malzeme artık iş göremez hale gelir ve ani kırılma ile şekilsel bütünlüğünü kaybederek kullanım ömrünü tamamlar. Diğer malzemeler de aynı polimerler gibi bu süreçlerden geçse de her malzemenin elastik ve plastik olarak deforme edilebilirliği farklıdır. Mesela seramikler neredeyse hiç plastik deformasyona uğramadıkları için, aniden kırılır. Metaller ise polimerler kadar olmasa da çoğunlukla elastik olarak deforme edilebilirler.

Arabayla bir çukurdan hızlıca geçtiğinizi düşünün. Metal jantınız elastik olarak deforme olmasaydı ve çarpmanın enerjisini elastik sınırlar içerisinde absorbe edemeseydi tekerleğinizin şekli kalıcı olarak bozulur ve aracınız yolda kalırdı. Dolayısıyla metaller de polimerler kadar olmasa da esnek bir yapıya sahiptir. Ayrıca malzemeler şeklini kalıcı olarak kaybediyor olsalar da iş göremez hale gelene kadar basınçla aktarılan enerjiyi bir miktar absorbe edebilir ve kullanılmaya devam edilebilirler. Malzemenin iş göremez hale gelene kadar absorbe ettiği bu toplam enerji miktarına malzemenin mühendislik tokluğu denir. Yine bir başka ifade olan kırılma tokluğu ise malzemenin çatlaklara karşı iş göremez hale gelene kadar absorbe ettiği toplam enerjinin bir göstergesidir.

Etkinlik No	3.4
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Mekanik özellikler nasıl ölçülür?
Önerilen Süre	1 ders saati
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler çekme testi ve gerilim – gerinim grafiklerini irdelemeyi öğrenirler .
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	Lastik bant ve lastik saç tokası Plastik poşet Makas Çivi Cetvel 500 ml ve 1000 ml'lik plastik su şişeleri

İŞLENİŞ:

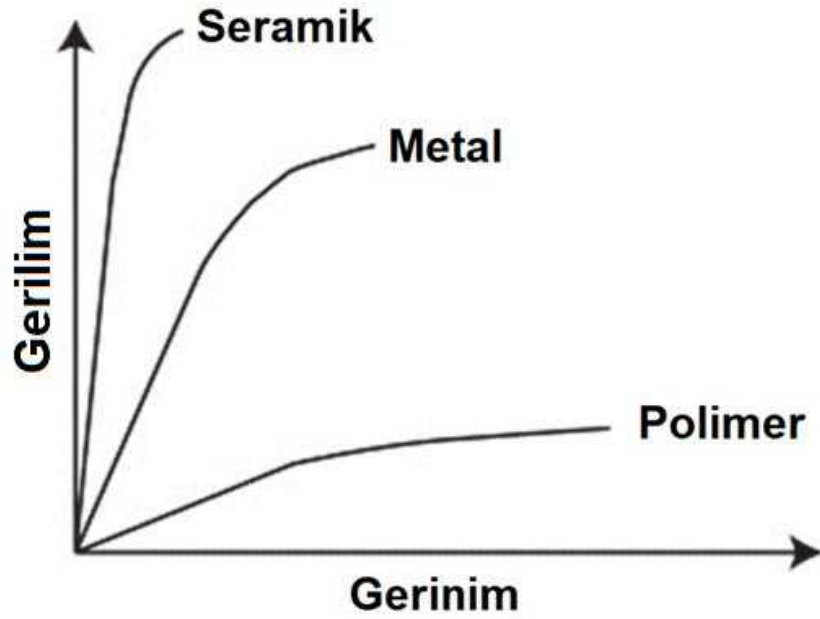
Mekanik özellikler nasıl ölçülür?

Eğitmene Not

Bu aşamada öğrencilere kitap ile birlikte gelen deney videoları arasından çekme testi deneyini izletin. Deney videosunu önce baştan sona tek seferde, ardından ara aşamalarda durdurup tartışarak izlemenizi tavsiye ederiz.

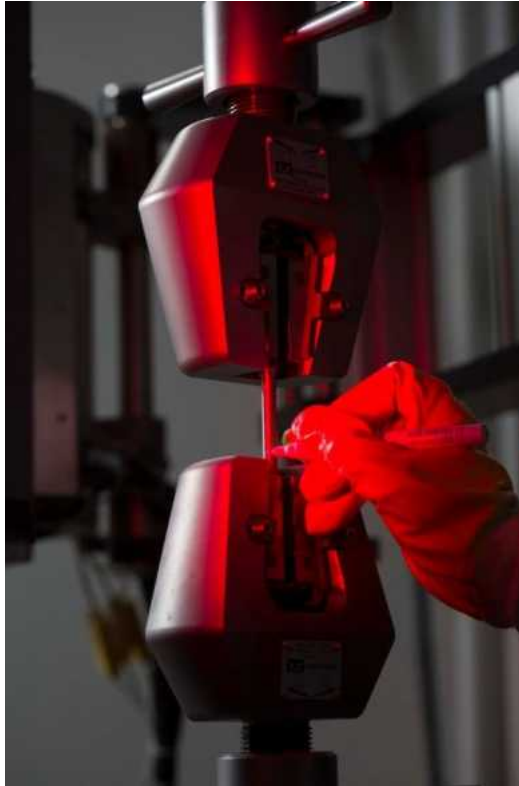
Malzemelerin mekanik etkiler altındaki bu davranışlarını ölçmede pek çok yöntem olsa da en çok kullanılan yöntemlerden birisi çekme testleridir. Bu yöntem ile malzemeler standart bir forma getirilip tek eksenle çekilerek malzemenin geriniminin nasıl değiştiği ve gerilim altında nasıl davrandığı bulunabilir. Bu testin sonuçlarını gerilim – gerinim grafikleri ile ifade edebiliriz. Metal, seramik ve polimer malzemelere ait örnek test sonuçlarını aşağıdaki şekilde görebilirsiniz.

Dersin başından beri yaptığımız tüm çıkarımları sadece bu grafiğe bakarak da yapabiliriz. Sol alt köşeyi testin başladığı 0 noktası olarak kabul edip eğrilerin bittiği noktaları ise malzemelerin artık iş göremez hale geldiği noktalar olarak değerlendirebiliriz.



Malzemelerin gerilim – gerinim eğrileri

Endüstride kullanılan bir çekme testi makinesinin numune konulan kısmını aşağıdaki şekilde görebilirsiniz. Kısaç şeklindeki iki kolun ortasında kalan ince uzun silindir şeklindeki nesne, test edilen malzememizdir. Testin evrenselliği açısından bu teste tabi tutulacak malzemeler çeşitli standartlara uygun olacak formlarda hazırlanır ve böylelikle test sonuçları kıyaslanabilir olur.



Çekme testi düzeneği

Malzemelerin Mekanik Özelliklerinin Çekme Testi ile İncelenmesi



Bu deneyimizde farklı tip malzemelerin çekme testinde nasıl davrandığını inceleyeceğiz. Çekme testi cihazının endüstriyel bir düzenek olması sebebiyle bu deneyi atölyemizde yapmayacağız. Onun yerine deney videosunu izlerken sonuçlarını beraber yorumlayacağız.



Teste başlamadan önce tüm güvenlik önlemlerimizi alıyoruz. Test anında kırılan parçaların sıçrama riski olduğundan ötürü laboratuvar gözlüğümüzü takıyoruz. Yine aynı şekilde laboratuvar önlüğümüzü ve eldivenlerimizi de deney güvenliği açısından takıyoruz. Güvenlik önlemlerimizi aldıktan sonra deneyimize başlayabiliriz.



Bu deney kapsamında iki tip polimer malzeme ve bir metal malzeme çekeceğiz. Seramik malzemelerin çekme testinin yapılması seramiklerin kırılma doğaları gereği zor olduğundan, gevrek kırılmayı göstermesi için gevrek davranan bir polimer malzemeyi çekeceğiz. Fotoğrafta soldan sağa doğru sırasıyla gevrek polimer, sünek metal (alüminyum) ve sünek polimer malzemeleri görebilirsiniz.



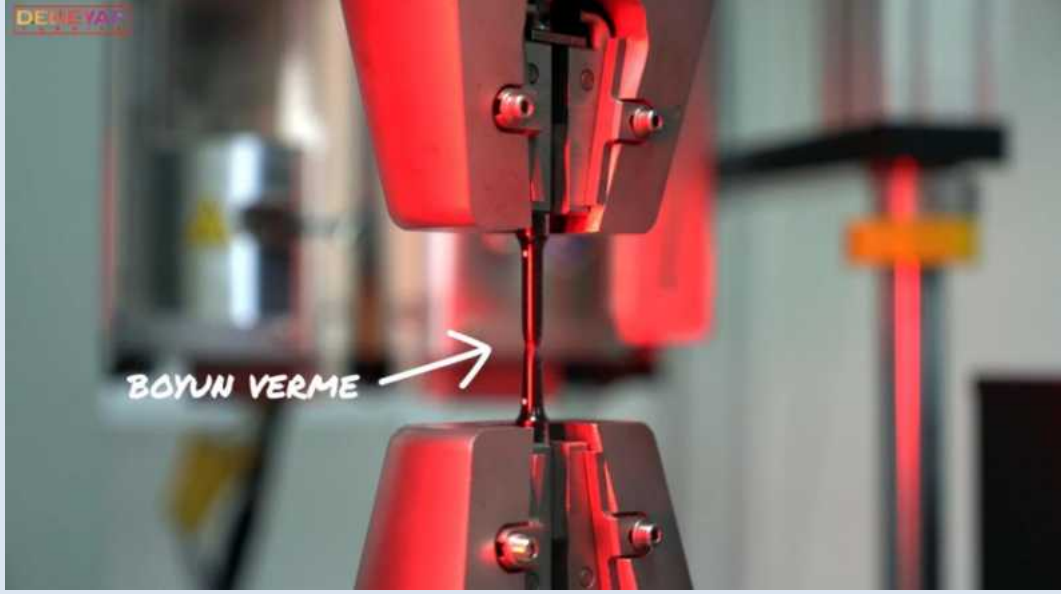
Test sonuçlarının kıyaslanabilirliğini sağlamak için, test edilecek her malzemenin belirli standartlara uygun olarak hazırlandığından bahsetmiştik. Çekme testi makinesine bu numuneleri koyabilmemiz için, makinemizde her standart geometriye uygun ayrı kısıkaçlar bulunuyor. Bu deneyimize uygun kısıkaçları çekme testi cihazına takarak deneyimize başlıyoruz.



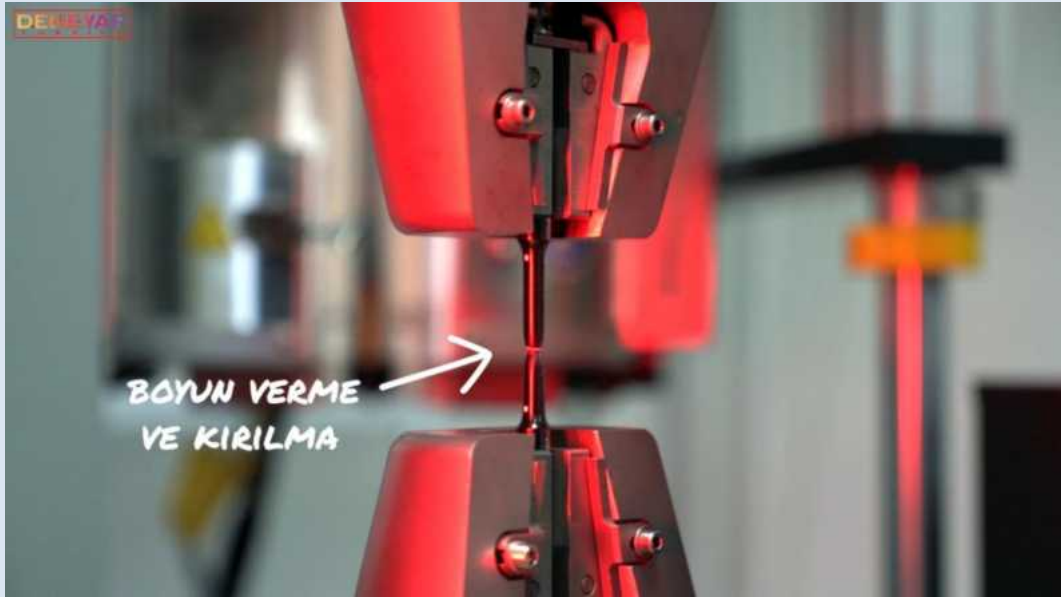
Deneyimize ilk olarak metal numuneyi çekerek başlayacağız. Metal numunenin orta bölgesinin bu aşamada siyaha boyandığını fark ettiniz mi? Dikkatli bakacak olursanız metal numunenin orta kısmında iki uca doğru birer tane olmak üzere iki tane de beyaz nokta olduğunu görebilirsiniz. Bu işlemin diğer tip malzemeler için de aynen uygulandığını göreceksiniz. Numuneye uygulanan bu işlemin asıl sebebi, malzemede bir kontrast yaratarak ekstansometrenin numunedeki uzamayı ölçebilmesini sağlamaktır. Uzama kapasitesinin ölçümü sayesinde test sonucunda aşına olduğumuz gerilim – gerinim grafiklerini oluşturabileceğiz. Numune konulan alanda gördüğünüz kırmızı ışığın kaynağı ise bu ekstansometre denilen uzama miktarını ölçen alettir.



Metal numunemizin cihaza yerleştirilmesinin ardından ilk çekme testimize başlayabiliriz.



Test sırasında belirli bir uzama miktarından sonra numunenin orta bölgesinde bir daralma meydana gelecektir. Bu daralmanın tam olarak meydana gelebileceği nokta değişiklik gösterebilmekle birlikte elimizdeki test numunesinin en zayıf yerinde oluşacaktır. Bu oluşan darboğaza “boyun” denir ve gerilim – gerinim eğrisinin tepe noktasında oluşmaya başlar. Bu nokta malzemenin eş dağılımlı deformasyona uğradığı son nokta olup bu noktaya karşılık gelen gerilim değeri malzemenin çekme dayanımını ifade eder. Bu noktadan sonra malzeme düzensiz deformasyon gösterir. Yani oluşan stres malzemeye her noktada eşit etki etmez ve bu sebeple malzemenin de geometrisi düzensiz değişmeye başlar. Bu noktadan sonra malzemenin taşıyabileceği stres giderek azalır. En sonunda ise kaçınılmaz olarak kırılma gerçekleşir



Malzemelerin kırılma yüzeylerini inceleyerek de o malzeme hakkında pek çok farklı yorumda bulunabiliriz. Bu malzememiz alüminyum olduğu için, tipik bir sünek metal kırılma davranışına ve yüzeyine sahiptir.



Metal numunemizin ardından sıra gevrek davranan polimer numuneyi çekmeye geldi. Yine metal numunede olduğu gibi, çekme testini gerçekleştireceğimiz malzemenin siyaha boyanıp uygun bölgelerine beyaz noktalar konulduğunu fark edebilirsiniz. Gevrek polimer numunemizi cihaza yerleştirdikten sonra gerekli kontrollerimizi yapıyoruz.



Yukarıdaki fotoğrafta ekstansometreyi daha iyi görebilirsiniz. Ekstansometrenin numune üzerindeki noktaları doğru ölçtüğünden emin olduktan sonra çekme işlemine başlayabiliriz.



Bu polimer tipi gevrek davrandığı için, herhangi bir sünme ya da gözle görülür bir esneme davranışı beklemiyoruz. Bu tip malzemelerin elastik deformasyon altında çok düşük gerinim değerleri vermesini bekleriz. Elastik deformasyonun bitip plastik deformasyonun başladığı stres değerine bir malzemenin akma dayancı denir. Akma dayancından sonra bu tip malzemelerde neredeyse hiç plastik deformasyon gerçekleşmez ve çok kısa bir süre sonra numune kırılarak deney son bulur.



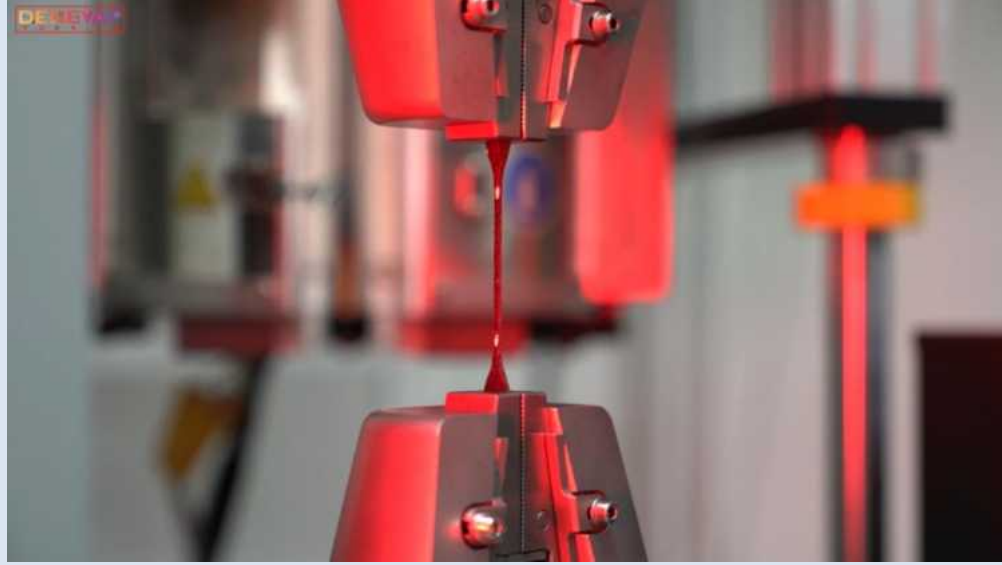
Gevrek davranan malzemelerde kırılma anına kadar çok az miktarda uzama gerçekleşir ve bu uzamanın tamamı neredeyse elastik deformasyon altında olduğu için dışarıdan uygulanan kuvvet sıfırlandığında bu uzamanın çok büyük bir kısmı da geri kazanılır ve malzeme eski haline geri döner. Ayrıca fotoğraftan da görülebileceği gibi, gevrek kırılan malzemelerin kırılma yüzeyleri sünek kırılan malzemelere kıyasla çok daha keskin ve düz bir morfolojiye sahiptir.



Alüminyum ve gevrek polimer numunelerin ardından, sıra sünek davranan polimer numunenin çekme testine geldi. Numunemizi cihaza yerleştirdikten sonra teste başlıyoruz.



Metaller genel olarak sünek ve rahat işlenebilir olsa da sünek davranan polimerler metallere kıyasla bariz bir şekilde daha fazla süner. Çok yüksek miktarda uzamalara ve gerinim değerlerine dahi bütünlüklerini bozmadan dayanabilir. Ancak uygulanan deformasyon bir süre sonra elastikten plastiğe döner ve çok yüksek miktarda sünen polimer numunenin şekli bir süre sonra kalıcı olarak bozulmaya başlar.



Örnek olarak 10 birim uzunluğundaki sünek bir polimer çekme testinde iş göremez hale geldiği noktada 30 birim uzunluğunda dahi olabilir. Numune yırtılmadan hemen önce testi durdurup numuneyi çıkartacak olursak numunenin uzunluğunu 25 birim olarak ölçebiliriz. Bu örnekte uygulanan kuvvet geri çekildiğinde ortadan kaybolan 5 birimlik sünme farkı elastik deformasyon nedeniyle oluştuğu için geri kazanılmıştır. Elastik deformasyon sonucu oluşan bu geri döndürülebilir uzama miktarını silgilerde de görebiliriz. Silginizi eğip bükerek belirli bir noktaya kadar deforme edip geri bıraktığınızda silgi eski haline dönecektir. Ancak silgiyi daha güçlü eğip bükerseniz şekli kalıcı olarak değişebilir ve hatta kopabilir. Örneğimizde, test başında ölçülen numune uzunluğu ile test sonunda ölçülen uzunluk arasındaki 15 birimlik boy farkının kaynağı plastik deformasyon ile açıklanabilir. Bu uzama miktarı, geri dönüşü olmayan plastik deformasyon sonucunda meydana gelmiş gerininin bir ölçütüdür.



Deneyimizin bu aşamasında her ne kadar çok sünek bir polimer numuneyi çekmiş olsak da bu numune de bir süre sonra taşıyabileceği maksimum yükü aşıp yırtılarak kopacaktır.



Deney başında ve deney sonundaki malzemelerin boy farklarını ölçerek de deney sırasındaki uzama miktarlarını bulabilir ve bu malzemelerin sünekliği / gevrekliği hakkında yorum yapabiliriz. Yukarıda da anlatıldığı gibi, gevrek polimerde neredeyse hiçbir kalıcı uzama görülmezken metal numunenin bariz bir şekilde sündüğü gözlemlenebilir. Ancak oransal uzama miktarlarına bakacak olursak ilk haline göre en çok sünen malzemenin sünek polimer olduğu görülecektir. Dolayısıyla malzemenin uzama miktarından ziyade ilk hallerine kıyasla oransal uzamalarını değerlendirmek, o malzemelerin mekanik özelliklerini yorumlarken daha doğru bir yaklaşım ortaya koyacaktır. Bu amaçla deney sonucunda elde edilen uzama miktarları gerinim cinsinden ifade edilip standartlaştırılır.

Aşağıda açıklaması verilen sınıf içi etkinlikte, çekme testini lastik bant ve plastik poşet kullanarak yapabilirsiniz.

Kullanılacak malzemeler

- Lastik bant ve lastik saç tokası
- Plastik poşet
- Makas
- Çivi
- Cetvel
- 500 ml ve 1000 ml'lik plastik su şişeleri

Lastik bant ile plastik alışveriş poşetine ait gerilim ve gerinim davranışlarını aşağıdaki deneyle gözlemleyebiliriz.

Deneyin Uygulanışı

1. Duvara çakacağımız bir çiviye lastik bantı geçirerek aşağıya doğru serbest sarkmasını sağlayalım.
2. Lastik bantın aşağıya doğru sarkmış kısmından başlayarak bir cetvel yerleştirelim. Bu cetvel ile lastik banta yük uyguladığımızda ne kadar süneceğini ölçebiliriz.
3. 500 ml ve 1000 ml'lik plastik şişeleri kullanarak sırasıyla 250 ml (yarım 500 ml'lik şişe), 500 ml (tam 500 ml şişe), 750 ml şişe (3 yarım 250 ml şişe) ve 1000 ml'lik su dolu şişeleri lastik banta bağlayarak bantın ne kadar uzadığını yazalım. Şişeleri lastik banta bükülmüş bir ataş yardımıyla takabilirsiniz.
4. Su dolu şişelerdeki hacimleri suyun yoğunluğunu 1gr/ml olarak kabul ederek kuvvete çevirelim.
5. Lastik bant için uygulana kuvvete karşılık gelen uzama miktarını çizelim.
6. Plastik alışveriş poşetinden lastik bantla benzer uzunlukta yaklaşık 1 cm eninde dikdörtgen şekil keselim.
7. Benzer deneyleri poşetten aldığımız parça için tekrarlayalım.



<https://c21.phas.ubc.ca/article/stretching-rubber-bands/>

Öğrencilerle beyin fırtınası yaparak aşağıdaki maddeleri birlikte tartışabilirsiniz.

- 1. Lastik bant ve plastik poşet üzerindeki plastik deformasyonu öğrencilerle tartışalım.**
- 2. Lastik bant için çizdiğiniz grafiğin eğimi size hangi özelliği verir? Bu eğimin fazla ya da az olması ile malzemenin deformasyon kabiliyeti nasıl değişir?**
- 3. Hooke yasası nedir?**

Etkinlik No	3.5
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Malzemeleri Güçlendirmek
Önerilen Süre	30 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler malzemelerdeki temel deformasyon mekanizmasını ve güçlendirmek üzere uygulana yöntemleri öğrenirler .
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	Kova Mısır nişastası Su Eldiven

İŞLENİŞ:

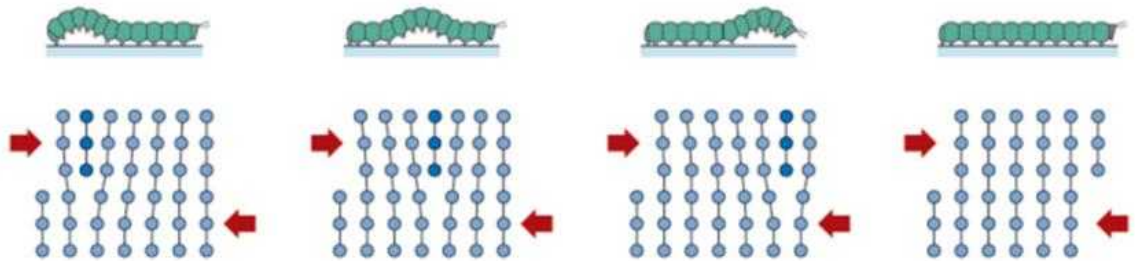
Malzemeleri Güçlendirmek

Mühendislikte kullandığımız birçok malzemenin güçlü olmasını, yüksek yüklere dayanabilmesini ve kırılmamasını isteriz. Bunu sağlamak için; malzeme mühendisliği daha güçlü, mukavemeti yüksek malzemeler geliştirmeye çalışır. Öğrencilerle mukavemeti arttırmak için yapılan çalışmalara örnekleri vermeden önce, malzemelerin nasıl deforme olduklarını açıklamak önemli olacaktır.

Bilim insanları uzun bir süre malzemelerin neden hesaplanan değerlerin çok daha altında deforme olduklarını ve kırıldıklarını araştırmışlardır. Atomlar arası bağ enerjilerine dayalı yapılan teorik hesaplar, deneysel sonuçlara göre çok daha yüksek mukavemet değerleri vermekteydi. Yapılan elektron mikroskobu ve mekanik testler sonucunda kristal malzemelerin içerisindeki atom dizilimlerinin aslında düşünüldüğü kadar kusursuz olmadığı ve birçok atom dizilimi hatası içerdiği tespit edilmiştir. Bu hatalardan en önemlilerden biri dislokasyon adı verilen çizgisel kusurlardır. Bu kusurlar malzeme içinde hareket ederler ve bu da deformasyonun meydana gelmesini sağlar. Bir dislokasyonun hareketini anlamak, neden deformasyonun çok daha düşük strese meydana geldiğini anlamanın da anahtarıdır. Dislokasyon hareketi bir tırtılın hareketine benzer. Tırtıl, tüm vücudunu aynı anda hareket ettirmek için büyük bir kuvvet uygulamak zorunda kalacaktır. Bunun yerine vücudunun arka kısmını az miktarda ileriye doğru hareket ettirir ve bir kambur oluşturur. Kambur daha sonra ileriye doğru hareket eder ve sonunda tüm vücudu küçük bir miktar ileri doğru hareket ettirir. Buna benzer uygulanan yük altında dislokasyon çevresindeki atomlar bağlarını kırar ve bir sonraki atom serisi ile tekrar bağlanırsa dislokasyon yer değiştirir ve hareket etmeye başlar.

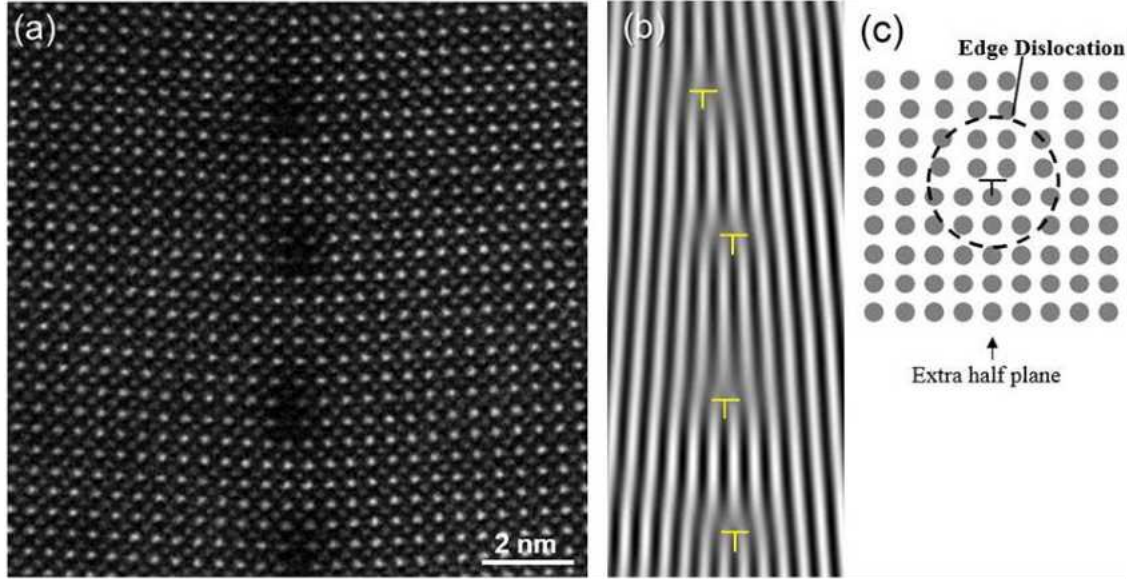


Aşağıdaki şematik figürde de gösterildiği gibi, tırtılın hareketine benzer olarak uygulanan yük altında dislokasyon çevresindeki atomlar bağlarını kırar ve bir sonraki atom serisi ile tekrar bağlanırsa dislokasyon yer değiştirir ve hareket etmeye başlar. Bunun birçok dislokasyon tarafından yapılması ile malzeme deforme olmuş olur. Dislokasyonları gözünüzde canlandırmanın bir diğer yolu da abaküs setini düşünmektir. Abaküsün tamamını mikroyapıdaki bir tane ve üzerindeki her bir boncuğu da bir atom olarak düşünebilirsiniz. Tüm boncukları bir tarafa yaslayıp düzenli şekilde koyduğunuzda hatasız bir kristal elde edersiniz. Ancak bir sıra boncuğu, bulunduğu düzlemde kaydıracak olursanız atomların 3 boyutlu uzayda oturduğu yerler de çizgisel olarak kaymış olur. Bu kaymış boncuk dizisini dislokasyon olarak düşünebilirsiniz.



<https://www.tiiips.com/m/tiiips/home?action=listReviews&reviewID=12434&oID=25778>

Aşağıdaki fotoğrafta elektron mikroskobu ile çekilmiş gerçek dislokasyonları görüyoruz.



https://www.jeol.co.jp/en/words/emterms/search_result.html?keyword=dislocation

Eğitmene Not

Aşağıda verilen videoları öğrencilerle izleyerek malzeme içerisinde dislokasyonların nasıl hareket ettiğini inceleyebilirsiniz.

https://www.youtube.com/watch?v=EXbiEopDJ_g

<https://www.youtube.com/watch?v=my3mEg6VV0g>

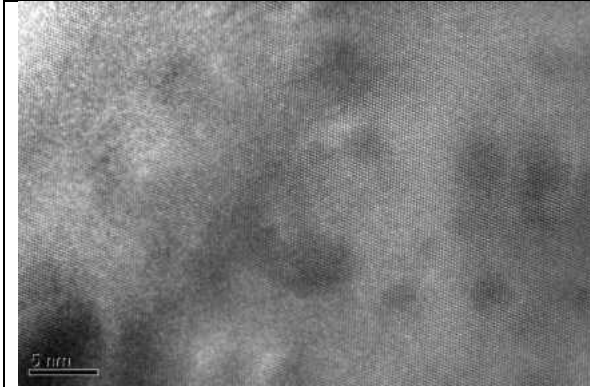
Malzemelerin kristal yapıları içerisinde yer alan dislokasyonların hareketini engelleyen mekanizmalar, malzemeyi deforme etmek için gereken enerjiyi arttıracak için mukavemeti arttıracaktır. Burada dikkat edilmesi gereken noktalardan bir tanesi dislokasyon hareketlerini durdurmanın mukavemeti arttırması ile beraber kırılganlığa da yol açabileceğidir. Eğer dislokasyonlar hareket edemezlerse malzemeler istenilmeyen şekilde ani olarak kırılabilirler. Bu bağlamda mühendisler en uygun mekanizmaları bularak hem mukavemeti artırıp hem de istenilen oranda deformasyon olmasını sağlarlar. Aşağıda, dislokasyon hareketini engelleyerek malzemeleri güçlendirmekte kullanılan yaşlandırma yöntemi anlatılmaktadır.

Yaşlandırılan Alüminyum Alaşımları

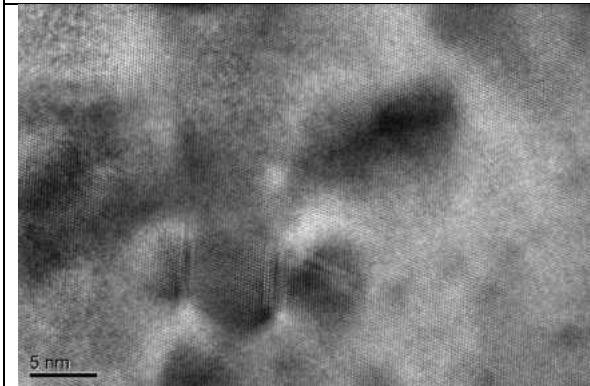


Önceki kısımlarda, mutfakta kullandığımız alüminyum folyonun güçlendirilerek uçaklarda kullanılabildiğini konuşmuştuk. Bunu sağlayan mekanizma yaşlandırma olarak bilinmektedir. Bunu sağlamak için, sıvı alüminyum içerisinde bakır çözülür. Bu bir bakıma, sıcak suyun içerisinde oda sıcaklığında çözünebilen şeker miktarından çok daha fazlasını çözmeye benzer. İçerisinde bakır çözündürülmüş alüminyum, oda sıcaklığında bakırı hâlâ tutabilmesi için hızlıca soğutulur ve katılaştırılır. Bu durumda oda sıcaklığında bakır çözünmüş alüminyum elde edilir. Daha sonra 200-300 °C sıcaklıklara çıkıp bakırın alüminyum içerisinde çıkarak nano boyutlarda bileşikler yapması sağlanır. Bu da bir bakıma şekerin suyun içerisinde çıkarak kristal katı şeklinde dibe çökmesine benzetilebilir. Alüminyum içerisinde nano boyutlarda bakırla oluşan bileşikler çubuk şeklindedirler. Bu çubuk yapılar dislokasyon hareketini engleyerek çok güçlü alüminyum alaşımlarının oluşmasını sağlar. Bu şekilde hafif ve güçlü metal alaşımlar elde edilir.

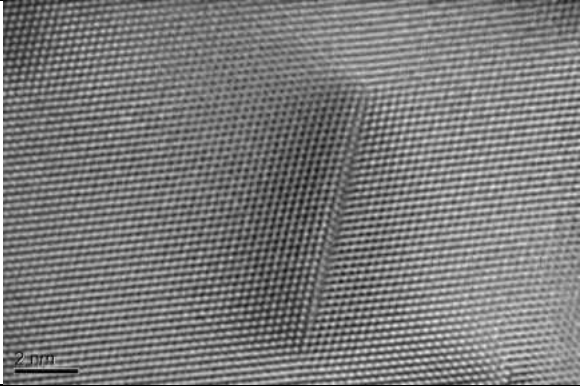
ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliğinde bu alanda yapılan bir çalışma aşağıda sunulmuştur. Bu fotoğraflar alüminyum alaşımındaki atomları ve oluşan çubuk şeklindeki bileşikleri göstermektedir.



İçerisinde bakır çözölmüş alüminyum alaşımı.



200 °C dereceye ısıtıldıktan sonra oluşmaya başlayan nano boyutlardaki çubuk yapılar

	Dislokasyon hareketini durdurabilen nano çubuk yapılardan birini gösteren elektron mikroskobu fotoğrafı
---	---

Bu mekanizmayı öğrencilere bir A4 kâğıt ve zımba telleri kullanarak da anlatabilirsiniz. Üzerinde zımba telleri olmayan bir A4 kâğıdı kolayca yırtabilirsiniz. Ancak üzerine zımba telleri eklerseniz zımba telleri yırtığın ilerlemesini engelleyecektir. Bu zımba telleri, bakırın oluşturduğu nano boyutlardaki çubuk bileşiklere, kâğıt ise alüminyum matrise benzetilebilir.

TAİ ve TUSAŞ gibi havacılık alalında faaliyet gösteren kurumlarımızda bulunan çok büyük boyutlardaki fırınlar, bakırı alüminyumun içerisinde çözülmesinde ve ardından daha düşük sıcaklıklarda kontrollü olarak nano yapıların oluşturulmasında kullanılır.



<https://www.lightmetalage.com/suppliers/secowarwick-corp/>

Havacılıkta kullanılan alüminyum alaşımlar fırına yerleştirilirken



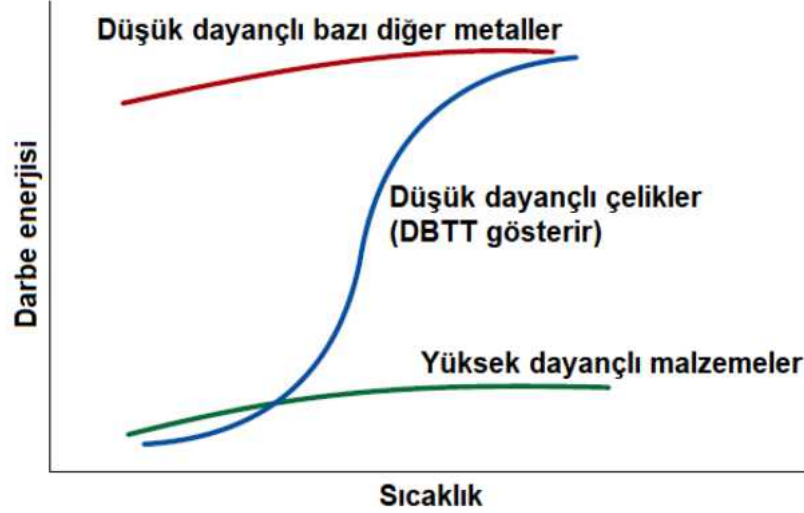
Malzemelerin Süneklikten Gevrekliğe Geçişi

Malzemeler bazı çevresel koşullar sağlandığında gevreklik ve süneklik arasında bir değişim yaşayabilirler. Bu özellik değişikliğinin nedeni, malzemenin iç yapısında ve iç yapının deformasyona olan tepkisinde meydana gelen değişikliklerdir. Birebir aynı malzeme çok ufak sıcaklık değişimlerinde dahi sünek iken gevrek, gevrek iken sünek davranabilir. Bu değişimi en iyi işaret eden, malzemeye özgü özelliklerden biri olan süneklikten gevrekliğe geçiş sıcaklığıdır. Bu sıcaklığa İngilizce bir kısaltma olan DBTT (Ductile to Brittle Transition Temperature) de denir. Malzeme tasarım çalışmalarında ve uygulamalar için malzeme seçimlerinde

dikkat edilmesi gereken önemli kriterlerden biri de bu parametredir. Bazı malzemelerin sıcaklığa bağlı olarak süneklik ve gevreklik özelliğinin değişimi aşağıdaki şekilde verilmiştir.

Eğitmene Not

Dersin başında soğuk okyanus suları ve gemiler hakkında bir tartışma gerçekleştirmiştik. Bu kapsamda öğrencilere “Özgürlük Gemileri”nden bahsedebilir ve ödev olarak bu olayın hikâyesini öğrencilerden araştırmalarını isteyebilirsiniz. Bu şekilde bir sonraki dersin başında bu konuda yaptıkları araştırmalara kısa bir vakit ayırarak bu hafta anlatılanların pekiştirilmesini sağlayabilirsiniz.



Malzemelerin süneklik - gevreklik davranışı

Özgürlük Gemileri 2. Dünya Savaşı zamanında Amerika tarafından kargo malzemesi taşıma amacıyla üretilmiştir. Ancak bu gemilerin tasarımı ve üretimi sırasında gemilerin faaliyet göstereceği iklim şartları ve deniz/okyanus suyu sıcaklıkları doğru bir şekilde göz önünde bulundurulmamıştır. Bu gemiler hizmete alındıktan kısa bir süre sonra bilinmeyen bir şekilde ortalarından ikiye ayrılarak kırılmış ve batmaya başlamışlardır. Sonradan bu vakalarının asıl sebebinin gemi üretiminde kullanılmak üzere seçilen malzemelerin oda sıcaklığında sünek davranırken gemilerin seferlerini icra ettikleri su sıcaklığı ve iklim şartlarında gevrek davranması olduğu ortaya çıkmıştır. Bu örnek de malzeme seçimi ve tasarımında süneklikten gevrekliğe geçiş sıcaklığının önemini bir kez daha ortaya koymuştur.



https://en.wikipedia.org/wiki/SS_Schenectady#/media/File:TankerSchenectady.jpg

Günümüzde malzeme seçimleri yapılırken bu parametreye özellikle dikkat edilir. Mesela sıvı azot veya LPG yakıt taşıyan tanklar, içlerinde taşınan malzemelerin sıcaklığı da göz önünde bulundurularak özel olarak tasarlanır. Örnek olarak sıvı azot $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ gibi sıcaklıklarda taşınır. Bu sıcaklık, çoğu malzemenin DBTT değerinin altındadır. Dolayısıyla sıvı azot taşıma ve depolamasında bu sıcaklıklarda hâlâ sünek özellik gösterebilen özel malzemeler seçilir.

Deney: Alternatif zırh malzemesi yapıyoruz

Şimdiki deneyimizde sadece mısır nişastası ve su kullanarak yeni ateşlenmiş bir mermiyi dahi durdurabilecek bir malzeme yapacağız. Bu iki bileşeni karıştırarak elde edeceğimiz malzemeye Newtonian olmayan sıvı deniyor. Bu tip sıvılar herhangi bir dış etkiye maruz kalmadıkları zamanlarda su gibi akışkan haldedirler. Yani viskoziteleri çok düşüktür. Ancak dışarıdan gelen bir darbe veya gerilim altında viskozitelerini hızlıca arttırarak neredeyse katı bir malzeme haline gelirler ve çok sağlam bir yapıya sahip olurlar. Bu sayede normal koşullarda ellerinizin arasından akıp giden bir sıvı olan bu malzemeyle dolu bir havuzun üzerinde batmadan yürüebilirsiniz. Ayak darbeleriniz sonucunda sıvının viskozitesi artacak ve sizi batırmak yerine üzerinde tutacaktır.

Kullanılacak malzemeler

- Kova
- Mısır nişastası
- Su
- Eldiven

Deney

- Mısır nişastası ve suyu kovanın içine dökerek karıştırın.
- Karıştırma işlemini tüm nişasta suyun içerisine eşit şekilde dağılıncaya kadar sürdürün.
- Mısır nişastası ve su oranını kovaya elinizi yavaşça soktuğunuzda, elinizi rahatlıkla hareket ettirebileceğiniz ancak kovaya yumruk attığınızda elinizin sıvının içerisine girmeyeceği bir seviyeye gelecek şekilde ayarlayın.
- Deney sırasında belirli aralıklarla karıştırma işlemini tekrarlayın.

Bu deneyde, malzemelerin farklı çevresel koşullar ve yükler altında mekanik özelliklerinin ve deformasyon davranışlarının değişebileceğini gördük. Günümüzde Newtonian olmayan malzemeler, zırh malzemeleri de olmak üzere pek çok farklı alanda kullanılmaktadır.





DÖRDÜNCÜ BÖLÜM MALZEMELERİN KİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Kimyasal Özellikler

Korozyon

Korozyondan Korunma Yöntemleri

Etkinlik No	4.1
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Kimyasal Özellikler Derse Başlamadan Önce Etkinliği
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler mühendislik uygulamalarında kullanılan malzemelerin kimyasal özelliklerini öğrenecektir. Farklı malzemelerde görünen korozyon davranışları incelenecektir.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Kimyasal Özellikler

Dersimizin üçüncü haftasında, mekanik özelliklerden sonra kimyasal özellikleri inceleyeceğiz. Malzemelerin sahip olduğu kimyasal özellikler temel olarak bu elektromanyetik etkileşimler* sayesinde oluşur. Daha önceki özellikler için de bahsettiğimiz gibi, malzemenin kimyasal özelliklerinin iyi ya da kötü olması o malzemenin kullanılacağı alana göre değişiklik göstermektedir. Örneğin kimyasal olarak çok aktif bir malzemeyi arabaları ya da binaları boyarken kullanmak istemeyiz çünkü bir süre sonra bu malzeme etrafı ile etkileşime girecek ve özelliğini yitirerek canlılığını kaybedecektir. Böyle bir durumda, boyanan yüzeyin rengi değişebilir veya boya tamamen kavlayarak sökülebilir. Ancak burada dikkat edilmesi gereken nokta, boyanın en başında uygulandığı yüzeye tutunabilecek özelliklere sahip olması gerektiğidir. Aktifliği tanımlarken, bir malzemenin hangi ortam ya da yabancı maddelere karşı aktif olduğunu belirtmek gerekir. Mesela altın ve platin soy metallerdir ve çok az kimyasal ile ancak çok uygun koşullarda etkileşime girebilirler. Asitlere, bazlara, havadaki oksijene karşı dirençlidirler. Sadece kral suyu (aqua regia) olarak da bilinen kuvvetli bir asit karışımı ile etkileşime girmektedirler.

Şu ana kadar gördüğümüz üzere, kimyasal özellikler temelini elektromanyetik kuvvetlerden alır ve sayısız farklı türde olabilir. Ancak dersin mahiyetini de düşünerek biz bu üniteye ağırlıklı olarak korozyon ve buna benzer kavramlar üzerinde duracağız. Konumuzu bu merkez etrafında detaylandıracağız. Bir malzemenin kimyasal özelliklerine ve korozyon/degradasyon davranışlarına tam olarak hâkim olabilmek için galvanik seriler, elektromotor kuvvet serileri, yarı hücreler ve polarizasyon çeşitleri gibi konulara da hâkim olmak gerekir. Ancak biz bu dersimizde konunun teknik detaylarına ve formülasyonlarına çok fazla girmeden, günlük hayattaki örneklerden yola çıkıp bu örnekleri malzeme bilimi ile açıklayarak konuya ışık tutacağız.

* Bu konuda ek bilgi notu oluşturulmuştur. Dileyen öğretmenlerimiz oradaki bilgileri kullanabilirler.

Derse başlamadan önce

Aşağıda verilen mühendislik örneklerinde malzemelerin hangi kimyasal özellikleri (yanıcılık, zehirlilik, asitlik, tepkimeye girme ve yanma ısısı vb.) nedeniyle seçildikleri veya zayıf kaldıklarını tartışınız.









Derse başlamadan aşağıdaki soruların cevaplarını öğrencilerle tartışabilirsiniz.

- **Paslanmaz çelik nedir ve nerelerde kullanılır? Paslanmaz çelikler de paslanır mı?**
- **Aklımıza ikonik yeşil rengiyle kazınan New York'taki Özgürlük Heykeli neden yeşildir? Sizce heykel bu rengini nasıl kazanmıştır?**
- **Neden sahil kentlerindeki arabaların dış boyaları Anadolu'daki arabalara kıyasla çok daha aşınmış ve yıpranmış olur?**
- **Sizce korozyonu lehimize çevirebilir miyiz? Faydalı korozyon var mıdır? Bu durumun olası örnekleri nelerdir?**
- **Korozyon ile erozyonun farkı nedir?**
- **Laboratuvarlarda asitler ve diğer kimyasallarla deney yapılırken cam gereçler (beher, erlenmayer vb.) ya da polimer kaplar kullanılmasının özel bir sebebi var mıdır?**

Etkinlik No	4.2
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Korozyon
Önerilen Süre	1 ders saati
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler korozyon ve patina kavramlarını öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	2 adet petri kabı 2 adet 2 x 2 cm bakır plaka Sirke ya da seyreltik asetik asit çözeltisi NaCl tuzu

İŞLENİŞ:

Korozyon

Temelde üç tip malzeme olduğunu öğrenmiştik. Bunlar; metaller, seramikler ve polimer malzemelerdi. Hangi tip olduğu fark etmeksizin her malzeme, bulunduğu çevre ile etkileşime girer. Bu etkileşimler sonucu da malzemelerin özellikleri değişime uğrar. Bulunduğu çevre ile malzeme arasında gerçekleşen bu etkileşimler sonucu malzemenin sadece kimyasal yapısı değişmekle kalmaz, kimyasal yapı ve özelliklerindeki değişim, dolayısıyla sünekliği ve sertliği gibi mekanik ya da iletkenliği gibi elektiksel, termal vb. özellikleri de değişime uğrar. Malzemelerin kullanım ömrünü belirleyen önemli etkenlerden biri de bu kimyasal özelliklerinin değişimidir.

Tasarım aşamasında malzemede doğal olarak zamanla oluşabilecek kimyasal değişimler dikkate alınmazsa bu malzemeler kullanım anında çeşitli kazalara neden olabilir. Dolayısıyla malzeme seçim kriterlerinden birinin de çevresel şartlardan ötürü malzemede gerçekleşebilecek bu tip olaylar olması gerekir. Bu olay, metallerde malzeme kaybına neden olur ve mekanizmasına göre korozyon ya da oksidasyon olarak tanımlanır. Eğer metalik malzemede çevresel etmenler sonucunda oluşan bu kayıp çözünme yoluyla oluyorsa bu olguya korozyon denir. Metallerdeki bu malzeme kaybı malzemenin yüzeyinde oluşan bir oksit tabakası ile de gerçekleşebilir. Eğer metallerdeki malzeme kaybı malzemenin yüzeyinde bu tip bir metal dışı kabuk oluşturuyorsa bu mekanizmaya da oksidasyon denir.



Seramik malzemeler ise diğer malzeme tiplerine kıyasla bozulmaya ve farklı çevre koşullarına karşı çok daha dayanıklıdırlar. Seramik malzemelerde bozulma genellikle ya yüksek sıcaklıklarda ya da çok zorlu ortam koşullarında gerçekleşir. Bu olgu da yine korozyon olarak adlandırılır. Seramikler yüksek sıcaklıklarda korozyona uğrayabilseler de metallerle kıyaslandıklarında yüksek sıcaklık korozyon dirençleri çok daha yüksektir. Ayrıca metallerin korozyonu genelde elektrokimyasal reaksiyonlar yoluyla olurken seramiklerin korozyonu genelde kimyasal bir çözünme yoluyla olur.



Korozyona uğramış seramik bir sürahi (<http://www.claytonbailey.com/corrosive.htm>)

Polimer malzemelerde ise bozulma süreçleri çok daha farklıdır. Bu farklılığın nedeni hem bozulmanın mekanizması hem de bozulmanın meydana getirdiği sonuçlardır. Dolayısıyla polimerlerin bozulmasını nitelendirirken diğer malzeme tiplerindeki adlandırmalardan farklı olarak degradasyon tanımı kullanılır. Bu bozulma olayı genelde fizikokimyasal bir süreçtir ve diğer malzemelerin bozulmasına kıyasla daha karmaşık bir mekanizmayla gerçekleşir. Polimerlerin bozulması radyasyon, ısı veya kimyasal dış etkilerin tipine göre çözünme, şişme, bağ kopması gibi şekillerde gerçekleşebilir.



https://www.wikiwand.com/en/Polymer_degradation

Korozyonun Maliyeti

Korozyonun malzeme kaybına sebep olabileceğinden bahsetmiştik. Korozyonun verdiği zararlar bunlarla sınırlı kalmaz ve korozyona uğrayan parçalar özelliklerini yitirerek ait oldukları sistemlere de zarar verir. Her yıl korozyon nedeniyle oluşan mali kayıp ülkelerin gayri safi yurtiçi hasıllarının yüzde 4 ile 5'ine karşılık gelmektedir¹. 2021 yılında gerçekleştirilen bir açıklamada dünyada yıllık ortalama 2,5 trilyon doların korozyon nedeniyle harcandığı belirtilmiştir². Bu durum günlük 7 milyar dolara, saatlik 285 milyon dolara, saniyelik 80 bin dolara karşılık gelmektedir. Ortaya çıkan bu maliyet; korozyondan kaynaklı zararlara, korozyondan korunma yöntemlerine ve korozyon nedeniyle bakımı yapılan/değiştirilen ürünlere harcanmaktadır.

Konunun Elektrokimyasal Karşılığı

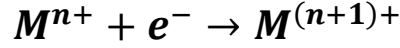
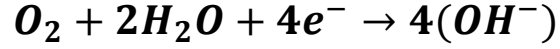
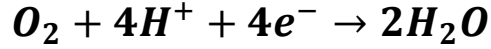
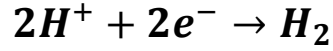
Bir malzemede korozyona neden olan temel etken o malzemenin kimyasal özelliklerinde saklıdır. Korozyonu bir malzemenin maruz kaldığı yıkıcı elektrokimyasal atak olarak da tanımlayabiliriz. Oksidasyonu ise bir malzemedeki metal atomlarının elektron vermesi ya da kaybetmesi olarak tanımlayabiliriz. Elektrokimyada bu duruma yükseltgenme de denir. Bu durumu aşağıdaki reaksiyon ile izah edebiliriz.



Metalik malzemelerde bu reaksiyonun gerçekleştiği bölgelere anot denir. Yukarıda verilen oksidasyon tepkimesine de aynı zamanda anodik reaksiyon denir. Oksidasyonun gerçekleştiği her metal atomundan elektron açığa çıkar. Açığa çıkan bu elektronlar, başka bir kimyasal türle etkileşime girecekleri bir kimyasal reaksiyona dahil olur. Bu reaksiyona ise indirgenme reaksiyonu denir ve aşağıdaki şekillerde gerçekleşebilir.

¹ H.H. Uhlig and W.R. Revie, *Corrosion and Corrosion Control: An Introduction to Corrosion Science and Engineering*, 3rd ed., John Wiley and Sons, Inc., 1985.

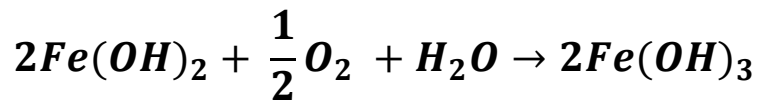
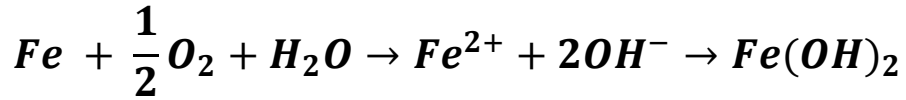
² <https://www.rcinet.ca/en/2021/04/24/corrosion-costs-the-world-an-estimated-2-5-trillion-usd/>.



Sistem içerisinde bu indirgenme reaksiyonlarının gerçekleştiği kısma ise katot denir. Bu reaksiyonların herhangi biri gerçekleşebileceği gibi iki ya da daha fazlası da aynı anda gerçekleşebilir. Hangi indirgenme reaksiyonunun gerçekleştiğinden bağımsız olarak sistem en az bir oksidasyon (yükseltgenme) ve en az bir indirgenme reaksiyonu içermelidir ve bu reaksiyonların toplamı gerçekleşen asıl tepkimeyi verir. Ayrı ayrı bu oksidasyon ve indirgenme reaksiyonları ise yarı-tepkime olarak geçer.

Demirin Paslanması

Açıkta bırakılan ve uzun süreler beklenmiş demir parçalarının daha kolay paslandığını görürüz. Demirin oksitlenmesi yavaş yanma olayına bir örnektir. Bu tepkimeyi aşağıdaki şekilde ifade edebiliriz.



Tepkimede de görebileceğiniz gibi, demirin paslanmasında su kritik bir önem oynamaktadır. İşte bu yüzden açıkta kalan demir parçalar daha çabuk paslanır çünkü paslanmaya neden olan ve maruz kalınan nem ile iyon miktarı açık çevre koşullarında daha fazladır. Peki, yüksek saflıkta bir miktar su alsak ve demir bir levhayı suyun içine atsak levhanın paslanmasını bekler miyiz? Su, büyük oranda H₂O moleküllerinden oluşmakla birlikte; içerisinde türlü mineraller, iyonlar, safsızlıkların yanı sıra farklı bakteri türlerini de içeren binlerce canlıyı da barındırır. Tüm bunların karışımı musluğumuzdan akan ya da göllerde biriken suyu oluşturur. Tabii musluğumuzdan akan su, mühendis ve bilim insanları tarafından düzenli olarak denetlenir, çeşitli arıtma işlemlerine tabi tutulur ve içerisindeki safsızlıkların insanlara zararlı olmayacak miktarlarda bulunmaları sağlanır. Hatta bu safsızlıkların bir kısmı insanlar için faydalıdır. Genel kanının aksine, saf su insanlar için toksik ve zararlıdır çünkü saf su hipotoniktir ve içerisinde neredeyse hiç iyon bulunmaz. Saf su içen bir insanda hücreler ve dış ortam arasındaki mineral ile iyon dengesinin sağlanması için, hücre içerisine çok hızlı bir su akışı görülebilir ve bu durum çok tehlikeli olan hemoliz gibi olaylara sebep olabilir.

Şimdi sorumuzu tekrar hatırlayalım. Yüksek saflıkta suya maruz kalan demir paslanır mı? Cevabımız hayır. Çünkü paslanma olayının gerçekleşmesi için indirgenme reaksiyonlarının gerçekleşmesi gerekir. Bunun için de ortamda H^+ , Mn^+ gibi iyonlar ya da çözünmüş oksijen bulunması gerekir. Yüksek saflıktaki suda bunlar bulunmadığı için paslanma gerçekleşmez. İşte bu yüzden saf su ütü, radyatör, akü gibi gereçlerde kullanılır. Çünkü bu gereçlerin çalışması için suya ihtiyaç vardır ancak suyun bu gereçlere zarar vermesini istemeyiz. Saf suyu bu gereçlerde korozyon ve oksidasyondan endişe duymadan rahatça kullanabiliriz. Ancak demirin bulunduğu her ortamda saf su bulunamayacağı için, onu yine de korozyondan korumamız gerekir. Demiri korozyondan korumanın birden çok farklı yolu vardır. En çok kullanılan yöntemlerden bazıları; yüzeye koruyucu bir boya tabakası uygulayarak demir ile dış ortamın bağlantısını kesmek, demir yüzeyini çinko ile kaplayarak galvanize etmektir. Bu ve bunun gibi koruyucu yöntemlere ileride daha detaylı değineceğiz.

Çelikler ve Paslanmaz Çelikler Üzerine

Çelik, dünyanın en güvenilen malzemelerinden biridir ve yüzlerce yıldır uygarlığımızın omurgasını oluşturmamızda en çok kullanılan malzeme olmuştur. Çelikler, mekanik özellikleri başta olmak üzere; ucuzluğu, bulunabilirliği, geri dönüşümü gibi pek çok sebepten ötürü tercih edilirler. Çeliğin tamamen geri dönüştürülebilir bir malzeme oluşu da onu çevreci bir malzeme yapar. Endüstriyel çelik ilk üretilmeye başladığı zamanlar fabrikaların filtreleme vb. sistemleri ve alınabilecek önlemler yeterince gelişmediği için, üretim sırasında çevreye saçılan zararlı gazlar ile üretimden doğan diğer problemler, çevreye ve canlılara zarar verebilmekteydi. Ancak günümüzde üretim yöntemlerinin gelişmesiyle çelikler ham maddeden kullanıma ve sonrasında geri dönüşümüne kadar her aşamada çevreci bir malzeme haline gelmiştir. Günümüzde çeliklerin, kullanım alanlarına göre alüminyum alaşımlar, kompozit malzemeler gibi rakipleri de sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Belirli alanlarda bu malzemeler daha çok tercih edilse de gerek çelik üretiminin bu malzemelere kıyasla çok daha temiz olması gerekse de çoğu senaryoda özellikleri bakımından daha güvenilir bir malzeme olması sebebiyle çelikler bu zamana kadar tercih edilmiştir ve gelecekte de tercih edilmeye devam edileceği düşünülmektedir.

Çelikleri kendi içerisinde onlarca farklı sınıfa ayırmak mümkündür. En basit tanımıyla çelik, içerisinde çok az miktarlarda karbon atomu çözünmüş bir demir alaşımıdır. Bu çözeltiye farklı alaşım elementlerini farklı miktarlarda ekleyerek çok farklı özellikler elde etmek mümkündür. Mesela çeliğin iç yapısına vanadyum ekleyerek daha sert bir çelik ya da mangan ekleyerek daha yumuşak bir çelik elde edebiliriz. Bu tarz elementlere alaşım elementi denir ve çeliğin istediğimiz özelliklere sahip olmasını sağlar. Ancak kükürt, oksijen, hidrojen gibi bazı elementler de çeliğin içerisine bilerek ya da istem dışı şekilde katılabilir. Bu tip elementler çeliğin sahip olduğu özellikleri çoğunlukla olumsuz etkiler ve bu elementler genelde safsızlık olarak adlandırılır. Teoride bu iki tanım benzer anlamlara gelse de o elementleri malzemede isteyip istemediğimize, o elementlerin bilinçli katılıp katılmadıklarına göre safsızlık ya da alaşım elementi olarak adlandırılabilirler. Mesela en başında çelik elde etmek için demirin iç yapısına eser miktarda eklediğimiz karbon atomları da aslında birer alaşım elementidir.

Günümüzde en sık kullanılan çelik türlerinden biri de paslanmaz çeliklerdir. Bu çelikler çatal, kaşık gibi mutfak gereçlerinden tutun da yat ve teknelerin metal aksamlarına kadar pek çok yerde kullanılırlar. Yine bu çelikler de kendi içlerinde farklı sınıflara ayrılırlar. Gruplandırmada belirleyici olan ana etmen ise çeliğin element kompozisyonu, yani içerisinde hangi alaşım elementlerinden ne kadar bulunduğudır. Bu alaşım elementleri, çeliğin korozyona karşı olan direncini, mekanik özelliklerini, yapısı ve özellikleri bozulmadan kullanılabilecekleri en yüksek sıcaklık değerlerini ve buna benzer kimi parametreleri belirler. Alaşım elementlerinin ana malzeme ile olan etkileşimi de ortaya çıkması beklenen fazları belirler. Bu fazlar ve bu fazların stabiliteyi, o çeliğin uygulama alanına göre kalitesini veya uygunluğunu belirler. Mesela bir çatal bıçak takımı almak için alışveriş merkezine gittiğinizi düşünün. Eğer hangi takımı alacağınıza bir türlü karar veremiyorsanız yanınızda bir tane miknatıs getirerseniz işleri sizin için kolaylaştırabilir çünkü çatal bıçak takımları genelde iki tip paslanmaz çelikten yapılır. Bunlar ferritik ve östenitik paslanmaz çeliklerdir. Burada kullanılan ferritik ve östenitik kelimeleri çeliğin iç yapısını niteler. Çeliklerde kimyasal yapısına ve geçirdiği işlemlere göre ferrit, östenit, sementit, martensit gibi fazlar görülebilir.

Ferritik paslanmaz çelikler östenitik paslanmaz çeliklere kıyasla korozyona karşı daha az dirençlidirler. Aynı zamanda kristal yapılarından ötürü de bu çelikler manyetiktirler. Yani bir miknatısı bu çeliğe tuttuğunuzda miknatısın çeliği kolayca çektiğini görürsünüz. Ferritik paslanmaz çeliklerin içerisinde en az %11 oranında krom bulunur. Östenitik paslanmaz çelikler ise ferritik olanlara kıyasla çok daha pahalı malzemelerdir. Çünkü içerisinde kromun yanı sıra yaklaşık %10 oranında da nikel alaşım elementi bulunur. Çeliğe bu miktarda eklenen nikel östenit fazının oda sıcaklığında dahi stabil kalmasını sağlar ve aynı zamanda çeliğin fiyatını da epey arttırır. Bununla birlikte bu tip çelikler paslanmaya karşı da dayanıklıdır. Bu nedenle daha kalitelidirler. Ayrıca miknatıs tarafından da çekilmezler. Dolayısıyla mutfağınız için bir çatal bıçak takımı alışverişine çıkarsanız yanınıza bir miknatıs almayı ihmal etmeyin. Miknatıs yardımıyla beğendiğiniz takımın kalitesi ve korozyon direnci hakkında bilgi sahibi olabilirsiniz.

Paslanmaz Çelik Paslanır mı?

Paslanmaz çeliklerin korozyon ve paslanmaya karşı dirençli olduklarından bahsettik. Peki, sizce paslanmaz çelikler hiç mi paslanmaz? Paslanırsa da ne zaman paslanır? Aslına bakacak olursanız paslanmaz çelikler diğer tüm çeliklerden önce paslanır çünkü bu çelikleri paslanmadan koruyan temel etmen zaten halihazırda paslanmış olmalarıdır. İlgi çekici, değil mi? Gelin bu konuyu biraz daha açalım. Paslanmaz çeliğin içerisinde bulunan krom, nikel gibi alaşım elementleri oksijene karşı demirden daha aktiftir. Dolayısıyla demirden daha önce ve daha kolay oksitlenir. İşte paslanmaz çeliklerde de olan, tam olarak budur. Krom, nikel gibi alaşım elementleri havadaki oksijen ile etkileşime girerek çelik malzemenin yüzeyinde ince bir metal – oksit tabakası oluşturur. Bu sayede çeliği oluşturan ana unsur olan demir atomları malzemenin içerisinde oksijenden korunmuş olur. Malzemenin yüzeyinde metal – oksit formunda koruyucu bir tabaka oluşturan bu alaşım elementleri sayesinde hem çelik korozyon ve oksitlenmeye karşı korunmuş olur. Bu nedenle bu tip malzemelere paslanmaz çelik denir.



Özgürlük Heykelinin Hikayesi ve Patina Sanatı

Dünyaca ünlü Özgürlük Heykeli'ni pek çoğumuz filmlerde ya da belgesellerde görmüşüzdür. 1800'lü yılların sonunda Fransa tarafından ABD'ye kuruluşunun 100. yılı sebebiyle hediye edilen bu heykel, ikonik yeşil rengiyle hepimizin aklında yer etmiştir. Ancak ilginç olan, bu heykelin ilk inşa edildiğinde tamamen farklı bir renkte olmasıdır.

Özgürlük Heykeli'nin bahsettiğimiz bu ikonik yeşil rengini bir sonraki fotoğrafta da görebilmeniz mümkün. Ancak heykelin inşası tamamlandığında, çoğumuzun aklına kazınanın aksine heykel yeşil değil, parlak kahverengi – sarı benzeri bir renk olan bakır rengindeydi. Özgürlük Heykeli de metalik kahverengi bir tona sahip olan ve heykelin rengine adını veren bakır bir yüzeye sahipti. Heykelde kullanılan bakır elementinden kaynaklanan bu renk yıllar, hatta aylar diyebileceğimiz kısa bir süre içerisinde değişime uğramaya başladı. Heykel 19. yüzyıldan bugüne kadar sırasıyla parlak kahverengi, kırmızı, siyah, yeşil, mavi – yeşil ve yeşil olmak üzere pek çok farklı renge büründü. Heykelin geçirdiği bu değişim sürecini aşağıdaki görselde daha iyi görebilirsiniz.



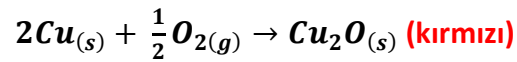
[\(https://jtcroofing.co.uk/news/why-does-copper-turn-green/\)](https://jtcroofing.co.uk/news/why-does-copper-turn-green/)

Peki sizce heykelin geçirdiği bu renk değişiminin sebebi nedir? Yapım aşamasında ya da sonraki yıllarda yapılan bir hata mıdır? Belki de yanlış malzeme seçiminden ötürü bu değişiklik meydana gelmiştir... Aslına bakarsanız Özgürlük Heykeli'nin başına gelecek olan bu değişim ilk tasarım aşamasından heykeltıraşlar tarafından yapımına ve bulunduğu Özgürlük Adası'na yerleştirilmesine kadar geçen sürecin tamamında zaten biliniyordu. Hatta sanatçılar tarafından kasti olarak bakır elementi kullanılmasına karar verilmişti. Kimyasal özelliklere bağlı olarak meydana gelen bu olay aslında korozyon ve oksidasyondan başka bir şey değildir. Malzemelerin sahip oldukları kimyasal özellikler ve çevresel etkenlere bağlı olarak bu özelliklerin değişimi yüzlerce yıldır sanatta da aktif olarak kullanılmaktadır. Bakır bazlı malzemeler kullanılarak ortaya konan bu ilgi çekici eserleri mümkün kılan uygulamaya patina adı verilmektedir. Bakır ve bakır bazlı alaşımların yüzeyinde çevre koşulları ve yaşlanmayla meydana gelen bu tabakaya ve dolayısıyla bu değişime patina denir. Özgürlük Heykeli örneğinde olduğu gibi, bu malzemelerin zaman içerisinde hava ve deniz suyuna maruz kalmasıyla yeşil renkte doğal bir patina katmanı meydana gelmiş ise oluşan bu yeşil pigmentlere de spesifik olarak verdigris adı verilir. Verdigris, etimolojik olarak eski Fransızca'da grinin yeşili anlamına gelen *verte grez* ve Yunanca'da Yunanistan yeşili anlamına gelen *vert-de-Grèce* kökünden gelmektedir³. New York Özgürlük Adası'nda bulunan heykelin günümüzde yapılan hobi amaçlı replikalarında da patina sanatının izlerine rastlamak mümkündür.

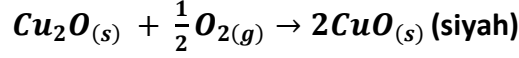


(<https://tr.pinterest.com/pin/235031674281976199/>)

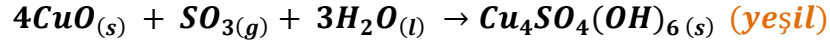
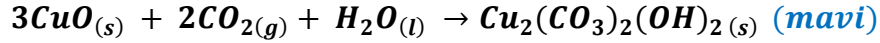
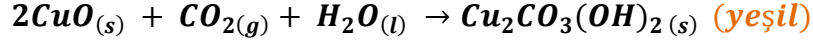
Şimdi isterseniz gelin Özgürlük Heykeli'ne ikonik rengini veren bu oksidasyon sürecine yakından bakalım. Bakırın havayla etkileşimi sonucunda oksidasyon birkaç aşamada meydana gelir. Bu aşamalar sırasıyla aşağıdaki gibidir.



³ St. Clair, Kassia. 2016. The secret lives of colour. London: John Murray. p. 215. ISBN 9781473630819.



Bu denklemler sonucu ortaya çıkan bakır (I) oksit kırmızı renktedir ve bakır (II) oksit ise siyah renktedir. Bakırın oksidasyonu ile birlikte meydana gelen bir dizi diğer kimyasal değişiklikler heykelin renginin günümüzdeki haline gelmesinde büyük rol oynamıştır. 20. yüzyılın başlarında yüksek oranda kullanılan kömürün yanması sonucunda havada biriken yüksek orandaki kükürt miktarı patina sürecine etki etmiştir. Havada bulunan sülfürlü bileşikler, karbondioksit ve deniz suyunun da etkisiyle yüksek olan nem oranı bir dizi başka reaksiyonu tetiklemiş ve heykele ikonik rengini vermiştir.



İşte bu tepkimelerin bir bütünü sonucunda meydana gelen patina, heykele kendine özgü rengini vermiştir. Ancak bu patina, sadece estetik bir fayda gütmemekte, aynı zamanda heykelin korozyon direncini de arttırmaktadır. Nasıl mı? Aynı paslanmaz çelik örneğinde olduğu gibi, bu örnekte de metal yüzeyinde halihazırda oluşan bir metal oksit tabakası yüzeyin altındaki malzemenin kendisini daha ileri oksidasyona karşı korumaktadır. Dolayısıyla bu örneğimizde oluşan patina, bakır yüzeyin daha ileri korozyona uğramasına karşı koruyucu bir katman görevi yapmaktadır. Bu koruyucu katman oluşumuna ise pasivasyon denir.

Beyin Fırtınası

Soru. Özgürlük Heykeli'nde de kullanılan patina uygulaması ve verdigris oluşumu sizce başka nerelerde görülebilir? Bir verdigris tabakasının insan vücudunda da oluşabileceğini biliyor muydunuz?

Cevap. Patina benzeri bir tabaka ve verdigris, günümüzde kullanılan kuyum ve mücevherler ile derimiz arasında meydana gelen tepkimeler sonucu da oluşabilir. Ucuz takı ve bileziklerde kullanılan bakır, pirinç, bronz gibi malzemelerin patina oluşturmaları için gereken tüm çevresel faktörleri derimiz halihazırda sağlar. Terleme yoluyla atılan kimyasallar, su ve havadaki bileşenlerin birleşimi ile düşük kaliteli bazı takıları kullanmanız sonucu cildinizin rengi değişebilir. Yüzük taktığınız parmağınızda bölgesel bir kararma ya da cilt tonunuzda bir yeşile dönme görebilirsiniz. Ancak bu durum çoğu zaman tehlikeli değildir ve o takıyı çıkarttıktan birkaç gün sonra düzenli yıkama ile kendiliğinden geçer.

Yukarıda bahsettiğimiz durum sadece imitasyon takılarda karşımıza çıkmaz. Günümüzde kullanılan hiçbir kuyum ve mücevher tamamen saf değildir. Hatta neredeyse her zaman bu malzemeler bilinçli olarak safsızlaştırılır. Mesela saf altın son derece yumuşaktır ve saf altından sağlam bir takı yapmak neredeyse imkânsızdır. Bu sebeple altına belirli oranlarda gümüş ve bakır gibi elementler eklenerek daha işlenebilir bir kuyum malzemesi elde edilir. Altına ayarını veren de işte bu safsızlık oranıdır. Saf altın 24 ayar olarak ifade edilir. Yani 22 ayar bir altın bilezik satın alacak olursanız o bileziğin 22/24 kadarı altındır. Kalanı ise bakırdır.

Benzer bir ayar tanımlaması gümüş kuyum malzemeleri için de geçerlidir. Gümüşün saflığı ise binlik bir skalada ifade edilir. Yani eğer 925 ayar bir gümüş alırsanız bu gümüş takının bir kilosunda 925 gram gümüş var demektir. Kalanı ise bakır ve benzeri diğer alaşım elementleridir.

Yani bakır ve bakır bazlı alaşımlar aslında her kalite takı ve mücevherin içerisinde bulunabilir. Ancak her takı ciltte kararmaya yol açmaz. Bir takının cildinizde bir renk değişimine sebep olup olmayacağı o takının kalitesine, kompozisyonuna, cildinizin hassasiyetine ve hatta yaşadığınız şehrin havasının bileşimine göre bile değişebilir. Örnek vermek gerekirse, genelde 12 ayar bir altının içerisinde bulunan bakır miktarı gözle görülür bir patina oluşturmak için yeterlidir.

Takılardan ve takıların kalitesinden konu açılmışken bir faydalı bilgi daha verelim. Ucuz ve imitasyon takıların çoğunda aynı zamanda nikel de kullanılır. Ancak nikel saf halde insanlar için her zaman faydalı değildir. İnsanların büyük bir kısmında saf veya safa yakın nikel alaşımlarına temas sonucu nikel alerjisi ortaya çıkabilir. Bir kişi nikel alerjisine sahip olup olmadığını nikel dokunana kadar anlamayabilir. Eğer o kişide nikel alerjisi varsa derinin nikel ile temas eden kısmında egzama meydana gelebilir. Bu kaşıntılı ve rahatsız edici egzama, temas ortadan kalktıktan bir süre sonra kendiliğinden iyileşse de yoğun maruz kalma ve vücudun hassasiyetine bağlı olarak daha ciddi sonuçlara da yol açabilir. Dolayısıyla eğer kullandığınız takı cildinizi kaşıntırıyor ve kızartıyorsa bilin ki o takıda bol miktarda nikel, sizde de nikel alerjisi vardır.



<https://www.jewelry-auctioned.com/learn/trending-jewelry-news/jewelry-turns-skin-green>

Deney: Atölyemizde Patina Deneyi Yapalım

Kullanılacak Malzemeler

- 2 adet petri kabı

- 2 adet 2 x 2 cm bakır plaka
- Sirke ya da seyreltik asetik asit çözeltisi
- NaCl tuzu

Deney

1. Petri kaplarından birini sirke ile doldurun ve içine bir çay kaşığı tuz atıp karıştırın.
2. Diğer petri kabını boş bırakın.
3. Deney sonuçlarını yorumlamak için petri kaplarını isimlendirmeyi unutmayın.
4. Her bir petri kabına birer bakır plaka yerleştirin ve bir süre bekleyin.
5. Deneyin bu aşamasını bir ders arasına denk getirebilir ya da bir sonraki dersin sonuna kadar bekleyebilirsiniz.
6. Yaklaşık 10 – 40 dk arası beklerken bakır plakaları gözlemleyebilirsiniz.
7. Bir süre sonra sirkeli kaptaki bakır plakanın parlak hale geldiğini göreceksiniz.
8. Sizce bunun sebebi nedir? Sınıf içerisinde tartışın.
9. Bu aşamada plakayı kaptan çıkartın ancak elle kurulamayın ve yıkamayın. Plakayı doğal olarak kurumaya bırakın.
10. Bir sonraki ders gününe kadar plakaları atölyede uygun bir köşeye koyun. Bakır plakaların renk farkını ertesi gün ve hafta tekrar gözlemleyerek not edin.
11. Sonuçları sınıfça tartışarak yorumlayın.

Deneyin Açıklaması

Tuz ve sirke karışımı bulunan petri kabına konulan bakır plakanın yüzeyinde birtakım kimyasal reaksiyon gerçekleşti. Dolayısıyla yüzeyi parlak bir hale geldi. Aslında bu aşamada gerçekleşen olay, eklediğimiz malzemelerin birbirleri ile etkileşimi sonucu ortamda meydana gelen asetik asit, sodyum asetat ve hidroklorik asit gibi bileşiklerin bakır ile tepkimeye girmesiydi. Bu tepkime sonucunda bakırın yüzeyinde zaman içerisinde doğal olarak oluşmuş olan metal oksit tabakası solüsyon içerisinde çözünerek temizlendi. Bu aşamada plakanın sahip olduğu renk Özgürlük Heykeli'nin ilk zamanlarındaki rengi ile oldukça benzer olmalı, değil mi?

Ardından parlak bakır plakayı doğal olarak kurumaya bıraktık. Kuruma süreci ile birlikte aynı Özgürlük Heykeli'nde olduğu gibi plakanın yüzeyinde birtakım renk değişiklikleri meydana gelecek. Yani adım adım patina oluşumunu gözlemleyeceğiz. Birkaç gün sonra çevresel faktörler eşliğinde bakır plakada meydana gelen verdigrisi gözlemleyebilirsiniz. Deney başında hiçbir işleme tabi tutulmamış bakır plaka ile patina oluşumu görülen bakır plakayı kıyaslayarak gözlemlerinizi yorumlayabilirsiniz.

Etkinlik No	4.3
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Korozyondan Korunma Yolları
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler malzemelerin korozyondan korunma yöntemlerini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Anlatım Soru-Yanıt Video izleme
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Korozyondan Korunma Yolları

Liçleme ve Faydalı Korozyon

Pasivasyon gibi doğal koruma işlevini ya da patina gibi sanatsal yanlarını bir kenara bırakırsak korozyonun genel olarak hep olumsuz yönlerinden söz ettik. Hatta pasivasyon ile ham metali koruyan metal oksitler korozyonun bir faydası olarak görünse de en başından korozyon olmasaydı ortada ne pasive edilmiş katman ne de içerideki malzeme için olası bir korozyon tehlikesi mevcut olurdu. Dolayısıyla korozyonu genel olarak olumsuz etkileri olan bir olgu olarak tanımlamakta herhangi bir hata yok. Ancak durum her zaman böyle değil; bunun da bazı istisnaları var. Bunlardan en bilineni liç denilen bir özütleme işlemi. Bu işlem sayesinde bilinçli ve istekli olarak bazı malzemeleri korozyona maruz bırakıp bu durumdan fayda sağlayabiliyoruz.

Temel olarak liçi bir cevher zenginleştirme işlemi olarak tanımlayabiliriz. Bu işlem sayesinde düşük tenörlü (yani değeri/verimi/saflığı düşük) madeni zenginleştirmek ve bu madenden cevher elde etmek mümkün olmaktadır. Diğer zenginleştirme işlemlerine kıyasla bu işlemin düşük sıcaklıklarda yapılması zararlı gaz salınımını azalttığı için bir avantaj olmakla beraber zenginleştirme işlemi görece daha uzun sürdüğünden ötürü de bir dezavantaj olabilmektedir. Aynı zamanda yerinde liç gibi yöntemlerle düşük tenörlü cevherlerin daha yeraltındayken ve henüz çıkarılmadan zenginleştirilebilmesi önemli bir avantajdır. Bu ve benzeri uygulamalarla korozyonu faydalı hale getirip işimize yarayacak şekilde kullanabiliriz. Gelin şimdi bir liç örneğine yakından bakalım.

Altın gibi cevherler çoğunlukla düşük tenörlü maden yataklarına sahiptir ve çıkartılıp zenginleştirilmesi, işlenmesi gibi süreçlerin maliyetleri çok yüksektir. Bu nedenle liç yöntemi kullanılarak altın cevheri zenginleştirilip süreç daha verimli hale getirilebilir. Altın liçinde genelde yığın liçi uygulaması yapılır ve

geçirimsiz bir tabakanın üzerine malzeme yığılır. Kimyasal çözücülerin de alana eklenmesiyle kıymetli metalce zengin karışım elde edilmeye başlanır. Ardından zenginleştirilmiş cevher toplanır ve ileri işlemler için gönderilir. Kullanılmış liç çözeltisi toplanır, nötralize edilir ve uygun bir şekilde bertaraf edilir. Bu işlemler düzgün yapıldığı takdirde altın liçinin çevreye zararı önlenabilir ancak liçte kullanılan siyanür sebebiyle işlem kendi içerisinde pek çok riski de barındırmaktadır. Altını zenginleştirmede kullanılan tonlarca siyanür, ekosistem için toksik, çevre için zararlıdır. Liç alanlarındaki topraklar kaçak ihtimaline karşı düzenli olarak kontrol edilir ve topraktaki siyanür miktarının belirli bir seviyenin altında olduğundan emin olunur. Zaman zaman yoğun yağmur yağması ve benzeri sebeplerle de siyanür kaçağı riskleri doğabilmektedir. Ancak genel olarak kitabına uygun yapılan bir liç işlemi sonucunda riskler ve zararlar tolere edilebilir seviyelere inmektedir. Sonuç olarak bu işlem sayesinde altın madenciliğini yapmak mümkün olmaktadır.

Korozyondan Korunma Yolları

Korozyondan korunmak için kullanılabilecek bazı yöntemlerden dersin şimdiye kadar olan kısmında bahsettik. Gelin şimdi hep birlikte bu yöntemleri toplayarak daha detaylı inceleyelim. Korozyondan korunmada malzeme seçimi, çevresel koşulların kontrolü, inhibitör kullanımı, tasarımsal farklılaşma, yüzey kaplama uygulamaları, katodik koruma gibi farklı yöntemler kullanılabilir. Bir diğer yöntem ise ortam sıcaklığını düşürerek korozyonda rol oynayan elektrokimyasal reaksiyonların kinetiğini yavaşlatmaktır.

Korozyondan korunmada kullanılan en sık yöntemlerden biri de ortama inhibitör eklenmesi ya da çevresel koşulların kontrolüdür. İnhibitör varlığında gerçekleşen tepkimeler azalmış veya durmuş olur. Ortamdaki oksijeni alırsak oksidasyon süreçleri sekteye uğrar ve korozyondan korunmuş oluruz. Bunun en pratik yöntemlerinden biri de demirin paslanması konusunda verdiğimiz örnek olan boyamadır. Mesela demir yüzeyine uygulanan bir boya katmanı sayesinde malzemenin çevre ile (yani oksijen ve su ile) temasını keserek paslanmayı önleyebilir.

Yine korozyondan korunmak için sıklıkla başvuru yöntemlerinden biri de katodik korumadır. Bu yöntem aynı zamanda kurban anot yöntemi de denilmektedir. Bu yöntem çoğunlukla limanlarda, gemilerde, petrol borularında, tanklarda ve köprülerde kullanılır. Bu yapıları dikkatli inceleyecek olursanız belirli bölgelerine yerleştirilmiş metal blok ve plakalara rastlarsınız. Bu metal parçalar, soy metal olmayan ve elektriği görece iyi ileten alüminyum, çinko, magnezyum gibi elementlerden yapılır. Mesela bu metal plakanın bir gemi güvertesinde olduğunu düşünelim. Gemi güvertesi ile temas halinde olan bu plaka, güvertesi oluşturan ana metal malzeme ile elektrokimyasal bir devre oluşturur. Oluşan bu devre sonucu korunacak olan metal güverte elektronlar tarafından beslenerek katot haline gelir. Bu işlem sonucunda güverte ile temas halinde yerleştirdiğimiz ve daha aktif olan metal plaka anot olur ve işlem sırasında korozyona uğratılarak bilinçli olarak kurban edilir. O yüzden bu işleme kurban anot denilmektedir. İşlemde anot olarak kullanılan metal plakalar düzenli aralıklarla kontrol edilip değiştirildiğinde, korunacak ana malzemenin ömrünün ciddi anlamda uzaması sağlanır.

Özellikle çeliklerde kullanılan bir diğer korozyondan korunma yöntemi ise galvanize işlemidir. Bu işlemle çeliğin veya korunacak malzemenin yüzeyi çinko ile kaplanır çünkü çinko demire kıyasla daha aktiftir. Diğer bir deyişle indirgeme potansiyeli demire kıyasla daha düşüktür. Bu aşamada çelik diye bahsettiğimiz malzemenin çok büyük oranda demirden oluştuğunu bir kez daha hatırlatmış olalım. Bu kaplama işlemi sonucu çeliğin kendisinden ziyade yüzeydeki çinko oksitlenecek ve ana malzememiz olan çelik korunmuş olacaktır. Bu

durumda malzeme yüzeyinde meydana gelen ve çinko katmanının da altına inen derin bir çizik dahi ciddi bir sorun teşkil etmeyecektir. Çinko demirden daha aktif olduğu için, demirden önce oksitlenerek çatlağı büyük oranda kapatacak ve malzememizi korumaya devam edecektir. Bu yöntemle aynı zamanda galvanizleme de denilmektedir.

Galvanizleme ile birlikte pasivasyon ve bunun öneminden de dersin ilgili kısımlarında bahsetmiştik. Paslanmaz çelik gibi, yüzeyde bir demir dışı metal oksit tabakası oluşturup kendini koruyan malzemelerin yanı sıra, alüminyum gibi kendini doğrudan kendi oksit hali ile koruyan malzemeler de vardır. Bu örnekte de verdiğimiz alüminyumun yüzeyinde çok ince bir alüminyum oksit tabakası bulunur. Alüminyum bir malzemeyi ortadan ikiye bölseniz dahi bu tabaka yeni yüzeylerde çok hızlı bir şekilde yeniden oluşur. Dolayısıyla oluşan bu alüminyum oksit katmanı, malzemenin kendisi olan alüminyum korozyona karşı korumuş olur.

Deney: Malzemelerin Korozyon Direnci



Malzemelerin kimyasal özellikleri ve korozyon üzerine olan bu haftaki videolu deneyimizde, 3 temel malzeme sınıfına mensup çeşitli malzemelerin korozyon direncini test edeceğiz. Bu deneyde kullanılan kimyasalların yüksek koruyucu tedbirler gerektirmesi sebebiyle bu deney uzman bir ekip tarafından laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiştir. Deney boyunca yapılan gözlemler detaylı olarak açıklanmış ve sınıf içi tartışma için gerekli bilgiler verilmiştir.



Deneye başlamadan önce gerekli koruyucu ve güvenlik önlemlerimizi alıyoruz. Önlük, eldiven ve gözlüğümüzü takıyoruz. Deneyimizde tehlikeli asitler kullanacağımız için, deneyi aktif bir çeker ocak içerisinde yapacağız. Aynı zamanda güvenlik maksadıyla deneyi yaptığımız alanda acil durumlarda kullanılmak üzere el, yüz ve vücut banyolarımız ile gerekli diğer ekipmanlarımızın hazır olduğundan emin oluyoruz.



Deneyde kullanacağımız petri kaplarını, asit bertaraf etme kabımızı ve asit saklama kabımızı hazırlıyoruz. Bu deneyde dersimizde bahsettiğimiz ve çok kuvvetli bir asit olan kral suyu ile çalışacağız. Farklı malzemelerin kral suyu ile olan etkileşimini inceleyeceğiz.



Önceden hazırladığımız asit çözeltimizi petri kaplarına dökerek deneyimize başlıyoruz. Her bir petri kabını bir malzeme grubu için kullanacağız.



Deney sırasında malzemelerin korozyon hızları ve dirençleri farklı olduğu için, her bir malzeme farklı zaman dilimlerinde farklı tepkiler vermiştir. Meydana gelen büyük değişiklikleri video aracılığı ile rahatça gözlemlemek amacıyla deneyde hızlandırılmış sahneler verilmektedir. Bazı malzemeler tamamen oksitlenmiş ve solüsyona geçmiştir. Bu malzemeler için sürenin geri kalanında bir değişiklik olmadığından, ilgili kısımlar montajda kesilmiştir. Ancak malzemelerin asit ile etkileşime girdiği süreler eşittir.



Deneyimize metalik malzemeler ile başlıyoruz. Metallerin asit ile etkileşimini göstermek amacıyla alüminyumı seçtik. İlk etapta alüminyum folyoyu petri kabının içerisine atıyoruz.



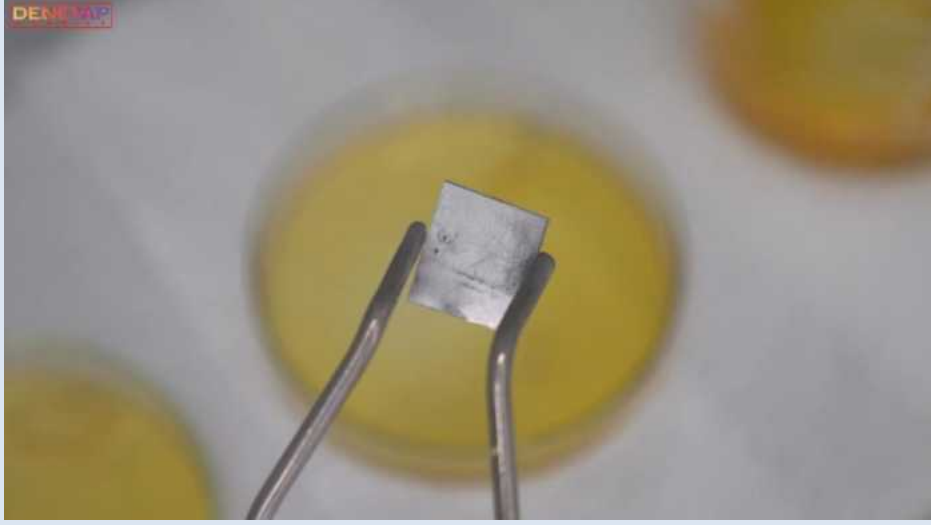
Alüminyum folyoyu petri kabına atar atmaz kral suyu ile reaksiyon vermeye başlıyor ve ortasında bir delik açılıyor.



Alüminyum folyonun hızlıca ortadan kaybolduğunu görüyoruz. Aslında alüminyum yok olmuyor, sadece artık saf alüminyum halinde değil, reaksiyon sonucu ortaya çıkan oksitlenmiş bir ürün olarak solüsyonun içerisinde yer alıyor. Korozyonun malzeme kaybına ve kütle azalmasına yol açtığını hatırladınız mı? İşte bu deneyde bunu anlık olarak gözlemlemiş oluyoruz.



Bir süre sonra alüminyum folyo bütünlüğünü tamamen yitirerek ortadan kayboluyor. Ancak videoya dikkatli baktığınızda alüminyumun tepkime verdiği kısımda solüsyondaki bölgesel renk değişimini görebilirsiniz.



Bir sonraki aşamada yine alüminyum ile devam ediyoruz. Ancak bu sefer folyo yerine plaka halindeki alüminyumu kaba koyuyoruz ve olacıkları izliyoruz.



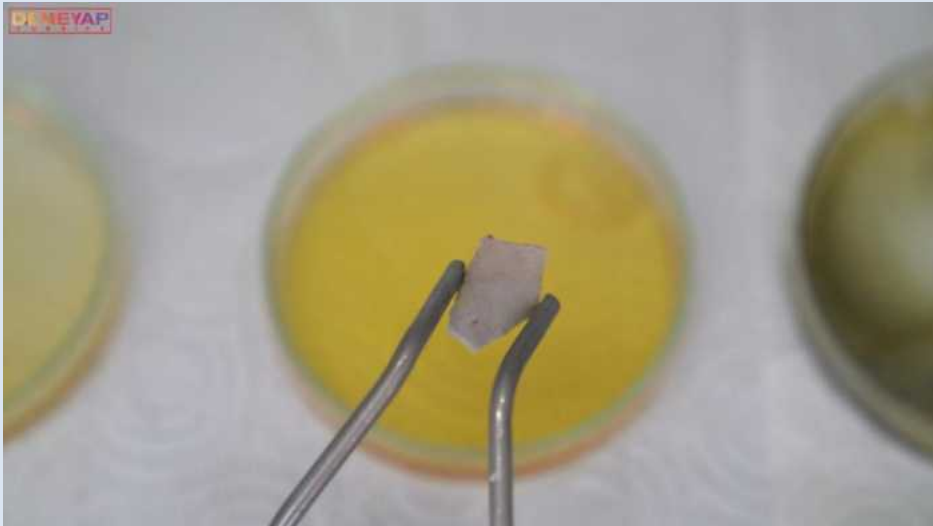
Alüminyum yine asitle temas eder etmez tepkime vermeye başlıyor. Sonraki fotoğraflara detaylı bir şekilde bakarak alüminyum plakada meydana gelen değişimleri daha yakından inceleyebilirsiniz.







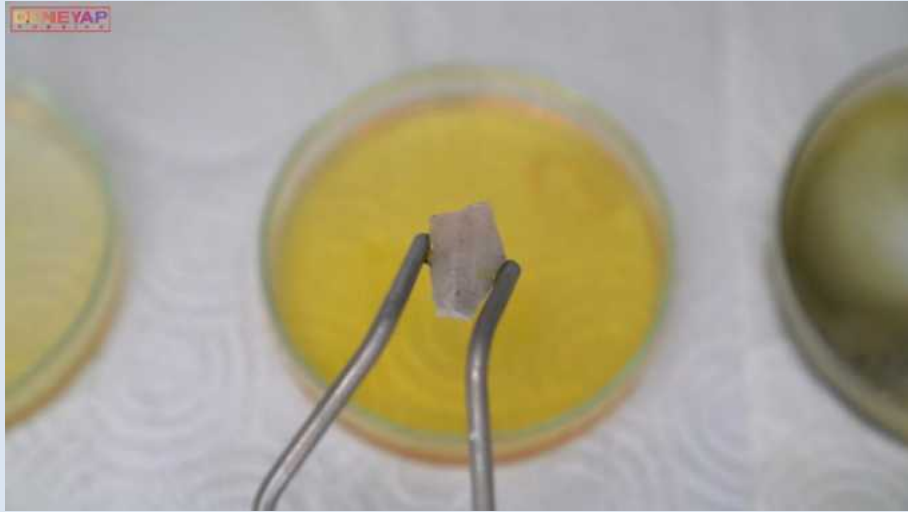
Belirlenen süre boyunca alüminyum plaka asit ile tepkime vererek kütlesinin büyük bir kısmını kaybediyor. Petri kabında ise tepkimeye girmiş alüminyumu oksitlenmiş olarak asit çözeltisinin içinde birikmiş halde gözlemleyebilirsiniz.



Metallerin kral suyu ile etkileşimini inceledikten sonra seramik malzemelere geçiyoruz. Bu aşamada öncelikle metal eritmede kullanılan bir pota malzemesi olan alümina bazlı bir seramik ile devam ediyoruz. Pota seramiğini asitli kaba yerleştiriyoruz.



Belirli bir süre bekleyerek malzemedeki gerçekleşmesi muhtemel değişiklikleri gözlemliyoruz.



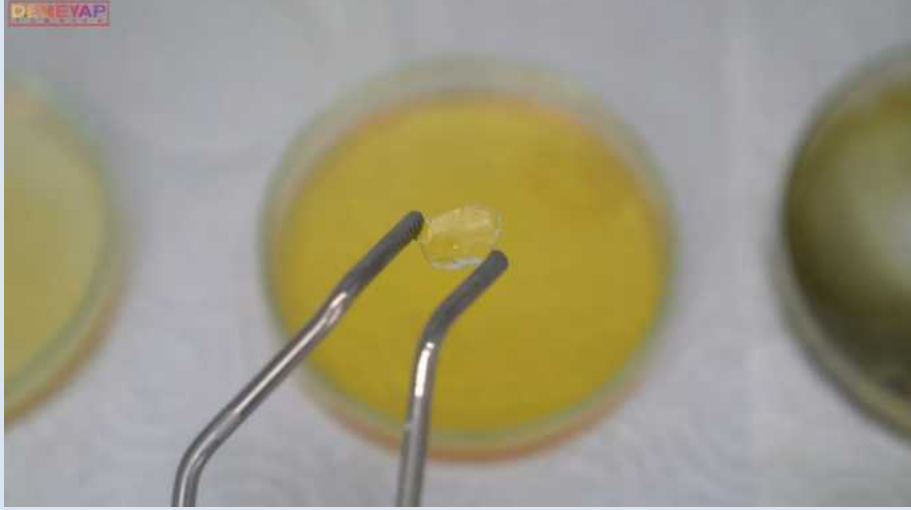
Deney sonucu, pota malzemesi olarak kullanılan seramikte gözle görülür bir değişiklik olmadığını gözlemliyoruz.



Bir diğ er seramik malzeme türü olan cam parçası ile deneyimize devam ediyoruz.



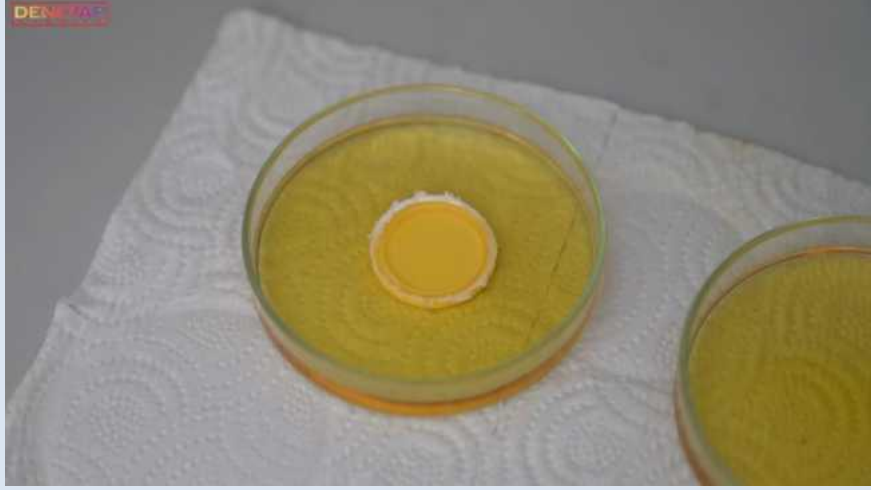
Belirli bir süre bekleyerek malzemede gerçekleşmesi muhtemel değişiklikleri gözlemliyoruz.



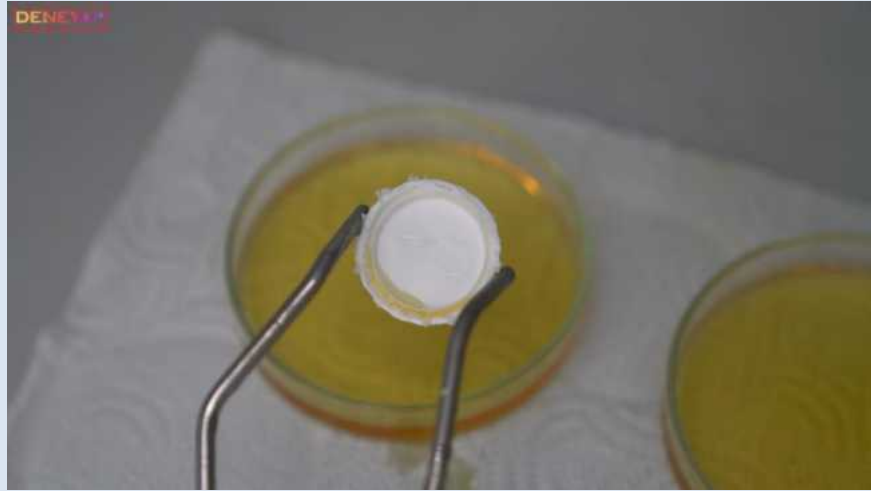
Cam malzemeyi de bir süre asit içerisinde tuttuktan sonra çıkarıp göz ile muayene ediyoruz. Cam malzememizde de gözle görülür bir değişim bulunmuyor.



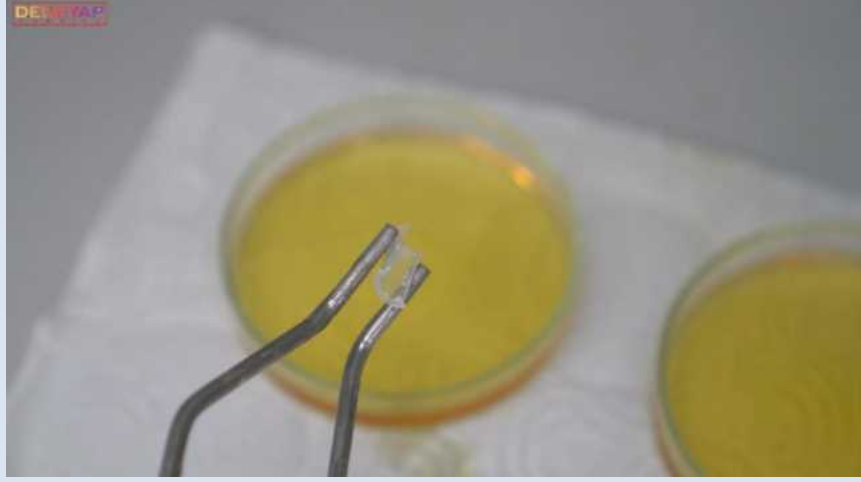
Sıradaki malzemelerimiz olan polimer malzemeler grubuna geçiyoruz. Bu grupta ilk olarak yüksek yoğunluklu polimerden imal edilmiş bir numune saklama kabı kapağını inceliyoruz. Polimer parçayı asit çözeltisine atarak deneyimizin bu kısmını başlatıyoruz.



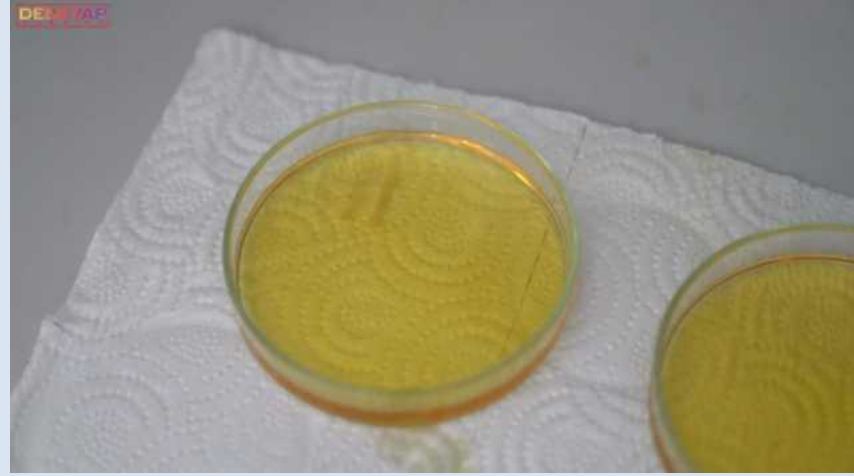
Belirli bir süre bekleyerek malzemedeki gerçekleşmesi muhtemel değişiklikleri gözlemliyoruz.



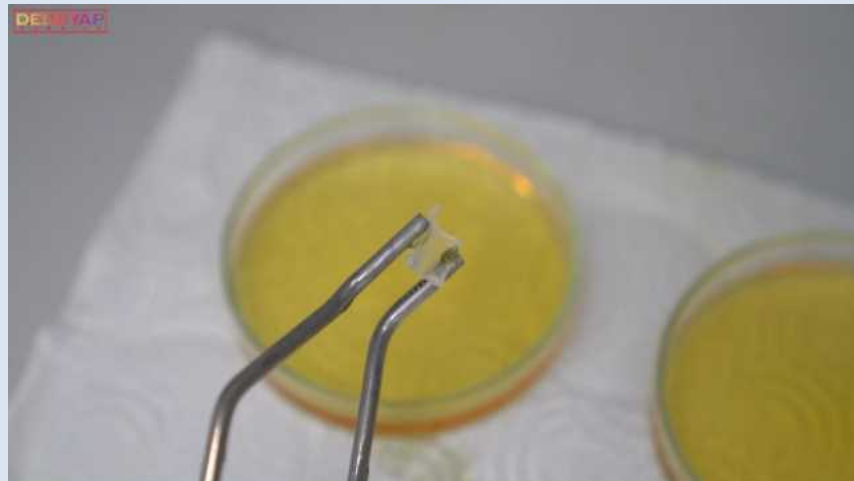
Deney sonucunda polimer malzemedeki gözle görülür bir değişim gözlemlemiyoruz.



Son olarak ikinci bir polimer malzemeyi kral suyuna daldırarak incelemeye başlıyoruz.



Belirli bir süre bekleyerek malzemede gerçekleşmesi muhtemel değişiklikleri gözlemliyoruz.



Bu kısımda da polimer malzemede gözle görülür bir değişim gözlemlemiyoruz.



Deney sonucu ortaya çıkan katı atıkları ayırıp kimyasalı da asit bertaraf kabımıza aktarıyoruz. Ardından tüm atıkları uygun bir şekilde bertaraf ediyoruz.

Deney sonucunda metallerin asit ile çok kolay etkileşime girdiğini gözlemledik. Deney süresince seramik ve polimer malzemelerde gözle görülür bir değişiklik gözlemleyemedik ancak dersimizde bu malzemelerin de korozyona uğrayabileceğini öğrendik. Gördüğünüz gibi, bu malzemelerin genel korozyon direnci metallere kıyasla oldukça fazla. İşte bu nedenle laboratuvarlarda kimyasallar saklanırken ve kimyasallarla çalışılırken genelde cam ve polimer bazlı ekipmanlar tercih ediliyor.



BEŞİNCİ BÖLÜM MALZEMELERİN ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ

Elektriksel Özellikler

Temel Kavramlar

Piezoelektrik Malzemeler

Etkinlik No	5.1
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Malzemelerin Elektriksel Özellikleri Derse Başlamadan Önce Etkinliği
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler mühendislik uygulamalarında kullanılan malzemelerin elektriksel özelliklerini öğrenecektir. Öğrenciler doplama, transistör, piezoelektrik malzemeleri öğrenecektir.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Dördüncü Hafta

Malzemelerin Elektriksel Özellikleri

Dersimizin dördüncü haftasında malzemelerin elektriksel özelliklerini inceleyeceğiz. Elektriksel özellikler çok geniş bir konu olduğu için bu ders kapsamında özellikle iletkenlik kavramına vurgu yaparak malzeme iç yapısının iletkenliğe olan etkileri tartışılacaktır. Derse başlamadan önce aşağıdaki fotoğrafları kullanarak bir beyin fırtınası yaratabilirsiniz.

Derse başlamadan önce

Aşağıda verilen malzemeleri iletkenlik ya da yalıtkanlık özelliklerine göre sıralayınız.



Altın



Kuvars



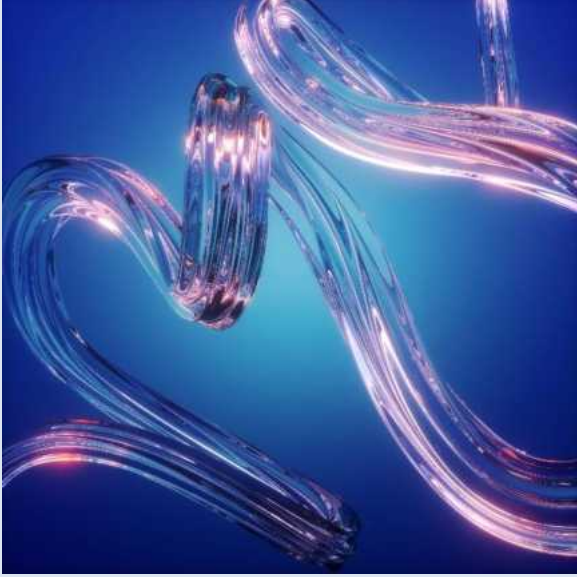
Gümüş



Deniz Suyu



Hava



Cam

İletkenliğe göre sıralama:

Gümüş – Altın – Deniz Suyu – Cam - Hava- Kuvars

Derse başlamadan aşağıdaki soruların cevaplarını öğrencilerle tartışabilirsiniz.

- **Bildiğiniz en iletken malzeme hangisidir?**
- **Hangi malzemeler yalıtkandır?**
- **Elektronik malzemeler hangi cihazlarda kullanılır?**
- **Elektriği ileten kabloların içerisinde ve etrafında ne tür malzemeler kullanılmaktadır?**
- **Bildiğiniz elektriksel özellikler nelerdir?**

Etkinlik No	5.2
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Malzemelerin Temel Elektriksel Özellikleri
Önerilen Süre	30 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler metal, seramik ve polimerlerdeki temel elektriksel özellikleri öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	1 Adet Metal Plaka 1 Adet Seramik Plaka 1 Adet Polimer Plaka 1 Adet Multimetre

İŞLENİŞ:

Temel Kavramlar

Malzemelerin elektriksel özelliklerini incelemekten önce, elektriksel enerjinin nasıl oluştuğunun ve nasıl iletiltiğinin üzerinden geçmekte fayda vardır. Elektriksel özelliklerin temeli maddelerin atomik yapısı incelenerek anlaşılabilir. Atomlardaki elektron sayısı (e) ile proton sayısı (p) birbirine eşit olan cisimlere nötr cisimler adı verilir. Herhangi bir şekilde elektron kazanmış ya da kaybetmiş atomlardan oluşan, yani elektron sayısı proton sayısından fazla ya da az olan cisimlere ise yüklü cisimler denir. Elektron sayısı proton sayısından fazla olan cisimler negatif (-) yüklü cisimlerdir, elektron sayısı proton sayısından az olan cisimler ise pozitif (+) yüklülerdir.

Elektrik akımı, malzemelerde bulunan pozitif veya negatif yüklü parçacıkların bir elektrik alan altında hareket etmeleri sonucu oluşur. Hareket eden parçacıklar negatif (-) yüklü ise bu iletme elektronik iletim denir. Negatif yüklü parçacıklar elektrik alan yönünün tersine doğru ilerler. Elektrik alan altında hareket eden parçacıklar pozitif (+) yüklü ise bu iletme iyonik iletim denir ve bu parçacıklar elektrik alan yönünde hareket ederler. Çoğu katı malzemelerde elektrik iletimi elektronik iletim yöntemi ile gerçekleşir, ancak yüksek elektriksel alan ve/veya yüksek sıcaklık altında katılarda da iyonik iletim görülebilir.

Bir malzemenin elektrik akımını ne kadar kolay iletebildiği, elektriksel iletkenlik, (σ) özelliği ile ifade edilir. $1/(\text{Ohm-metre})$ ($(\Omega \cdot \text{m})^{-1}$) birimi ile ifade edilir. Elektriksel iletkenlik değerleri göz önünde bulundurularak sınıflandırma yapıldığında, 3 ana kategori ortaya çıkmaktadır. Bu kategoriler; iletken, yarı iletken ve yalıtkan olarak ifade edilir. Yüksek elektriksel iletkenlik değerlerine sahip malzemeler iletken malzeme olarak adlandırılır. Metaller çok yüksek elektriksel iletkenlik değerlerine sahiptir. Seramikler ise genellikle çok düşük elektriksel iletkenlik değerlerine sahiptir ve yalıtkan malzemeler olarak sınıflandırılırlar. Elektriksel iletkenlik değerleri yalıtkanlar kadar düşük olmayan, ancak aynı zamanda iletkenler kadar da yüksek olmayan malzemelere ise yarı iletken malzemeler denir.

Deney

Metal, Seramik ve Polimerlerdeki iletkenlik

Bazı malzemelerin yüksek elektriksel iletkenliğe sahip olduğunu, bazılarının ise elektrik iletkenliklerinin çok düşük olduğunu öğrendik. Bu deneyde bir adet multimetre yardımıyla bu durumu test edeceğiz.

Gerekli Malzemeler:

Deney Malzemeleri

- 1 Adet Metal Plaka
- 1 Adet Seramik Plaka
- 1 Adet Polimer Plaka
- 1 Adet Multimetre

Deneyin Uygulanışı

1. Multimetre süreklilik testi moduna alın.



. Kırmızı yuvarlak ile gösterilen mod Süreklilik Modu'dur.

2. Süreklilik testi sırasında multimetre, test edilen malzemenin direncine bağlı olarak bip sesi çıkarır. Bu sebeple elektrik iletimi olan bir malzemeye ile temas ettiğinde ses çıkaracaktır.
3. Multimetrenin test uçlarını sırayla deney malzemelerine değdiriniz.

Elektriksel direnç (R), maddelerin elektrik akımına karşı gösterdikleri zorluk olarak tanımlanır. Ohm (Ω) birimi ile ifade edilir. İletkenlerin elektriksel direnç değerleri, yalıtkanlara göre oldukça düşüktür. Elektriksel direnç, yüklü parçacıkların hareketleri sırasında hem birbirleriyle hem de bulundukları ortamdaki diğer parçacıklarla çarpışmaları sonucu ortaya çıkar. Bu çarpışmalar neticesinde de elektronların kaybettikleri enerji ortama ısı enerjisi olarak yayılır. Bu sebeple özellikle fırınlardaki ısıtıcı elemanlarda yüksek direnç değerlerine sahip malzemeler kullanılır. Yüksek direnç değerleri sebebiyle Nichrome (Nikel-Krom) alaşımları günümüzde ısıtıcı eleman olarak en sıklıkla kullanılan malzemelerdir. Elektriksel direnç; iletkenin uzunluğuna, kesit alanına ve yapıldığı malzemeye göre değişir. İletkenin direnci, uzunluğu ile doğru orantılıdır, kesit alanı ile ters orantılıdır.

Aşağıdaki denklem ile hesaplanabilir:

$$R = \rho \times \frac{l}{A}$$

Bu denklemde;

- **R:** Elektriksel direnci (Ω),
- **ρ :** Öz direnci ($\Omega \cdot m$),
- **l:** İletkenin uzunluğunu (m),
- **A:** İletkenin kesit alanını (m^2),

ifade etmektedir.

Öz direnç (ρ) ise malzemenin sadece cinsine bağlı olup boyutlarına veya şekline bağlı olmayan bir değerdir. Ohm-metre ($\Omega \cdot m$) birimi ile ifade edilir. Aynı zamanda elektriksel iletkenliğin tersi olarak da bilinir (bkz. $\rho = 1/\sigma$). Malzemenin öz direncini sıcaklık, malzemenin safsızlığı ve malzemenin ne kadar deformasyona uğradığı etkiler.

Birçok katı malzemede elektrik akımı elektronik iletim ile gerçekleştiği için elektronların hareketlerini kısıtlayan herhangi bir durum o malzemenin öz direncini artırırken, elektriksel iletkenliğini azaltır. Önceki bölümlerde öğrendiğimiz üzere malzemelerin iç yapılarında sıklıkla hatalarla karşılaşmaktadır. Bu hatalara örnek olarak yabancı atomlar, atomların oturması gereken pozisyonlardaki boşluklar, dislokasyonlar ve tane sınırları verilebilir. Bu hataların sayısının artması veya azalması malzemenin elektriksel iletkenliğini pozitif veya negatif yönde etkiler. Ortamda sıcaklık artışı olduğunda malzemeyi oluşturan atomlar daha hızlı titreşmeye başlar. Aynı zamanda malzemede sıcaklık kaynaklı atom boşlukları oluşur. Bunun sonucu olarak da hareketli elektronlar bu atomlara daha rahat çarparak yollarından saparlar, dolayısıyla da malzemenin elektriksel iletkenliği azalır, öz direnci artar. Aynı şekilde malzeme içerisine eklenebilecek safsızlık atomları da hareket eden elektronların çarpabilecekleri parçacıklardır. Alaşım haline getirilmiş malzemelerde elektriksel iletkenlik bu sebeple saf malzemelerden daha düşüktür. Deforme edilmiş bir malzemede bildiğimiz üzere dislokasyon adını verdiğimiz örüntü hataları oluşmaktaydı. Bu hatalar da önceden bahsedilen hatalar gibi elektronların yollarından sapmalarına neden olur. Bu sebeple çok yüksek oranda deformasyona uğramış malzemelerin elektriksel iletkenliklerinde de azalma gözlemlenecektir.

Czochralski Yöntemi



Czochralski Yöntemiyle Büyütülen Silisyum Kristali Külçe.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Monocrystalline silicon ingot.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Monocrystalline_silicon_ingot.jpg)

1915 yılında Polonyalı bilim adamı *Jan Czochralski* tarafından icat edilen Czochralski yöntemi tek kristalli malzeme üretmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Önceki bölümlerde öğrendiğimiz üzere etrafımızdaki malzemeler tane adı verilen çok sayıda küçük kristal öbeğinin bir araya gelmesi sonucu oluşurlar ve bu tanelerin birbirine değdiği noktalardaki düzensizliklere tane sınırları denir. Tane sınırları malzemenin dayancını arttırmakta bilim insanlarının ve mühendislerin işine yarıyor olsa bile bazı durumlarda tane sınırlarının malzemede bulunması istenmeyebilir. Biraz önce öğrendiğimiz gibi elektronların hareketlerini kısıtlayan herhangi bir durum malzemenin elektriksel iletkenliğini azaltır. Tane sınırları da atomların kendileri, atom boşlukları ve safsızlık atomları gibi elektronları yollarından saptırırlar. Bu sebeple özellikle elektronik sektöründe kullanılacak olan malzemelerin tek kristalli (taneli) olması istenir.

Czochralski yönteminde tek kristal olarak üretimi yapılması istenen malzeme önce bir haznede eritilir. Ardından küçük ve belirli yönelime sahip, tek kristalli tohum kristali eriyik malzemenin içerisine bir çubuk aracılığı ile daldırılır. Eriyik malzemenin bulunduğu pota ile çubuk ters yönlerde döndürülürken, çubuk potanın içerisinden yavaşça yukarı doğru çıkartılır. Bu yöntem önceki fotoğrafta görüldüğü üzere silindir şeklinde tek kristalli bir külçe üretilir.

Bu yöntem ile bilgisayarlarda, telefonlarda ve televizyonlarda vb. kullanılan entegre devreler, yarı iletkenler ve güneş panellerinin üretiminde sıklıkla kullanılan tek kristalli Silisyum elde edilebilir.

Malzemelerin öz direncini etkileyen bir başka faktör ise ne kadar deformasyona uğradıklarıdır. Önceki bölümlerde öğrendiğimiz üzere bir malzemeyi plastik deformasyona maruz bıraktığımızda malzeme içerisinde yeni dislokasyonlar oluşacaktır. Bu dislokasyonlar da titreşen atomlar ve safsızlık atomları gibi elektronların hareketlerini kısıtlarlar ve elektriksel iletkenliği düşürürler.

Daha önceden öğrendiğimiz üzere, elektrik akımı genellikle negatif yüklü elektronlar aracılığıyla elektronik iletim sonucu oluşur. Elektronlar, atomların etrafında belirli yörüngelerde ve belirli enerji değerlerinde hareket eder. Eğer bu elektronlara dışarıdan bir etki ile sahip olduklarının üzerinde bir enerji uygulanırsa, daha yüksek enerji seviyesindeki üst yörüngelere geçer. Elektriksel iletkenliğin sağlanması için valans elektron adını verdiğimiz, bir atomun en dış kabuğunda bulunan hareketli elektronların, bu atomun etki alanından kurtulmaları gerekir. Bunun için gerekli olan enerji ısı, ışık, radyasyon, manyetik etki veya elektriksel gerilim gibi dış etkilerle sağlanır. Bu şekilde valans elektronların enerji seviyeleri yükseltilerek serbest hale geçmeleri sağlanır. İletken, yarı iletken ve yalıtkan malzemelerdeki elektriksel iletkenlik, sahip oldukları valans elektronların serbest hale geçmeleri için gerekli olan enerji seviyelerine bağlıdır. Bu sebeple malzemelerdeki valans elektronların serbest hale geçmeleri için gerekli olan enerjilerin incelenmesi elektriksel iletkenliklerinin anlaşılması açısından çok önemlidir. Metallerde bu enerji seviyesi oldukça düşüktür. Çok küçük bir elektriksel gerilimle dahi metallerin valans elektronları serbest hale geçebilirler. Metallerin elektriği çok iyi iletmelerinin sebebi budur.

Yalıtkan malzemelerde ise valans elektronların serbest hale geçmeleri için çok yüksek enerjilere ihtiyaç vardır. Bu enerji elektriksel gerilim ile kolayca sağlanamaz ve genelde ısı veya ışık gibi dış etkenlere ihtiyaç duyulur. Bunun sebebi yalıtkan malzemelerde görülen iyonik veya kuvvetli kovalent bağların valans elektronların atom çekirdeğine sıkıca bağlı olmalarını sağlamalarıdır. Birçok seramik ve polimer malzemenin elektrik iletkenlikleri çok düşüktür. Bu sebeple genellikle elektriksel izolasyon amacıyla kullanılırlar.

Öte yandan, yarı iletken malzemeler yalıtkan ve iletken malzemelere göre oldukça ilginç özelliklere sahiptir. Normal şartlar altında yalıtkan özellik gösterir. Sahip oldukları her 1 trilyon (10^{12}) atomdan yalnızca birini farklı bir element ile değiştirdiğimiz durumda ise elektriksel özellikleri tamamen değişmektedir. Yarı iletkenlere kontrollü bir şekilde bu safsızlığın eklenmesi işleme katkılama (doping) denir.

Elektriksel özellikleri yarı iletkeni oluşturan saf elementlerin özelliklerine benzeyen yarı iletkenlere içsel yarı iletkenler (intrinsic yarı iletkenler) denir. Elemental, yani tek bir elementten oluşan, içsel yarı iletkenler Silisyum (Si) ve Germanyum (Ge)'dur. İçsel yarı iletken özellik gösteren bileşiklere ise Galyum Arsenit (GaAs), Kadmiyum Sülfür (CdS) ve Çinko Tellür (ZnTe) örnek olarak gösterilebilir. Yarı iletkenlere, valans elektronların serbest kalmaları için gerekli olan enerji verildiğinde enerji seviyelerini yükseltirler ve arkalarında pozitif yüklü boşluklar bırakır. Elektrik akımı altında bu boşluklar akımla aynı yönde ilerlerken, elektronlar ise akıma ters yönde yol alır. Bu nedenle elektrik iletiminde hem bu boşluklar hem de elektronlar bir arada görev alır.

Elektriksel özellikleri yarı iletkenlere eklenen katkılar ile belirlenen yarı iletkenlere dışsal yarı iletkenler (extrinsic yarı iletkenler) denir. Günümüzde kullanılan neredeyse bütün yarı iletkenler dışsal yarı iletkenlerdir. Eklenen katkı atomlarının negatif yüklü elektron sayıları katkılanan yarı iletkenin fazla ise bu yarı iletkenlere *n*-tipi dışsal yarı iletkenler denir. Malzemede boşluklara göre oldukça fazla sayıda elektronlar bulunacağından elektrik iletimi özellikle negatif yüklü elektronlar ile gerçekleşir. Eklenen katkı atomlarının elektron sayıları katkılanan yarı iletkenin az olduğu durumda ise elektrik iletimi özellikle pozitif yüklü boşluklar aracılığı ile

gerçekleşir. Bu tarz yarı iletkenlere ise p -tipi dışsal yarı iletkenler denir. n -tipi dışsal yarı iletkenlerde çok fazla sayıda elektron, p -tipi dışsal yarı iletkenlerde de çok sayıda boşluk yalnızca ısı enerjisi ile atomun etki alanından çıkıp serbest hale geçebilir. Bu sebeple dışsal yarı iletkenler oda sıcaklığında dahi nispeten yüksek elektriksel iletkenlik değerlerine sahiptirler.

Günümüzde hayatımızın her noktasında yarı iletken teknolojisindeki gelişmelerden faydalanarak üretilen birçok aleti kullanmaktayız. Cep telefonlarından, bilgisayarlara, televizyonlardan, radyolara, hesap makinelerinden, otomobillere kadar etrafımızda gördüğümüz neredeyse bütün modern elektronik aletler yarı iletkenler sayesinde çalışır.

Diyotlar elektrik akımının sadece belirli bir yönde hareketine izin veren yarı iletken devre elemanlarıdır. Sıklıkla alternatif akımın (AC) direkt akıma (DC) dönüştürülmesinde kullanılır. Diyotlar bir yarısı p -tipi dışsal, diğer yarısı ise n -tipi dışsal olan yarı iletken devre elemanlarıdır. Bu yapıya PN bağlantısı da denir.

Modern elektroniğin yapı taşı olarak bilinen Transistörler ise üzerlerinden geçen elektrik sinyalini güçlendirmek için ve elektronik devrelerde anahtar işlevinde kullanılır. Diyotlara benzer şekilde p -tipi ve n -tipi dışsal yarı iletkenlerin birleşiminden oluşur. Diyotlardan farklı olarak iki kutuplu PN veya NP bağlantısı şeklinde değil, üç kutuplu PNP veya NPN şeklinde üretilir. Çok küçüklerdir ve üretimleri çok ucuzdur. Aynı zamanda çok az enerji harcadıkları için küçük pillerle dahi çalıştırılabilirler. Bu özellikleri transistörleri modern elektroniğin vazgeçilmez parçalarından biri haline getirmiştir. Özellikle anahtarlama özellikleri transistörleri bilgisayar ve cep telefonu gibi işlem gücü ve veri depolama ihtiyacı duyulan uygulamalarda en önemli devre elemanlarından biri yapmıştır.

Tartış



Aşağıdaki soruları öğrencilere yönelterek sınıf içinde bir tartışma ve beyin fırtınası ortamı oluşturun:

- Neden elektrikli aletler çok ısındıkları zaman çalışmaz?
- Neden bilgisayarların içerisinde fanlar vardır ve bazen çok hızlı bir şekilde çalışır?

Biraz önce öğrendiğimiz üzere günümüzde sıklıkla kullanılan neredeyse bütün yarı iletkenler dışsal (extrinsic) yarı iletkenlerdir. Katılama sonunda ana akım taşıyıcılarının cinsine göre *p*- ve *n*-tipi olarak tanımlanan bu yarı iletkenler çok yüksek sıcaklıklarda dışsallıklarını kaybeder ve içsel yarı iletkenler ile aynı özellikleri gösterir. Bunun nedeni ise yüksek sıcaklıklarda hem elektronların hem de boşlukların serbest hale geçmek için gerekli enerjiyi rahatça bulabilmeleridir. Belli bir sıcaklık değerinin üzerinde ortamdaki hareketli elektron sayısı ile hareketli boşluk sayıları eşitlenir, böylelikle de katılanmış durumda olan dışsal yarı iletkenler içsel yarı iletkenler gibi davranmaya başlar. Dışsal yarı iletkenler bu sebeple genelde 0°C ile 70 °C arasında kullanılır.

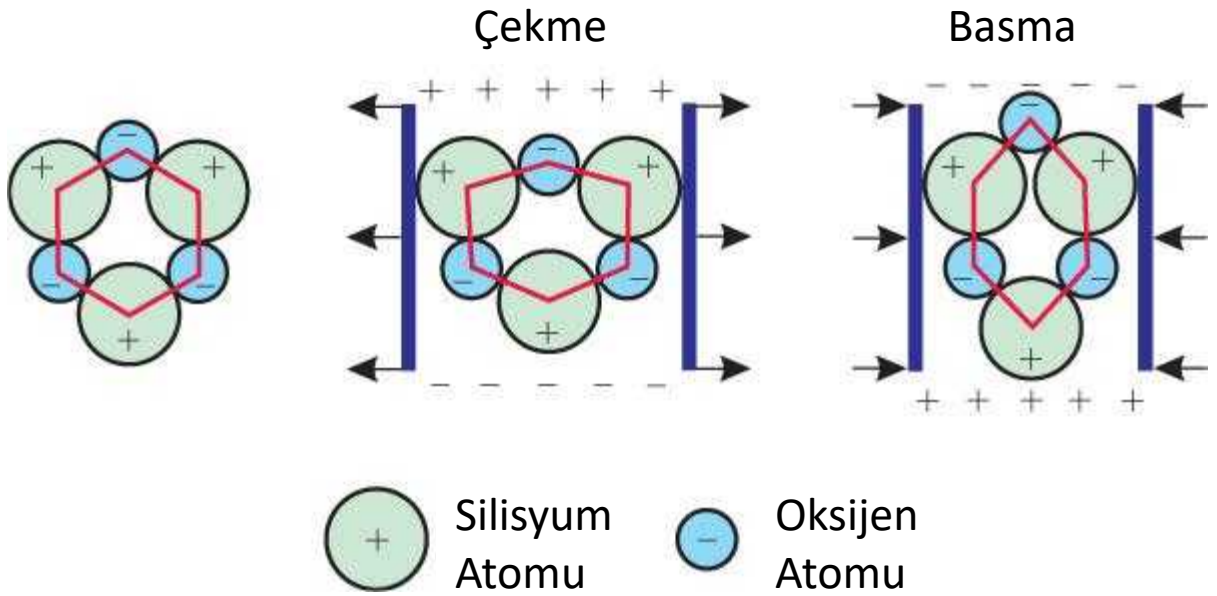
Etkinlik No	5.3
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Piezoelektrik Malzemeler
Önerilen Süre	1 ders saati
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler piezoelektrik malzemelerin özelliklerini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Anlatım Soru-Yanıt Deney-Gözlem
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	1 Adet Devre Kartı 1 Adet 470 ohm Direnç Bağlantı Kabloları Piezoelektrik Disk 1 Adet LED 1 Adet Ksilofon Tokmağı Siyah Fon Kağıdı

İŞLENİŞ:

Piezoelektrik Malzemeler

“Sıkıştırmak, basınç uygulamak” anlamına gelen Yunanca Piezo ve elektrik kelimelerinden türetilen Piezoelektrik özellik, mekanik basınç sonucunda elektrik alan üretimi demektir. Piezoelektrik özellik gösteren malzemeler aynı zamanda elektrik alanına maruz kaldıklarında şekil değiştirme yeteneğine de sahiptirler. Bu davranışa da Ters Piezo Etkisi denir. Bazı kristal ve seramik malzemelerde bu özellik görülmektedir. 1880 yılında Pierre Curie ve Jacques Curie kardeşler tarafından ispat edilmiştir.

Piezoelektrik özellik gösteren en önemli ve ilk keşfedilen kristal Kuvars (SiO_2)’dır. Kuvars kristallerinin piezoelektrik özelliklerinden en yaygın olarak Kuvars saatlerde faydalanılır. Keşfedilen ilk piezoelektrik seramik ise Baryum Titanat (BaTiO_3)’tır. Birçok mikrofon ve transdüserde Baryum Titanat kullanılmaktadır. Günümüzde en sıklıkla kullanılan piezoelektrik seramik ise Kurşun Zirkonat Titanat’tır. Genellikle kimyasal formülünün ($\text{Pb}[\text{Zr}_x\text{Ti}_{1-x}]\text{O}_3$) kısaltması olan PZT ile adlandırılır. PZT, diğer seramik piezoelektrik malzemelere göre üstün hassasiyet ve yüksek sıcaklığa dayanımı nedeniyle en yaygın kullanıma sahip piezoelektrik seramiktir.



Kuvars'ta görülen piezoelektrik etkinin mekanizması. (Türkçeye çevrilmiştir)
<https://dev.nsta.org/evwebs/2014102/news/default.html>

Keşfedilen ilk piezoelektrik kristal olan kuvarsı inceleyerek, piezoelektrik etkinin nasıl gerçekleştiğini anlayabiliriz. Kuvars Silisyum ve Oksijen elementlerinden oluşmaktadır. Bu elementlerden Oksijen daha negatif yüklüken Silisyum daha pozitif yüklüdür. Yukardaki şekilde gösterildiği üzere kuvarsın kristal yapısına baktığımızda, mekanik güç uygulandığında pozitif ve negatif yüklerin birbirinden uzaklaşacağı görülebilir. Bu sebeple malzeme içerisinde pozitif ve negatif yüklü alanlar oluşacaktır. Bu polarizasyon sonucunda ise elektrik akımı oluşmaktadır.

Piezoelektrik malzemeler ilk olarak 1. Dünya Savaşı sırasında denizaltı ve gemilerin tespiti için kullanılmıştır. Günümüzde *sonar* olarak bilinen cihazların atası olan bu cihazlar iki adet piezoelektrik malzeme kullanılarak üretilmişlerdir. Bir piezoelektrik malzemenin elektrik akımı ile titretilmesi sonucu ortaya çıkan ses dalgalarının, herhangi bir gemi veya denizaltıdan sekerek ikinci piezoelektrik malzemeyi titretmesi arasında geçen süre hesaplanarak bu deniz taşıtlarının yerleri belirlenmiştir. Bu ilk sonarlarda piezoelektrik malzemelerin başarılı bir şekilde kullanılmış olması, piezoelektrik malzemeler üzerinde yapılan araştırmaları arttırmıştır.

Günlük hayatta sıklıkla kullandığımız cihazlarda bulunan birçok mikrofon ve hoparlörler de piezoelektrik özelliklere sahip malzemeler kullanılarak üretilirler. *Mikrofonlar* ses dalgalarını oluşturan hava akımlarını elektrik sinyallerine dönüştürürler. Piezoelektrik malzemelerin üzerlerine uygulanan basıncı elektrik akımına dönüştürme yetenekleri kullanılarak ses kayıt işlemleri gerçekleştirilebilir. *Hoparlörler* ise, öte yandan, kayıtlı seslerin elektrik sinyallerini duyulabilir ses dalgalarına çevirirler. Bu cihazların piezoelektrik malzemeler ile üretilmesi ters piezo olayı ile açıklanabilir. Üzerinden elektrik akımı geçen bir piezoelektrik malzeme şekil değiştirecektir. Bunun sonucunda bir diyafram yardımıyla elektrik sinyalleri ses dalgalarına çevrilebilir.

Piezoelektrik Malzemeler Deneyi



Piezoelektrik Malzemeler Deney Videosu Açılış Görüntüsü

Bu dersin videolu deneyinde piezoelektrik malzemeleri tanıyacağız. Piezoelektrik malzeme ile kuracağımız bir adet devre üzerindeki LED'i, hiçbir pil ya da batarya kullanmadan, yakmaya çalışacağız. Bunun için piezoelektrik malzemelerin özelliklerinden faydalanacağız. Bir tokmak yardımı ile üzerine vurduğumuz piezoelektrik malzemenin LED'i yakabilecek kadar yüksek akım oluşturup oluşturamayacağını göreceğiz.

Gerekli Malzemeler:

Kişisel Koruyucu Donanım

- Nitril Eldiven
- Laboratuvar Önlüğü

Deney Malzemeleri

- 1 Adet Devre Kartı
- 1 Adet 470 ohm Direnç
- Bağlantı Kabloları
- Piezoelektrik Disk
- 1 Adet LED
- 1 Adet Ksilofon Tokmağı
- Siyah Fon Kağıdı

Deneyin Uygulanışı

1. Öğrencilere deneyin gerçekleşmesi için gereken koruyucu donanım açıklanır. Bu deneyde nitril eldiven ve laboratuvar önlüğü kullanımı gerekmektedir. Bu aşamadan itibaren deneyde kullanılacak malzemeler teker teker tanıtılır.



Deneyde gerekli olan koruyucu donanımlar

2. Aşağıdaki şekilde bu deneyde kullanılacak malzemeler gösterilmektedir.



Deneyde kullanılacak olan malzemeler

3. Piezoelektrik malzemelerin gündelik hayattaki kullanım alanlarına örnek göstermek açısından bir adet Kuvars masa saati ve içerisinden çıkartılan bir adet piezoelektrik malzeme gösterilir.



İçerisinde Piezoelektrik malzeme bulunan Kuvars saat



Kuvars saat içerisinde bulunan piezoelektrik malzeme

4. Ardından bu deneydeki devrede kullanılacak olan piezoelektrik malzeme tanıtılır.



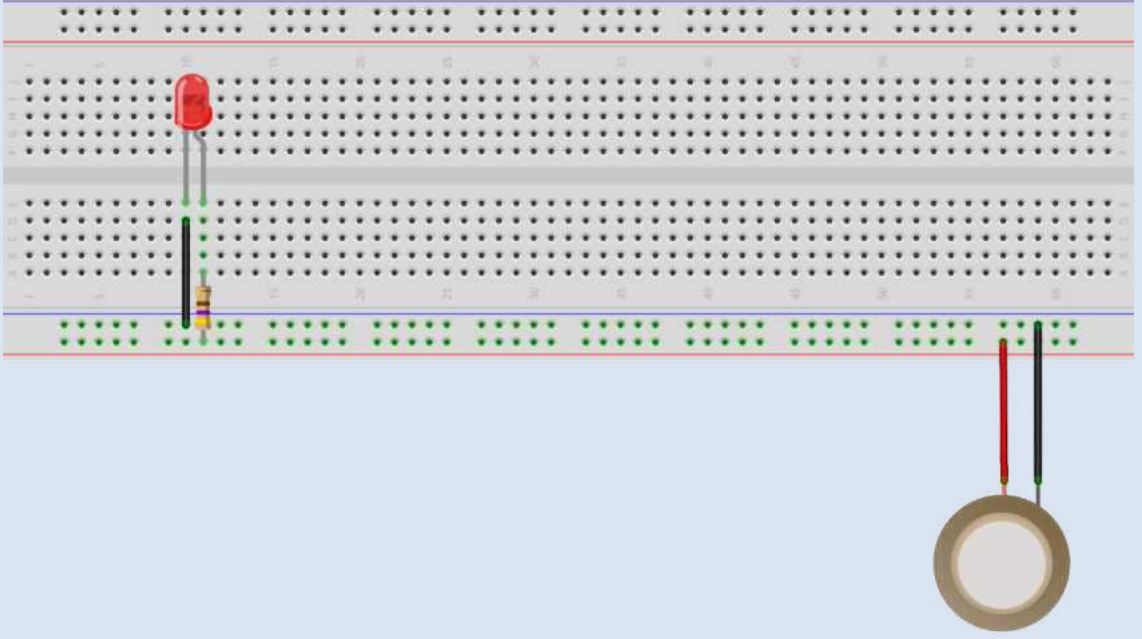
Deneyde kullanılacak olan Piezoelektrik malzeme

5. Piezoelektrik malzeme üzerinde mekanik basınç oluşturmak için kullanılacak olan tokmak gösterilir.

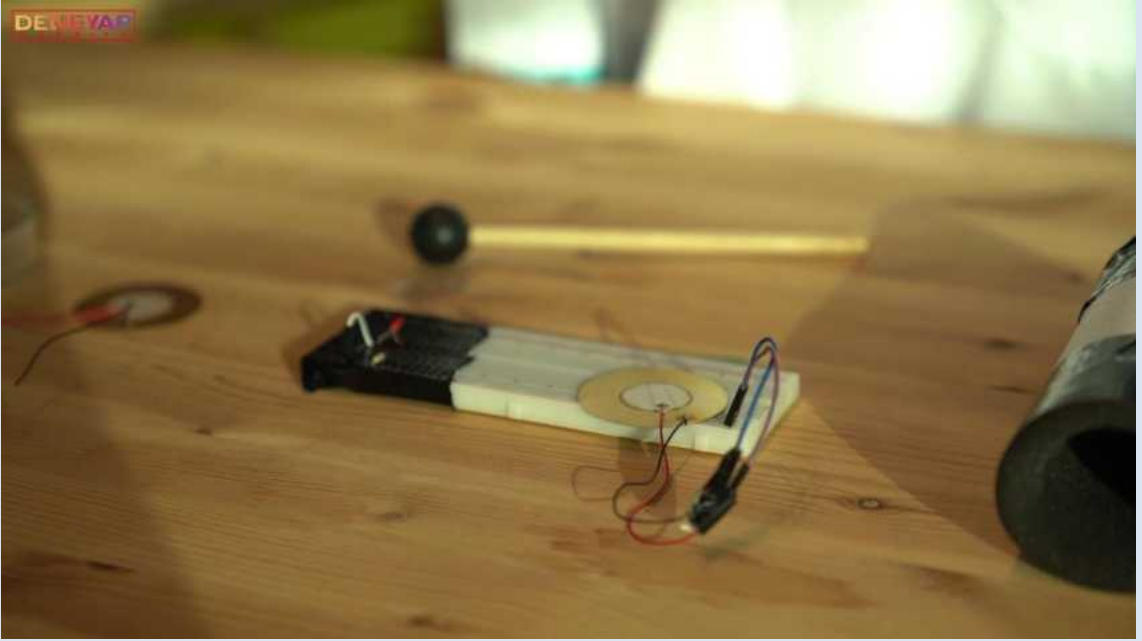


Piezoelektrik malzemeye mekanik basınç oluşturmak için kullanılan tokmak

6. Piezoelektrik malzemenin basınca maruz kalması ile elektrik üretiminin gerekleştiiğini göstermek amaçlı hazırlanan devre aşığıdaki şekle uygun olarak yapılır.



Deneyde kullanılacak olan devre tasarımı



Deneyde kullanılacak olan devre

7. Rulo haline getirilmiş siyah fon kağıdı ise LED'in yandığının daha rahat görülmesi için kullanılır.



LED'in daha rahat görülmesi için kullanılan rulo haline getirilmiş siyah fon kağıdı

8. Bu kısımda bağlantıları tamamlanmış olan devreye bağlı olan piezoelektrik malzemeye tokmak aracılığı ile birkaç sefer vurularak LED'in yanıp yanmadığı kontrol edilir.



Deneyin gerçekleştirilmesi

9. Gerekli durumda, rulo haline getirilmiş siyah fon kağıdı LED üzerine konarak karanlık bir ortam yaratılarak LED'in yanışı daha rahat bir şekilde görülebilir.



Rulo haline getirilmiş siyah fon kağıdı kullanılarak LED'in gözlemlenmesi

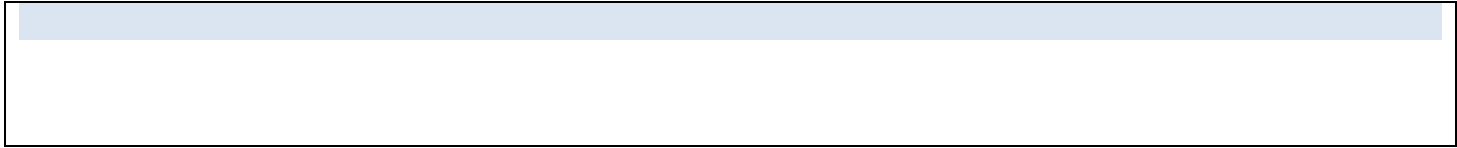
10. Rulo haline getirilmiş siyah fon kağıdı içerisinde bakıldığında LED'in yandığının daha açık bir şekilde görüldüğü aşağıdaki şekilde görülebilir.



Rulo haline getirilmiş siyah fon kağıdı ile bakıldığında LED'in görünümü

Deney sonrası aşağıdaki soruları öğrencilerinizle tartışabilirsiniz.

1. Piezoelektrik malzemeler tarafından üretilen enerjiyi depolamak mümkün müdür?
2. Piezoelektrik malzemeleri hangi mühendislik uygulamalarında kullanabiliriz?
3. Piezoelektrik malzemeleri akıllı şehir ve akıllı bina uygulamalarında hangi sebeplerle nerelerde kullanabiliriz?



ALTINCI BÖLÜM MALZEMELERİN TERMAL ÖZELLİKLERİ

Termal Özellikler

Isı ve Sıcaklık Kavramı

Isı İletimi

Aerogeller



Etkinlik No	6.1
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Malzemelerin Termal Özellikleri Derse Başlamadan Önce Etkinliği
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler mühendislik uygulamalarında kullanılan malzemelerin termal özelliklerini öğrenecektir. Aerojellerin termal özellikleri deneyle irdilenecektir.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-arac, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Malzemelerin Termal Özellikleri

Dersimizin dördüncü haftasına malzemelerin termal özellikleri ile devam ediyoruz. Elektriksel özelliklere benzer şekilde termal özellikler de çok geniş bir konu olduğu için bu ders kapsamında özellikle malzemelerin ısı iletkenliği ve özısı kavramlarına vurgu yapılacaktır. Derse başlamadan önce aşağıdaki fotoğrafları kullanarak bir beyin fırtınası yaratabilirsiniz.

Derse başlamadan önce

Aşağıda verilen malzemeleri ısıl iletkenlik kabiliyetlerine göre sıralayınız.



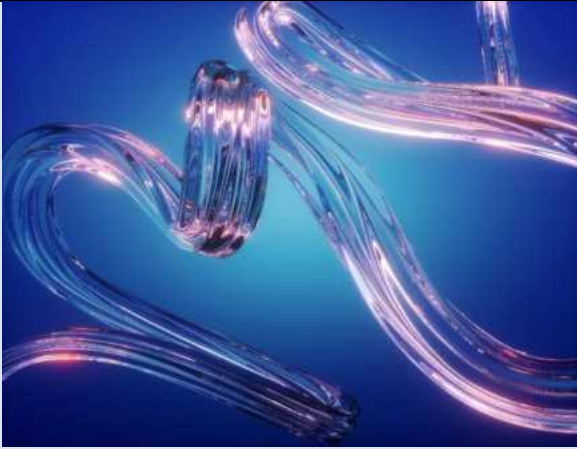
Altın



Çimento



Strafor

	Bakır
	Hava
	Cam

Isıl iletkenliğe göre sıralama (en yüksekte en düşüğe):

Bakır – Altın – Çimento – Cam - Hava- Strafor

Derse başlamadan aşağıdaki soruların cevaplarını öğrencilerle tartışabilirsiniz.

- **Bildiğiniz ısı iletkenliği yüksek malzeme hangisidir?**
- **Mutfaklarımızda kullandığımız sıcak ürünleri hangi malzemelerde saklarız?**
- **Sıcaklık nedir?**
- **Isı nedir?**
- **Ateşimiz çıktığında bunu nasıl ölçeriz?**

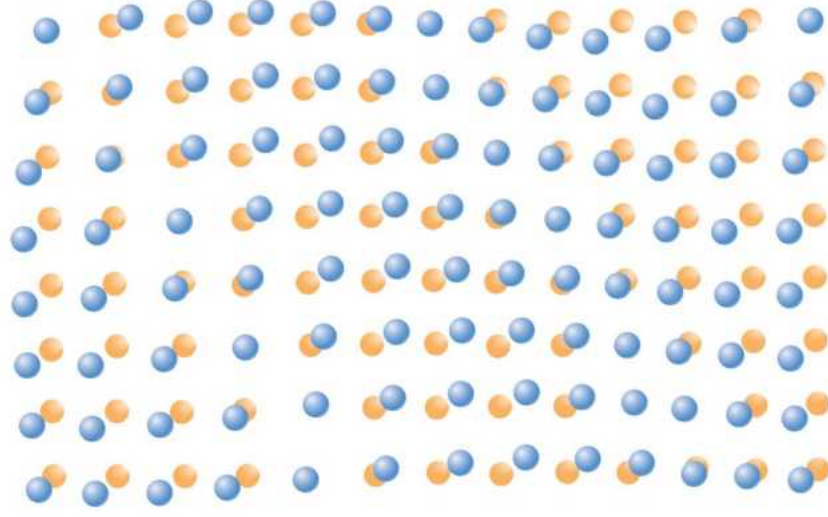
Etkinlik No	6.2
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Isı ve Sıcaklık Kavramları
Önerilen Süre	30 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler ısı ve sıcaklık kavramlarını öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	100 ml Su 100 ml Alkol 100 ml Sıvı Yağ 3 Adet 250 ml Beher 1 Adet Baget Termometre 3 Adet Üç ayak 3 Adet İspirto Ocağı

İŞLENİŞ:

Isı ve Sıcaklık Kavramları

Dünya üzerindeki bütün malzemeleri oluşturan atomlar mutlak sıfır derecenin üzerindeki sıcaklıklarda çok yüksek frekanslarda titreşmektedir. Bu titreşimler ortam sıcaklığından kaynaklı ısı enerjisinin atomların kinetik enerjilerini arttırmaları sonucunda gerçekleşmektedir. Malzemeyi oluşturan bu atomlar ve etraflarındaki elektronların titreşimleri malzemede aşağıdaki şekilde de görüldüğü üzere örgü dalgaları oluşturur. Bu örgü dalgaları ısının iletilmesindeki en önemli araçlardır. Aynı zamanda bu titreşimler sonucunda birbirleriyle etkileşime girip çarpışan atom ve elektron gibi parçacıklar da enerjilerini birbirlerine aktararak ısının iletiminde görev alır.

Malzemelerin termal özelliklerden bahsetmeden önce birbiriyle sıklıkla karıştırılan Isı ve Sıcaklık kavramlarının üzerlerinden geçmekte fayda vardır. Sıcaklık bir malzemenin ya da sistemin ortalama kinetik enerjisini belirtir ve Celcius ($^{\circ}\text{C}$), Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$) ve Kelvin ($^{\circ}\text{K}$) gibi birimlerle ifade edilir. Isı ise birden fazla malzeme veya bir malzeme ile ortam arasındaki sıcaklık farkından ötürü gerçekleşen termal enerji değişimine verilen addır. Isı enerjinin akışını ve bu akışın miktarını belirtir. Joule (Jul, J) veya Kalori (cal) birimleri ile ifade edilir. 1 Joule 0.239 gram suyun sıcaklığını 0°C 'den 1°C 'ye çıkartmak için gerekli olan enerjiye tekabül eder. 1 Kalori ise 1 gram suyun sıcaklığını $14,5^{\circ}\text{C}$ 'den $15,5^{\circ}\text{C}$ 'ye çıkartmak için gerekli enerji miktarıdır.



*Malzemelerde görülen örgü dalgalarının şematik görünümü.
(“The Thermal Properties of Materials” by J. Ziman.)*

Eğitmene Not

Bu kısımda öğrencilere farklı sıcaklık ölçü birimleri (ör. °C, °F ve °K) arasındaki farklılıklar, kullanım alanları, birbirleri arasında nasıl dönüşüm yapılabileceği hakkında ek sorular sorulabilir, ek bilgiler sunulabilir.

Tüm malzemeler ısıtıldıklarında ısı enerjisinin bir kısmını absorbe ederler (soğururlar) ve sıcaklıkları artar. Ancak her malzemenin absorbe edebileceği ısı enerjisinin miktarı aynı değildir. Malzemelerin termal özelliklerinden biri olan Öz Isı (Özgül Isı, c), o malzemenin birim kütlesinin sıcaklığını 1°C arttırmak için gerekli olan enerjiyi gösterir ve her malzemede farklıdır. Öz ısının yüksek olması o malzemenin daha yavaş ısınıp soğuyacağını gösterir.

Öz ısısı düşük olan malzemelerin en sık kullanıldığı alanlardan birisi elektronik sektördür. Sıcaklık artışlarından negatif yönde etkilen elektronik parçaların etkin bir şekilde soğutmak için şekilde bir örneğinin de görülebileceği bakır plakalar sıklıkla kullanılmaktadır. Öz ısısı düşük olan Bakır ısınan parçanın ısını hızla üzerine çeker ve aynı hızla dışarıya genellikle bir fan yardımıyla iletir, böylelikle elektronik parçaların yüksek sıcaklık nedeniyle zarar görmeleri engellenmiş olur.



Deney

Öz Isı Deneyi



Gerekli Malzemeler:

Kişisel Koruyucu Donanım

- Nitril Eldiven
- Laboratuvar Önlüğü

Deney Malzemeleri

- 100 ml Su
- 100 ml Alkol
- 100 ml Sıvı Yağ
- 3 Adet 250 ml Beher
- 1 Adet Baget Termometre
- 3 Adet Üç Ayak
- 3 Adet İspirto Ocağı

Deneyin Uygulanışı

1. Eşit miktarlarda su, alkol ve sıvı yağ beherlere aktarılır.
2. Her beherglasın altına bir adet özdeş ispirto ocağı yerleştirilir.
3. İspirto ocakları yakılmadan önce su, alkol ve sıvı yağın sıcaklıkları bir termometre aracılığı ile ölçülür ve not edilir.
4. 20 dakika boyunca her 5 dakikada her bir beherglasın sıcaklıkları bir termometre aracılığı ile ölçülür ve not edilir.

Deney Sonu Soruları

1. 20 dakika sonunda 3 beherdeki sıcaklık değişimleri aynı mıdır? Farklı ise bunun sebebi nedir?
2. Deneyde kullanılan maddelerin öz ısılarını büyükten küçüğe doğru sıralayınız.

Etkinlik No	6.3
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Isı İletimi
Önerilen Süre	30 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler farklı malzemelerdeki ısı iletimi kavramını öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Anlatım Soru-Yanıt
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	1 Adet Metal Çubuk 1 Adet Tahta Çubuk 1 Adet Metal Çifti 1 Adet Üç Ayak ve Bağlantı Çubuğu 1 Adet İkili Bağlama Parçası 1 Adet İspirto Ocağı ve Bunsen Beki

İŞLENİŞ:

Isı İletimi

Malzemelerde ısı 3 farklı şekilde yayılabilir. Bunlar iletim, konveksiyon (taşıma) ve ışımadır (radyasyon). Bu dersin başında da belirtildiği üzere ısı malzemeyi oluşturan atom ve elektronların yüksek sıcaklıklarda birbirlerine çarpmaları sonucunda iletilebiliyor. Bu yayılım yöntemine iletim yoluyla yayılım denir. Evrendeki tüm maddeler atom ve elektronlardan oluştuğu için maddenin üç fazı olan katı, sıvı ve gazlarda ısı yayılımı iletim yolu ile gerçekleşebilir. Isının iletim yolu ile yayılabilmesi için malzeme ısı kaynağı ile doğrudan temasta olmalı ve malzemeyle ısı kaynağı arasında sıcaklık farkının olması gerekmektedir. İçerdiği atomlar birbirine çok daha yakın pozisyonlarda bulunduğu için katılarda ısı iletim yolu ile, sıvı ve gazlara göre, daha kolay iletir. Isı yükselmesi sonucunda parçacıkların artan titreşimleri kendilerine komşu olan parçacıklara da iletir. Dolayısıyla, bu iletimin kolay ve hızlı gerçekleşebilmesi için parçacıkların birbirine yakın olması gerekmektedir.

Isı, akışkanlarda (gaz ve sıvı fazdaki malzemelerde) konveksiyon (taşıma) yöntemi ile de yayılır. Bu yayılım yönteminde, yüksek enerjiye sahip parçacıklar özkütlelerinin yüksek ısı sayesinde azalması sonucunda havaya yükselir. Bu yükselme sırasında havadaki daha az enerjiye sahip soğuk parçacıklar yükselen parçacıkların yerlerini alır. Konveksiyon yöntemi ile aktarım yükselen parçacığın özkütlesi artık daha fazla yükselmesini sağlayamayacak duruma gelene kadar devam eder. Soğuyan ve enerjisini kaybeden parçacık yavaşlar ve aşağıya doğru hareket ederken yerini daha sıcak parçacıklara bırakır. Bu hareket dairesel bir parçacık akımına sebep olur. Evlerde ısınma amaçlı kullanılan radyatör petekleri ısının konveksiyon yöntemi ile taşınması prensibini baz alır.



Binalarda ısınmada sıklıkla kullanılan bir radyatör peteği.

Eğitmene Not

Bu kısımda öğrencilere dünyamızın nasıl ısındığı ve gelen cevaplar üzerine ısıнын güneşten Dünya'ya kadar ne şekilde iletildiği üzerine sınıf içerisinde bir tartışma ve beyin fırtınası ortamı oluşturun.

Isının yayılmasında iletim ve konveksiyon yöntemlerinde parçacıkların görev aldığını öğrendik. Ancak Dünya'mız bizden yaklaşık 150 milyon kilometre uzaklıktaki Güneş tarafından ısıtılmaktadır ve uzayda ısıнын iletim ve konveksiyon yöntemleriyle iletilebilmesine yardımcı olabilecek parçacıklar yoktur. Isı madde aracılığı olmadan ışıma (radyasyon) yolu ile yayılır. İletim yolundan farklı olarak maddeler birbirine temas etmek zorunda değildir ve konveksiyon (taşınım) yolundan farklı olarak da boşlukta yayılım gerçekleşebilir. Işıma ile ısı elektromanyetik radyasyon aracılığıyla iletilir. Mikrodalga fırınlarda da ışıma yolu ile ısı yayılımından faydalanılmaktadır. Tüm malzemeler sıcaklıklarına göre ışıma ile ısı yayılımı gerçekleştirirler. Bir malzeme ne kadar sıcaksa, ışıma ile yayacağı ısı da o kadar yüksek oranda olacaktır. Malzemenin yüzey özellikleri ve fiziksel şekli de ışıma ile ısıнын yayılım hızını etkiler. Düz yüzeye sahip ince malzemeler kalın ve pürüzlü yüzeye sahip malzemelere göre ısıyı ışıma ile daha hızlı bir şekilde ileteceklerdir. Güneş'ten ışıma yolu ile gelen ısıyı soğurup ısınmada kullanabilmek için yüzeylerin koyu renkli ve mat olması gerekmektedir. Parlak ve açık renkli yüzeyler ışınları yüksek oranda geri yansıtacağından bir malzemeyi Güneş'in ışınlarından korumak için bu tarz yüzeylere sahip malzemeler sıklıkla kullanılır.

Deney

Isıl İletkenliği Deneyi



Isı iletkenliği deneyi deney düzeneği

[<https://www.tec-science.com/thermodynamics/heat/human-thermal-response/>]

Gerekli Malzemeler:

Deney Malzemeleri

- 1 Adet Metal Çubuk
- 1 Adet Tahta Çubuk

Deneyin Uygulanışı

4. Benzer şekil ve boyutlarda bir adet metal ve bir adet tahta parça alınır.
5. Malzemeler oda sıcaklığında bir süre bekletilerek aynı sıcaklıkta olmaları sağlanır.
6. Bir el metale koyulurken, diğer tahtaya koyulur.

Deney Sonu Soruları

1. Hangi malzeme daha soğuk hissedilmiştir? Metal mi tahta mı?
2. Eğer iki malzemeden birisi soğuk hissedildi ise bunun sebebi nedir?

Isının maddenin içerisindeki bir noktadan diğer bir noktaya ulaşma hızı o maddenin ısı iletkenliği ile doğru orantılıdır. Isıyı iyi ileten malzemelerin ısı iletkenlik katsayıları, ısı yalıtkan ismi verilen ısıyı daha yavaş ileten malzemelere göre daha yüksektir. Önceki kısımlardan bildiğiniz gibi malzemeler 3 temel gruba ayrılır; metaller, seramikler ve polimerler. Bu üç temel gruptan ısıyı en iyi ileten metallerdir. Metallerde bulunan serbest elektronların titreşim ve çarpışmaları sonucunda ısı örgü dalgalarına göre onlarca kat daha fazla iletilir. Ancak metaller de başka elementlerle karıştırıldıklarında, yani alaşımlandıklarında, ısı iletkenlik katsayıları düşecek

ve ısıyı daha yavaş iletceklerdir. Bu durum alaşımlama sonucu malzemeye eklenen elementlerin metallerde bulunan serbest elektronların hareketlerini kısıtlamalarından kaynaklanmaktadır. Serbest elektronlara sahip olmayan seramik ve polimer malzemeler yalnızca örgü dalgaları aracılığı ile ısıyı iletibildikleri için ısı iletkenlik katsayıları metallere göre oldukça düşüktür ve ısı yalıtkanlar olarak kullanılmaktadır. Özellikle yüksek sayıda gözeneklere sahip malzemeler ısı yalıtımında sıklıkla kullanılmaktadır. Gözenekli seramik malzemelere örnek olarak şekilde görülen uzay mekiğinin altını kaplayan siyah seramik karolar gösterilebilir. Aynı zamanda gözenekli polimer yapılar da hayatımızın birçok noktasında ısı yalıtımında kullanılmaktadır. Tek kullanımlık bardaklarda sıklıkla plastik köpükler ısı yalıtımını artırma amacıyla kullanılmaktadır.



NASA tarafından kullanılan bir uzay mekiğinin ön ve alt kısmında görülen siyah seramik karolar

Neredeyse bütün katı malzemeler ısıtıldıklarında genleşir, soğutulduklarında ise büzülürler. Malzemelerin ısıtıldıklarında boyut artışının görülmesine termal genleşme denir. Bu olay ısıtılan malzemedeki parçacıkların enerji artışlarının sonucunda birbirlerine uyguladıkları çekim kuvvetinin azalmasıyla oluşur. Çekim kuvvetleri azalan parçacıkların aralarındaki mesafe artar, bu da malzemenin boyutlarının artmasına, malzemenin genleşmesine neden olur. Her malzemenin sıcaklık etkisiyle genleşme oranı birbirinden farklıdır ve bu oran malzemelerin ayırt edici özelliğidir. Isıl genleşme katsayısı birim sıcaklık değişiminde (1°C , 1°K) bir maddenin birim uzunluğunun artış oranı olarak tanımlanmıştır ve $1/^{\circ}\text{C}$ veya $1/^{\circ}\text{K}$ birimleri ile ifade edilir. Isıl genleşme katsayısı yüksek olan malzemeler ısıtıldıklarında daha fazla genleşme gösterir.

Seramik malzemeleri oluşturan atomlar birbirleri ile kuvvetli kovalent bağlar ile bağlandıkları için atomlar arası mesafelerin artması çok zor olmaktadır. Bu nedenle seramik malzemelerin ısı genleşme katsayıları

oldukça düşüktür. Aynı zamanda bazı seramik malzemeler ısıtıldıklarında belli yönlerde genişirken belli yönlerde de büzülebilir.

Bazı polimerik malzemeler ise seramik ve metal malzemelere göre çok yüksek ısı genleşme katsayısına sahiptir. Seramik ve metallerin aksine polimer malzemelerin atomları aralarındaki görece zayıf bağlar ısıtılma sırasında kolayca atomların arasındaki mesafelerin artmasına imkân tanımaktadır. Ancak kuvvetli kovalent bağlar ile birbirlerine bağlanan atomlara sahip olan polimerik malzemeler de metal ve hatta seramikler kadar yüksek ısı genleşme katsayılarına erişebilir. Isıl genleşme günümüzde birçok mühendislik uygulamasında göz önünde bulundurularak kullanılmaktadır. Tren rayları ve metal köprülerin ek bağlantı parçaları arasında küçük boşluklar bırakılarak mevsimsel sıcaklık değişimleri sonucunda gerçekleşen ısı genleşmenin raylara ve köprülere zarar vermesi engellenir. Aynı şekilde elektrik telleri de sıcak havalarda sarkık, soğuk havalarda ise gergin bir şekilde görülür. Bunun nedeni de yine ısı genleşme sonucunda sıcak havalarda boyut artışına uğrayan tellerin sarkmaları, soğuk havalarda da büzülerek eski hallerine dönmeleridir. Ütülerde, su ısıtıcılarında veya yangın alarmı gibi cihazlarda da malzemenin ısı genleşmesi kullanılır. Termostat adı verilen cihazlar, iki farklı ısı genleşme katsayısına sahip metallerin birbirine perçinlenmesi sonucu oluşturulan metal çiftler ile üretilir. Metal çiftler ısıtıldıklarında veya soğutulduklarında belirli bir yöne doğru bükülür ve bu bükülmeler incelenerek gerek görülen eylemler (ütünün veya su ısıtıcısının ısınmasının durdurulması, yangın alarmının çalmaya başlaması, vb.) gerçekleştirilir.

Isıl genleşme sadece katı malzemelerde gözlemlenmez. Sıvılarda da aynı katılarda olduğu gibi genleşme ve büzülme görülür. Cıva termometreleri cıvanın ısıtılınca genleşmesini baz alarak sıcaklık ölçümleri yaparlar. Isınan cıva termometrenin haznesinden, hazneye bağlı kılcal boruya doğru yükselir ve yükselme miktarına göre sıcaklık tayini yapılır. Bütün sıvılarda soğutulduklarında büzülme gözlemlenir, bu da hacimlerinin düşmesine dolayısıyla da özkütlelerinin artmasına neden olur. Ancak suyun hacmi bundan farklı olarak sıcaklık +4°C'ye gelene kadar azalır bundan sonra ise artmaya başlar. Bu durumun bir sonucu olarak deniz, okyanus, göl, vb. su kaynaklarında kış aylarındaki soğuk havalarda donan su özkütle farkından ötürü üstte kalır. Bir başka deyişle deniz, okyanus ve göllerde su yüzeyden itibaren donmaya başlar ve en dipteki suyun sıcaklığı genellikle en yüksek özkütleyle sahip olan +4°C'de sabit kalır. Bu da su içerisindeki canlı hayatının devamlılığını sağlaması açısından çok önemlidir.

Metal çifti deneyi



Metal çifti deneyi deney düzeneği

Gerekli Malzemeler:

Kişisel Koruyucu Donanım

- Nitril Eldiven
- Laboratuvar Önlüğü

Deney Malzemeleri

- 1 Adet Metal Çifti
- 1 Adet Üç Ayak ve Bağlantı Çubuğu
- 1 Adet İkili Bağlama Parçası
- 1 Adet İspirto Ocağı ve Bunsen Beki

Deneyin Uygulanışı

1. Şekildeki deney düzeneği kurulur.
2. Metal çiftinin yere paralel olduğuna emin olduktan sonra ispirto ocağı yakılır.
3. Metal çifti ısınırken oluşabilecek değişimler gözlemlenir, not alınır.

Deney Sonu Soruları

1. İspirto ocağı ile ısıtılan metal çiftinde değişim gördünüz mü? Gördüyseniz nasıl bir değişim gördünüz?
2. Metal çiftinde bir değişim görüldü ise bunu sebebi nedir?

Malzemelerin üzerinde sıcaklık değişiminin sonucunda oluşan gerilimlere termal stres adı verilir. Yüksek sıcaklık değişimleri yaşaması planlanan malzemelerin termal strese karşı davranışlarını çalışmak ve gerekli durumlarda termal stresin negatif yönlerini engellemek bir malzeme mühendisinin önemli görevlerindendir. Yüksek termal strese maruz kalan bir malzemede oluşacak gerilmeler malzemenin deforme olmasına hatta kırılmasına sebep olabilir. Tüm malzemeler ısıtılıp soğutulduğunda genleşme ve büzölmeye uğrarlar ancak

serbest hareket etmelerini engelleyici bir yapıda kullanılıyorsa bu genleşme ve büzölmelerin sonucunda malzeme üzerinde termal stres görülür. Görölen termal stresin oranı malzemenin ısı genleşme katsayısı ile doğru orantılıdır. Bir başka deyişle malzeme sıcaklık değişimi sonucunda şeklini ne kadar fazla değiştiriyorsa termal strese maruz kalma ihtimali de o kadar yüksektir. Oluşan termal stres malzeme yüzeyinde ve içerisinde çatlaklara sebep olabilir ve bu çatlaklar da malzemenin kırılmasına neden olabilir.

Malzemeler çok hızlı ısıtılıp soğutulduğu durumlarda yüzeylerindeki sıcaklık ile orta kısımlarındaki sıcaklık değerleri birbirinden çok farklı olabilir. Bu tarz durumlarda malzemenin yüzeyi sıcaklık değişimine daha hızlı tepki verirken malzemenin merkezi ise bu değişime ayak uydurmakta geç kalır. Bu durumda malzeme üzerinde bir ısı eğim var denir. Oluşan bu ısı eğim malzemenin serbest hareket etmesini engelleyebilir. Örneğin hızlıca ısıtılan bir malzemenin yüzeyi iç kısımlarına göre daha hızlı ve daha yüksek oranda genleşecektir. Bunun sonucu olarak da malzeme üzerinde bir kuvvet uygulanmış olacaktır. Bu kuvvet yeterince yüksek olursa malzemenin çatlamasına hatta kırılmasına sebep olabilir. Çok hızlı şekillerde ısıtılıp soğutulan malzemelerde görölen kırılmalara termal şok adı verilmektedir. Gevrek özellikteki seramik malzemelerde termal şoka uğrama oranları özellikle hızlı soğutulduklarında çok yüksektir. Malzemeler termal şoktan ortam şartları uygun hale getirilerek veya malzemenin özellikleri değiştirilerek korunabilir. Yüksek hızlı ısıtma-soğutma döngülerinden kaçınarak malzeme içerisinde ısı eğim oluşumunu engellemek ortam şartlarını değiştirerek korunma yöntemlerinden en önemlisidir. Bir malzemenin termal şoka karşı dayanıklılığı o malzemenin ısı iletkenliğiyle doğru orantılı, ısı genleşme katsayısı ile de ters orantılıdır. ısı genleşme katsayısı bu parametrelerden en kolayca değiştirilen ve kontrol edilebilendir. Malzemenin ısı genleşme katsayısı az miktarlardaki bazı katkı maddeleri eklenerek kolaylıkla düşürülebilir.

Ek Bilgi

Borcam



Yemek pişirme ve saklama kabı olarak kullanılan borosilikat cam tepsiler

Borcam adı ile bilinen borosilikat camlar silisyum dioksit ve bor trioksit gibi maddelerin yüksek sıcaklıklarda uzun süre ısıtılmaları sonucu üretilir. Çok geniş bir sıcaklık aralığında özelliklerini koruyabilen borosilikat camlar yüksek sıcaklık dayanıklılıkları sayesinde laboratuvar ve mutfak kapları olarak sıklıkla kullanılır. Çok düşük ısıl genleşme katsayılarına sahip oldukları için termal stres ve özellikle termal şoka karşı diğer birçok cam ürüne nazaran oldukça dirençlidir.

Etkinlik No	6.4
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Aerojel Malzemeler
Önerilen Süre	30 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler aerojel malzemelerin termal özelliklerini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Anlatım Soru-Yanıt Deney-Gözlem
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	2 Adet Üçayak (Sac Ayak) 2 Adet Aerojel Kumaş 1 Adet Alüminyum Plaka 1 Adet Pürmüz 1 Adet Çakmak 1 Adet Kızılötesi Temassız Termometre 1 Adet Cımbız Çikolata

İŞLENİŞ:

Aerojel Malzemeler

Donmuş duman veya mavi duman olarak da bilinen aerojel 1931 yılında Steven Kistler tarafından icat edilmiştir. Çok hafif ve çok yalıtkan olmaları nedeniyle birçok alanda ilgi çekmiş ve kullanılmaya başlanmıştır. Aerojellerin yaklaşık %99'u havadan oluşmaktadır ve yüzeyleri bir sünger andırır. Bu yapıları sebebiyle yalıtım malzemesi olarak sıklıkla kullanılmaktadır.



Oksijen kaynağı ile doğrudan verilen ateşi yalıtıp üzerindeki çiçeği ateşten koruyan bir aerogel
https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:Aerogelflower_filtered.jpg#mw-jump-to-license

Aerogeller milyonlarca ufak deliklere sahiptir. Bu deliklerin boyutları genellikle 20 nanometre'den küçüktür. Aerogel ismi tek bir ürünü tanımlamakta kullanılmaz ve aerogeller birçok farklı malzemeden üretilebilir. En bilinen ve ilk keşfedilen aerogel Silika'dan üretilmiştir. Bunun dışında özellikle karbon aerogeller sıklıkla üretilmektedir. Karbon aerogeller tamamen opak ve siyah renklilerdir. Aerogeller bilinen en düşük yoğunluğa ve spesifik yüzey alanına sahip malzemelerdir. Düşük yoğunluklara sahip olmaları ve onları oluşturan ufak deliklerin içinin hava ile dolu olması aerogellerin ısı iletkenlik katsayılarını oldukça düşürmektedir.

Aerojel Malzemeler ve Isıl İletkenlik Deneyi



Aerojel Malzemeler ve Isıl İletkenlik Deneyi Videosu Açılış Görüntüsü

Bu dersin videolu deneyinde bir adet aerojel kumaş ile alüminyum plakanın ısı iletkenliklerini karşılaştıracğız. Bunun için iki malzemenin de üzerine birer adet çikolata parçası koyup ısıtacağız. Aynı pürmüz ile ısıttığımız iki malzemenin üzerindeki çikolataların ne kadar süre sonra erimeye başladığı bize hangi malzemenin daha yüksek ısı iletkenlik değerine sahip olduğunu gösterecek. Bu deneyin ardından aerojel kumaşın ne kadar iyi bir yalıtım malzemesi olduğunu görmek için çok yüksek sıcaklıklara kadar ısıttığımız aerojel kumaşını dikkatlice çıplak el ile tutmaya çalışacağız.

Gerekli Malzemeler:

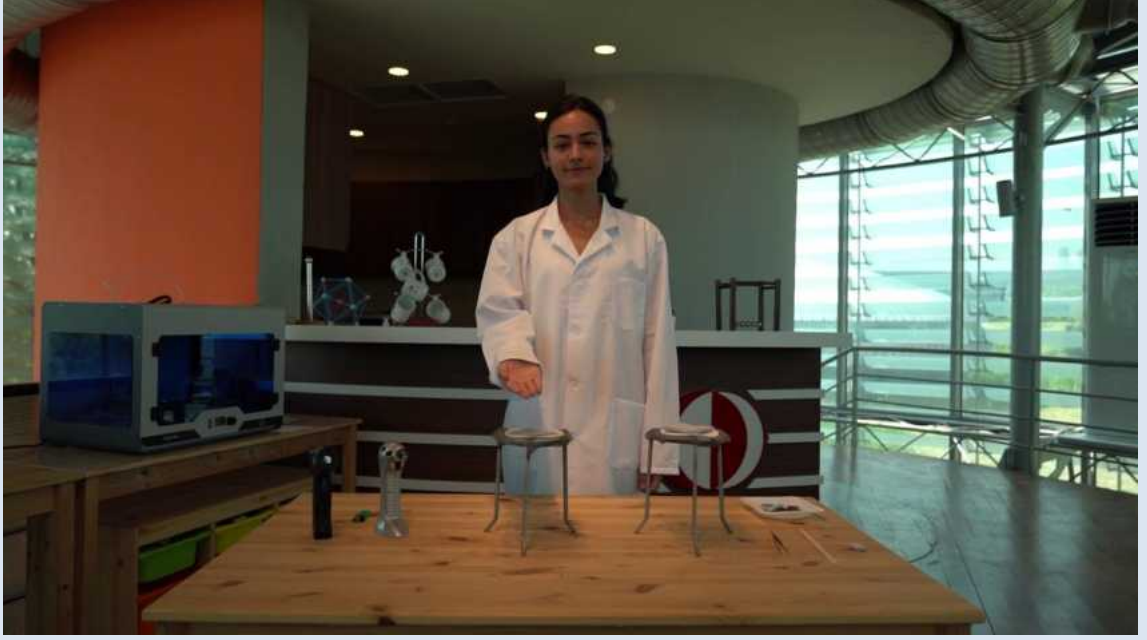
- Kişisel Koruyucu Donanım
- Nitril Eldiven
- Laboratuvar Önlüğü

Deney Malzemeleri:

- 2 Adet Üç Ayak
- 2 Adet Aerojel Kumaş
- 1 Adet Alüminyum Plaka
- 1 Adet Pürmüz
- 1 Adet Çakmak
- 1 Adet Kızılötesi Temassız Termometre
- 1 Adet Cımbız
- Çikolata

Deneyin Uygulanışı

1. Öğrencilere deneyin gerçekleşmesi için gereken koruyucu donanımı açıklayın. Bu deney için nitril eldiven ve laboratuvar önlüğü kullanımı gerekmektedir. Şekilde deneyde kullanılacak olan 2 adet üçayak gösterilmektedir.



Deneyde kullanılacak üç ayaklar

2. Bir sonraki aşamada üç ayaklardan birinin üzerine aerojel kumaş parçası şeklindeki gibi Nitril eldiven kullanılarak yerleştirilir.



Üç ayaklardan birinin üzerine yerleştirilmiş aerojel kumaş parçası

3. İkinci üç ayağın üzerine ise bir adet alüminyum plaka şeklindeki gibi nitril eldiven kullanılarak yerleştirilir.



Üç ayaklardan birinin üzerine yerleştirilmiş alüminyum plaka

4. Şekilde deneyde kullanılacak olan pürmüz ve Kızılötesi Temassız Termometre görülebilir.



Deneyde kullanılacak olan pürmüz ve Kızılötesi Temassız Termometre

5. Ardından deneyde kullanılacak olan çikolata tanıtılır.



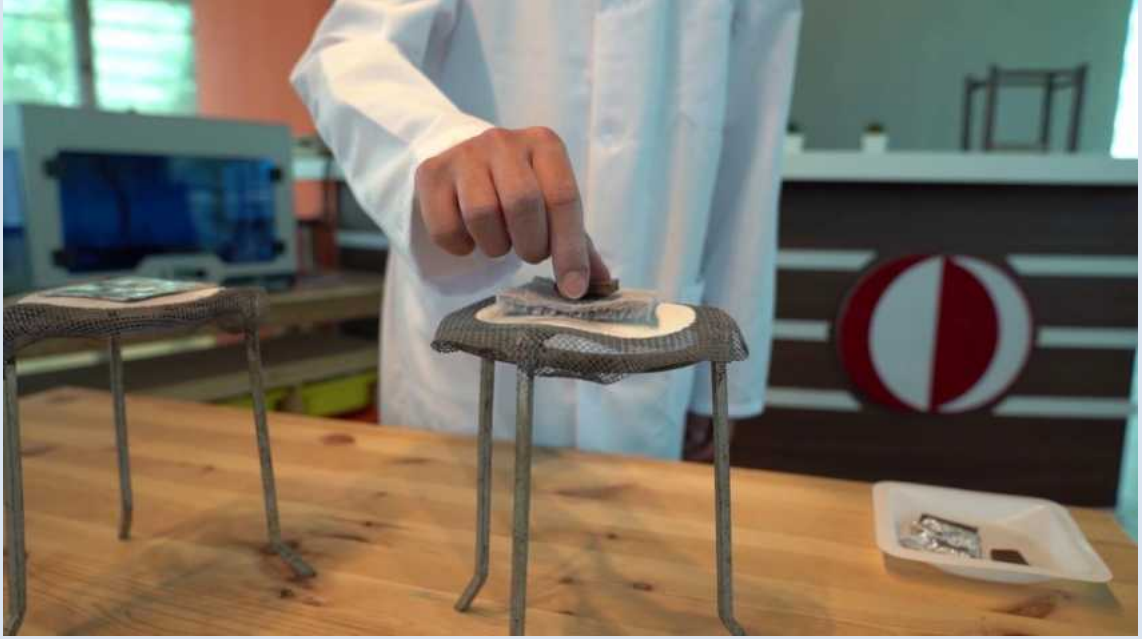
Deneyde kullanılacak olan çikolatanın gösterilmesi

6. Çikolata parçalarından birisi alüminyum plakanın üzerine yerleştirilir.



Çikolata parçasının alüminyum plaka üzerine yerleştirilmesi

7. Diğer ikolata parçası ise aerojel kumaş parçasının üzerine yerleştirilir.



Çikolata parçasının aerojel kumaş parçası üzerine yerleştirilmesi

8. Ardından bir adet akmak yardımıyla pürmüz dikkatlice şekildeki gibi yakılır.



Prmzun bir akmak yardımıyla yakılması işlemi

9. Yandığı görölen pürmüz üzerine çikolata koyulmuş alüminyum plakanın altından şekildeki gibi 2 dakika boyunca ısıtılır.



Yanan pürmüz yardımıyla alüminyum plakanın ısıtılması

10. Bir sonraki aşamada aynı pürmüz bu sefer üzerine çikolata koyulmuş aerojel kumaş parçasının altından şekildeki gibi tutularak 2 dakika boyunca ısıtılır.



Yanan pürmüz yardımıyla aerojel kumaş parçasının ısıtılması

11. Isıtılan alüminyum plakanın üzerindeki çikolatanın hızlıca eridiği gözlemlenir.



Alüminyum plakanın ısıtılması sonuca eridiği gözlemlenen çikolata parçası

12. Isıtılan arojel kumaş parçasının üzerindeki çikolatanın alüminyum plaka üzerindeki çikolataya göre aynı sürede aynı oranda erimediği gözlemlenir.



Arojel kumaş parçasının ısıtılması sonuca hızlıca erimediği gözlemlenen çikolata parçası

13. Deneyin bu kısmında ısıl iletkenlik deneyi gerçekleştirilecektir. Bu nedenle bir cımbız yardımıyla Aerojel kumaş parçası tutulur.



Cımbız yardımıyla tutulan aerojel kumaş parçası

14. Ardından cımbız yardımıyla tutulan aerojel kumaş parçası halihazırda yanan pürmüzün ucuna şekildeki gibi tutulur. Aerojel kumaş parçasının yüksek sıcaklıktan ötürü renginin kırmızıya döndüğüün üzerinde durulur.



Aerojel kumaş parçasının pürmüz yardımıyla ısıtılması

15. Kızılötesi temassız termometre yardımı ile ısıtılan aerojel kumaş parçasının sıcaklığı ölçülür.

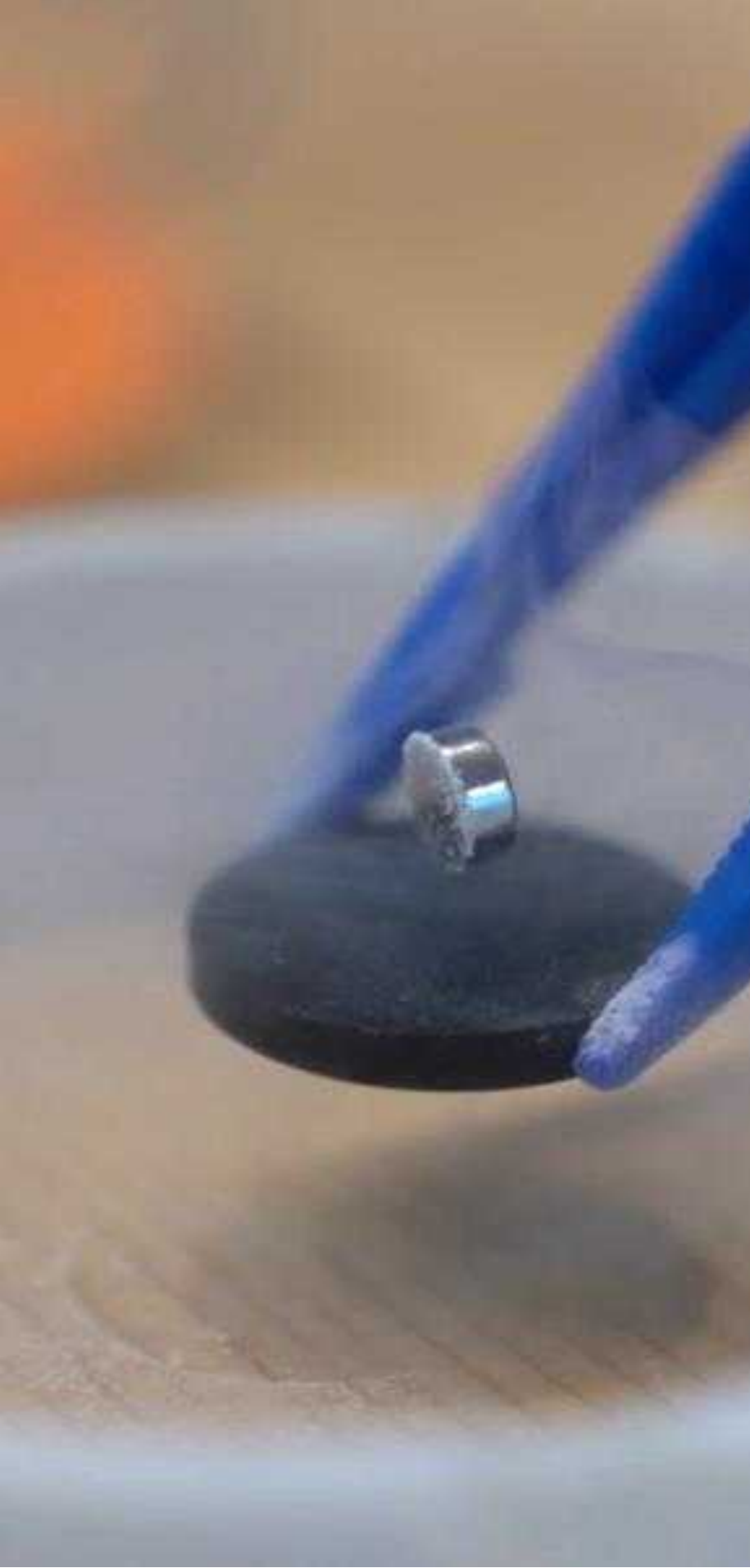


Isıtılan aerojel kumaş parçasının sıcaklığının kızılötesi temassız termometre ile ölçülmesi

16. Sıcaklığı kızılötesi temassız termometre ile ölçülen aerojel kumaş parçasının parmakları yakmadığının gösterilmesi amacıyla çıplak parmaklar aracılığıyla tutulur.



Yüksek sıcaklıklarda olduğu gösterilen aerojel kumaş parçasının el ile rahatça tutulabildiğinin gösterimi



YEDİNCİ BÖLÜM MALZEMELERİN MANYETİK ÖZELLİKLERİ

Manyetik Özellikler

Mıknatıslar

Temel Kavramlar

**Sıcaklık ve Manyetik Özellikler
İlişkisi**

Meissner Etkisi

Etkinlik No	7.1
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Manyetik Özellikler Derse Başlamadan Önce Etkinliği
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler mühendislik uygulamalarında kullanılan malzemelerin manyetik özelliklerini öğrenecektir.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Beşinci Hafta

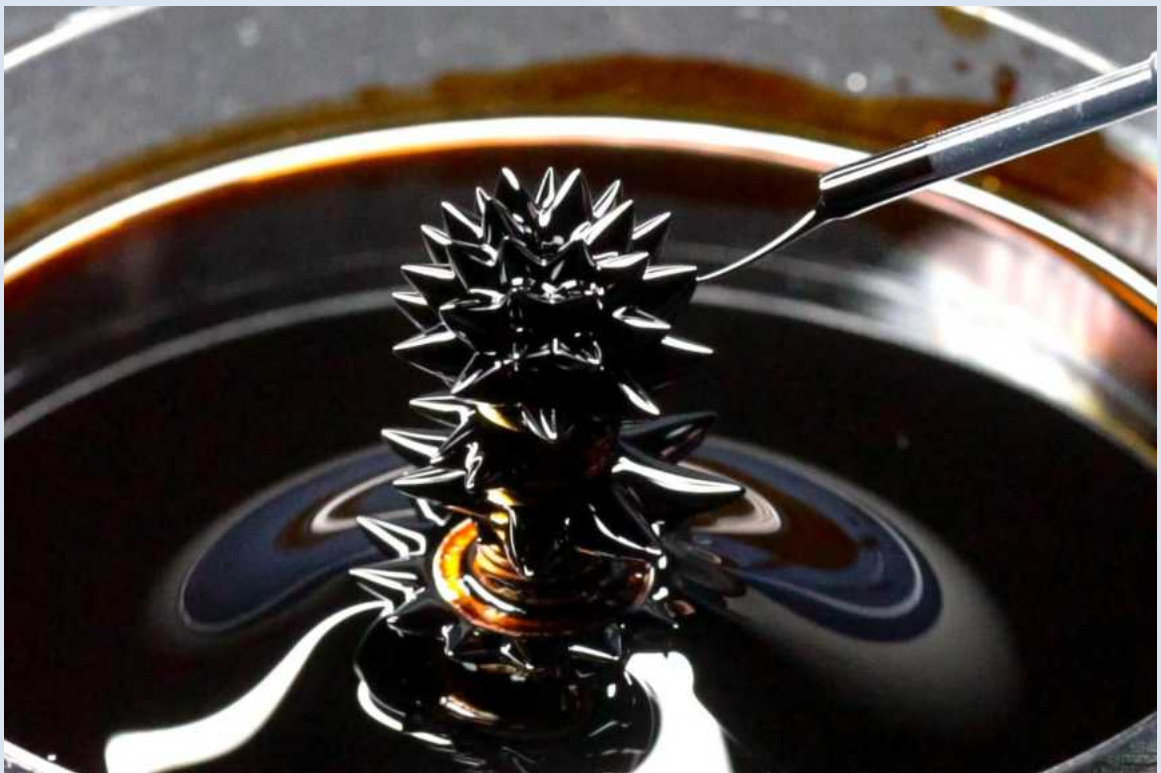
Malzemelerin Manyetik Özellikleri

Dersimizin beşinci haftasında, malzemelerin manyetik alanlarına gösterdikleri cevaplar olarak bilinen manyetik özellikleri inceleyeceğiz. Mıknatıslar bilindiği üzere birbirlerini itme ve çekme yeteneklerine sahiptir. Günümüzde elektrik motorlarından televizyonlara, radyolardan telefonlara ve bilgisayarlara birçok üründe mıknatıslar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bazı malzemeler doğal olarak mıknatıs özelliği gösterirken, bazıları ise ya hiç mıknatıs özelliği göstermez ya da ancak dış etkenler aracılığı ile bu özelliğe kavuşabilir. Demir, bazı çelikler ve mıknatıs taşı doğal olarak mıknatıs özelliği gösteren malzemelere örnek olarak gösterilebilir.

Derse başlamadan önce

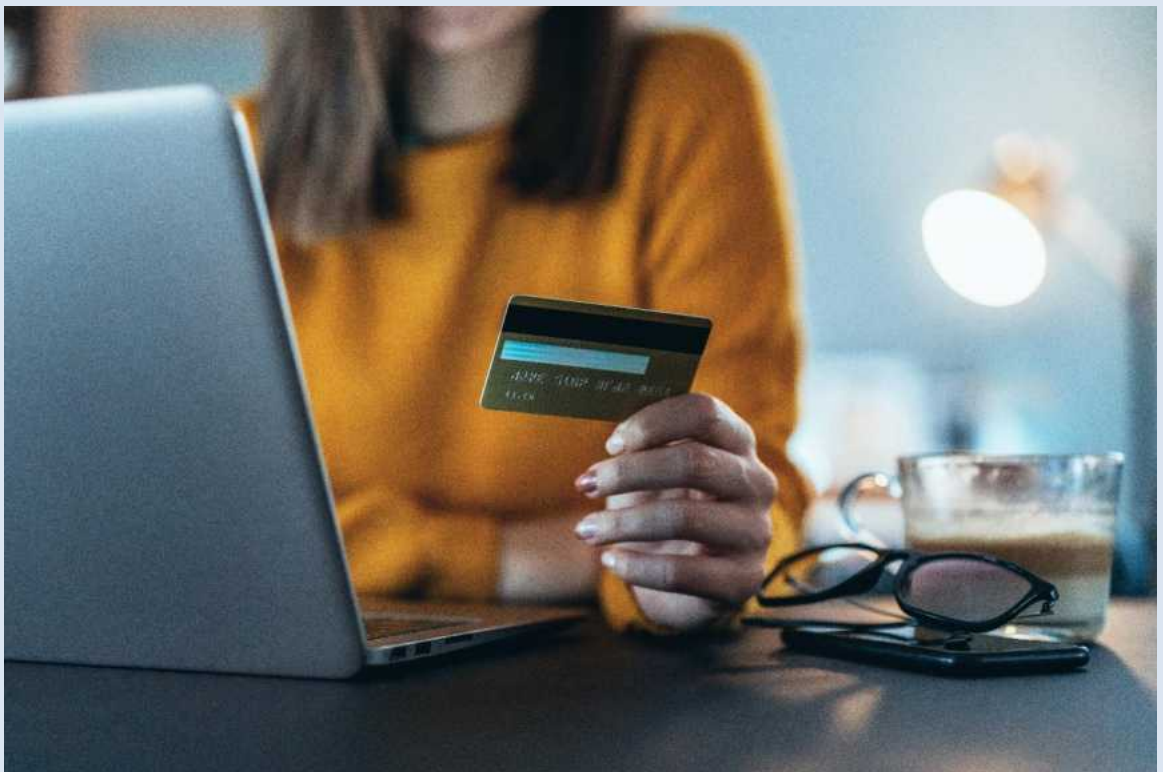
Aşağıda verilen örneklerde manyetik özelliğın yerini, hangi sebeple ve nasıl kullanıldığını tartışınız.













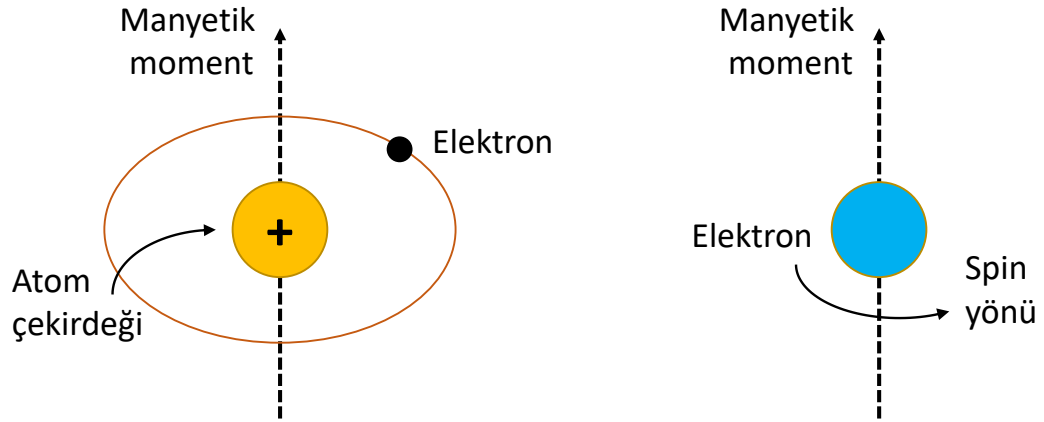
Derse başlamadan aşağıdaki soruların cevaplarını öğrencilerle tartışabilirsiniz.

- **Bildiğiniz en güçlü mıknatıs hangisi?**
- **Manyetik özellikler kalıcı mıdır geçici midir?**
- **Hangi malzemeler manyetik özellik gösterir?**
- **Bildiğiniz en büyük mıknatıs nedir?**
- **Bir çubuk mıknatısı iki parçaya ayırırsak ne olur?**
- **Manyetik malzemeler olmasaydı hangi mühendislik uygulamalarını kullanamazdık?**

Etkinlik No	7.2
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Manyetik Özelliklere Ait Kavramlar
Önerilen Süre	30 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler manyetik özelliklere ait temel kavramları öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-arac, Gereçler ve Kaynakça	2 Adet Çubuk Mıknatıs 3 Adet A4 Kâğıt 100 gr Demir Tozu

İŞLENİŞ:

Mıknatıslar

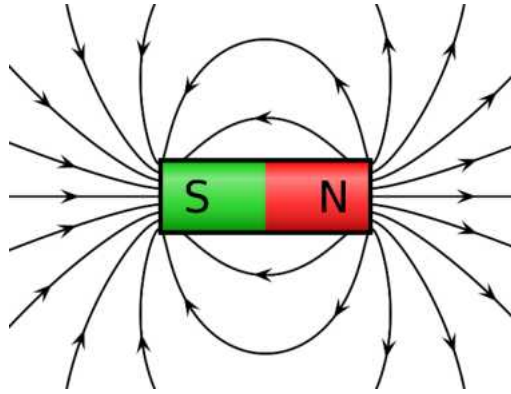


Manyetik moment ve spin kavramlarının şematik gösterimi

Mıknatıs özelliği gösteren malzemelerdeki itme ve çekme güçleri elektriksel yüklerin hareketleri sonucunda oluşur. Şimdi bu hareketlerin nasıl manyetik özellikleri ortaya çıkarttığını inceleyelim. Bu bölümde bahsedilecek bilgiler oldukça karmaşık bir temele sahip olmaları ve hatta kuantum fiziğinin çalışma konularından oldukları için oldukça basitleştirilip anlatılacaktır. Yukarıdaki şekilde gösterildiği üzere elektronlar atomların etrafında dönele hareketlerde bulunur. Aynı zamanda, elektronlar spin adı verilen kendi eksenleri etrafında da dönüyormuş gibi tasvir edilirler. Bu iki hareket (atom etrafında ve kendi eksenlerinde dönüşleri) manyetik moment adını verdiğimiz manyetik güç ve yönelimlerin oluşmasına sebep olur. Bir sistemdeki toplam

manyetik moment bu iki hareketin oluşturmuş olduğu manyetik momentlerin toplamı kadardır. Spin sonucunda oluşan manyetik moment, elektronların atom çevresinde dönüşleri sonucunda oluşan manyetik momentten oldukça yüksektir. Her atomda bulunan elektronlar, bulundukları konuma ve hareketlerine göre, birbirlerinin manyetik momentlerini karşılıklı olarak yok edebilirler. En dış elektron kabukları tamamen elektronlar ile dolu olan ve periyodik tablonun 8A grubunda bulunan soy gazlarda hem spin kaynaklı hem de elektronların atom etrafındaki dönüşlerinden kaynaklı manyetik momentler birbirlerini tamamen yok ederler ve bu sebeple soy gazlar mıknatıslanamazlar.

Mıknatıs özelliği gösteren malzemelerin birbirlerine karşı itme ve çekme güçleri uyguladıklarını öğrendik. Bu güçlerin özelliklerini gösterebildikleri alana ise manyetik alan denir. Manyetik alanlar genellikle kuzey kutbu (N) ve güney kutbu (S) adı verilen iki kutba sahiplerdir. Aşağıdaki şekilde görülebildiği gibi genellikle manyetik alanın güç dağılımı mıknatısın çevresinde kuzeyden (N) güneye (S) doğru giden çizgilerle gösterilir. Bu çizgilere manyetik alan çizgileri denir ve bu çizgilerin sık geçtiği yerlerde manyetik alanın şiddetinin fazla olduğu anlaşılır.



Bir çubuk mıknatısın kuzey ve güney kutupları arasında bulunan manyetik alan çizgilerinin şematik gösterimi.
https://en.wikipedia.org/wiki/Dipole_magnet#/media/File:VFPT_cylindrical_magnet_thumb.svg

Bir manyetik alanın büyüklüğü manyetik alan şiddeti ile belirlenir. H harfi ile gösterilen manyetik alan şiddetinin birimi amper/metre'dir. Belirli bir H manyetik alan altında, birim kesit alandan geçen toplam manyetizmanın ölçütü ise manyetik akı yoğunluğu olarak tanımlanır. B harfi ile gösterilen manyetik alan şiddetinin birimi Tesla'dır. Manyetik alan şiddeti ve manyetik akı yoğunluğu aşağıdaki şekilde birbirleriyle ilişkililerdir:

$$B = \mu H \quad (1)$$

Bu denklemde μ (mu) manyetik geçirgenlik olarak tanımlanır. Birimi henri/metre'dir. Manyetik geçirgenlik malzemelere has ve malzemeleri ayırt edici bir özelliktir.

Ek Bilgi



Pusula olarak kullanılan ilk mıknatıslara bir örnek[<https://www.sasksciencecentre.com/real-science-real-fun/2020/4/3/build-a-compass-activity>]

İlk Mıknatıslar

Mıknatısların kutuplarının isimleri eski yıllarda Çinli denizcilerin mıknatısları pusula olarak kullanmalarından gelmektedir. İlk pusulalar mıknatıs taşlarının küçük bir tahta parçası üzerine yerleştirilip su yüzeyine bırakılması prensibi ile çalışırlar. Bu yöntemle mıknatıs taşının kuzey kutbunun Kutup Yıldızı'nı gösterdiği görülmüş, böylelikle denizcilikle yön tayini amaçlı kullanımı yaygınlaşmıştır. Mıknatıs taşı kullanılarak üretilen pusulalar Dünya'nın manyetik alanına paralel olarak kendilerini konumlandırırlar. Bu şekilde pusulanın iğnesinin bir ucu Dünya'nın manyetik kuzeyini, diğer ucu ise Dünya'nın manyetik güneyini gösterir. Bu durum iki kutuplu mıknatısların kutuplarının Kuzey ve Güney olarak adlandırılmasına neden olmuştur.

Deney

Manyetik Alan Deneyi

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=IJgzVaTPEow>

Bu deneyde, farklı şekilde ve sayıda çubuk mıknatıslar ve demir tozu kullanılarak mıknatısların tek başlarına ve başka bir mıknatısın etkisi altındayken oluşturdukları manyetik alanlar görsel bir şekilde incelenecektir.

Gerekli Malzemeler:

- 2 Adet Çubuk Mıknatıs
- 3 Adet A4 Kâğıt
- 100 gr Demir Tozu

Deney Öncesi Soruları

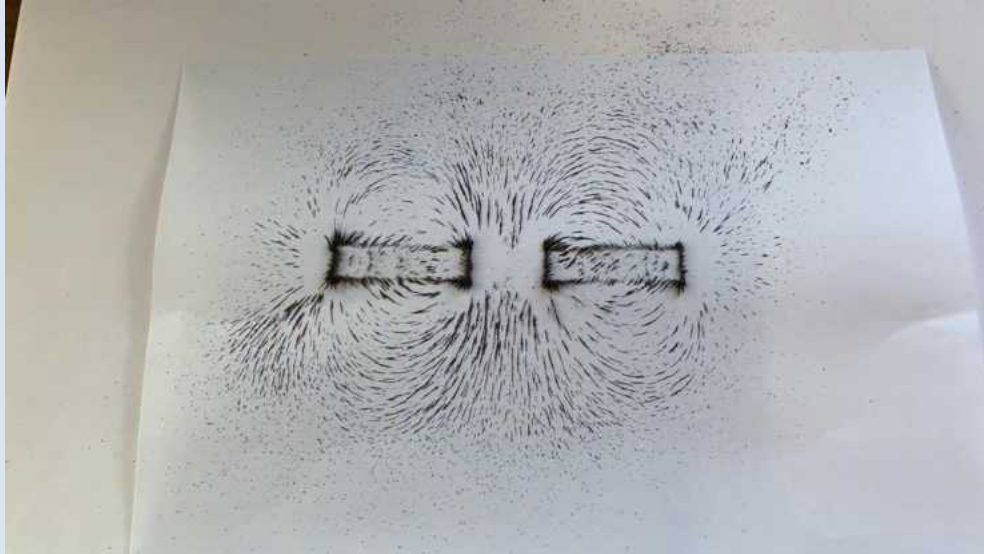
1. Öğrencilere aşağıda örnekleri verilen mıknatıslar ve yönleri çizdirilir. Bu mıknatıs ve mıknatıs sistemlerinin oluşturacakları manyetik alan çizgilerinin nasıl olacağı öğrencilere sorulur.

Deneyin Uygulanışı

1. Öncelikli olarak bir adet çubuk mıknatıs düz bir zemin üzerine şekildeki gibi yerleştirilir.
2. Ardından mıknatıs üzerine bir adet A4 kâğıdı koyulur ve kâğıt üzerine demir tozu serpiştirilerek manyetik alan çizgilerinin görülmesi sağlanır. Öğrencilerle manyetik alan çizgilerinin, mıknatısın bir kutbundan çıkıp diğer kutbuna doğru gidişi gözlemlenir.
3. Ardından, iki adet çubuk mıknatıs aynı kutupları birbirine bakacak şekilde düz bir zemin üzerine şekildeki gibi yerleştirilir.

Mıknatısların üzerine bir adet A4 kâğıdı konur ve üzerine demir tozu serpiştirilir. Görülen manyetik alan çizgilerinin

4. şekildeki gibi olduğu gözlemlenir. Bu kısımda dikkat edilmesi gereken nokta iki mıknatısın arasında kalan alanda hiçbir manyetik alan çizgisinin oluşmaması olmalı. Mıknatısların aynı kutuplarının birbirini itmesinin bunun bir sonucu olduğu öğrencilere iletilir.

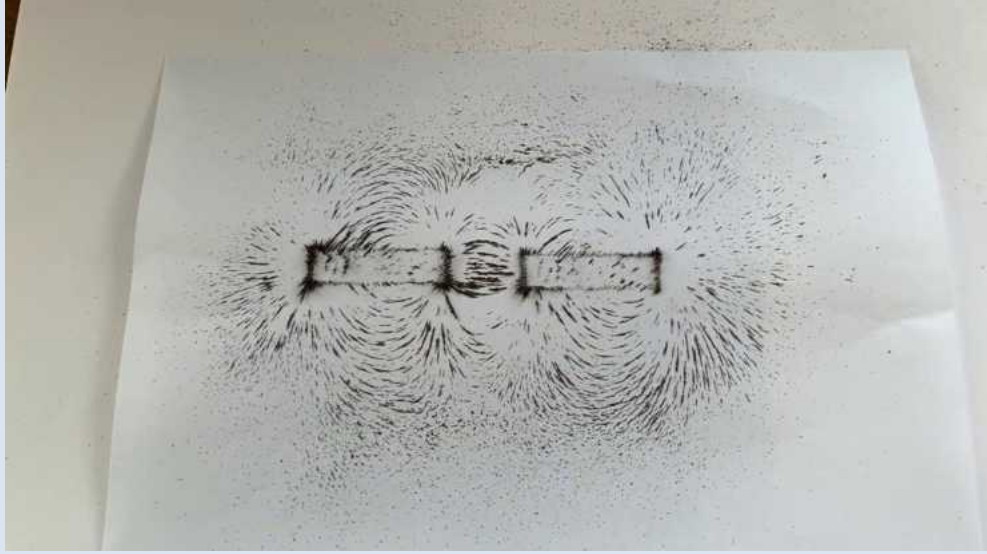


Çubuk mıknatısların üzerine bir A4 kâğıdı yerleştirilip üzerine demir tozu serpiştirildikten sonra ortaya çıkan görüntü

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=IJgzVaTPEow>

5. İki adet çubuk mıknatıs bu sefer zıt kutupları birbirlerine bakacak şekilde düz bir zemine yerleştirilir.

6. Üzerlerine bir adet A4 kâğıdı konulduktan sonra mıknatısların oluşturdukları manyetik alan çizgilerini gözlemlemek için demir tozu kullanılır. Bu sefer farklı olarak iki mıknatıs arasında da manyetik alan çizgileri görülür. Mıknatısların zıt kutuplarının birbirlerini çekmesinin iki mıknatıs arasında oluşan bu manyetik alan sayesinde gerçekleştiği öğrencilere iletilir.



Çubuk mıknatısların üzerine bir A4 kâğıdı yerleştirilip üzerine demir tozu serpiştirildikten sonra ortaya çıkan görüntü

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=IJgzVaTPEow>

Beyin Fırtınası:

Aşağıdaki soruları öğrencilerinizle tartışabilirsiniz.

1. Manyetik alan çizgileri birbirlerini keserler mi?
2. Manyetik alan çizgilerinin sıklaştığı yerde manyetik alan artar mı?
3. Demir tozları kesik kesik görünmektedir. Manyetik alan çizgileri süreksiz midir?

Etkinlik No	7.3
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Manyetik Özelliklere Ait Kavramlar
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler manyetik özelliklere ait temel kavramları öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	1 Adet Mıknatıs 1 Adet Paramanyetik Malzeme (Bakır) 1 Adet Diyamanyetik Malzeme (Alüminyum) 1 Adet 5 lt Şeffaf Plastik Kap Bir Parça Strafor Su

İŞLENİŞ:

Manyetik Özelliklere Ait Temel Kavramlar

Malzemelerin manyetik özelliklerini sınıflandırmak için birkaç tane parametre kullanılır. Maddeleri manyetik özelliklerine göre sınıflandırılmasında kullanılan parametrelerden biri bağıl manyetik geçirgenliktir. Aşağıdaki denklemde de görüldüğü üzere, bağıl manyetik geçirgenlik maddenin manyetik geçirgenliğinin boşluğun manyetik geçirgenliği oranı olarak tanımlanmıştır.

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_0}$$

μ_r simgesi ile gösterilen bağıl manyetik geçirgenlik bir malzemenin manyetize edilebilme yeteneğinin göstergesidir. Michael Faraday malzemeleri bağıl manyetik geçirgenliklerine ve manyetik alana verdikleri tepkilere göre üç grupta sınıflandırmıştır. Bunlar: diyamanyetik, paramanyetik ve ferromanyetik maddelerdir. Bu grupların yanında antiferromanyetik ve ferrimanyetik maddeler de ferromanyetik maddelerin alt grupları olarak tanımlanmıştır.

Bağıl manyetik geçirgenlik değerleri birden küçük, $\mu_r < 1$, olan maddeler diyamanyetik maddeler olarak sınıflandırılırlar. Diyamanyetizma bütün malzemelerde görülür ve çok zayıf bir manyetizma çeşididir. Bir manyetik alan altında diyamanyetik malzemeler alana ters yönde bir manyetik moment oluşturur. Bu sebeple mıknatıslar tarafından zayıfça itilir. Su, Bakır, Gümüş, Altın diyamanyetik malzemelere örnek olarak gösterilebilir.

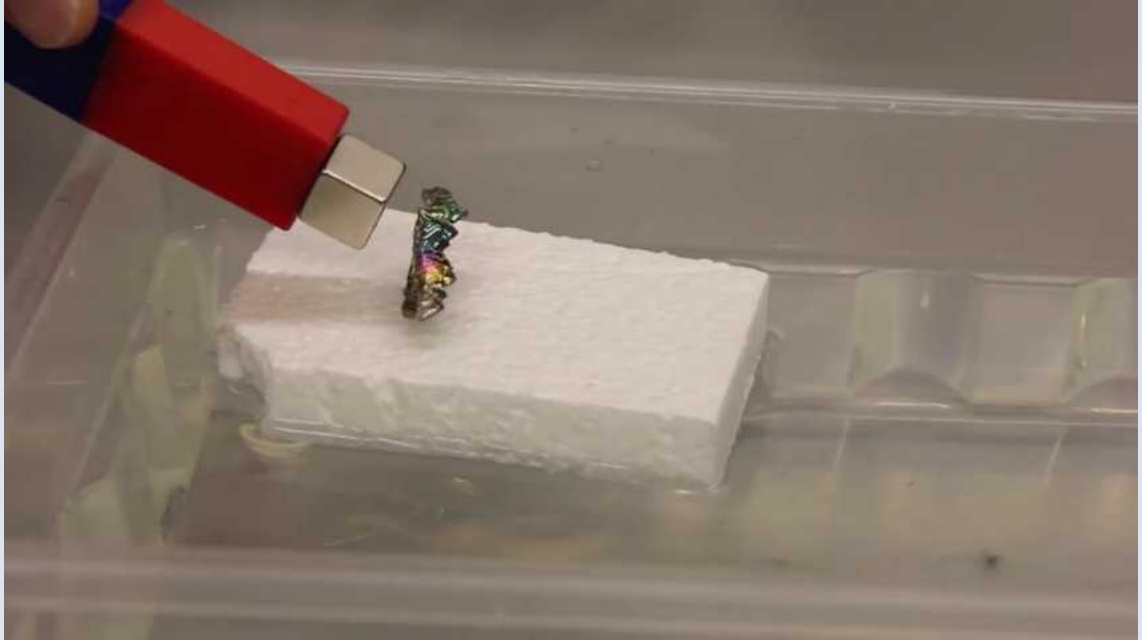
Paramanyetik maddeler ise bağıl manyetik geçirgenlik değerleri birden büyük, $\mu_r > 1$, olan maddelerdir. Paramanyetik maddelere bir manyetik alan uygulandığında mıknatıs özelliği gösterir. Bunun sebebi ise, diyamanyetik malzemelerin aksine, bir manyetik alan altında manyetik momentlerinin manyetik alana ters değil manyetik alan ile aynı yönde yönelmesidir. Bu nedenle de kendilerini mıknatıslandıran malzeme tarafından çekilir. Manyetik alan ortadan kaldırıldığında ise mıknatıslık özelliklerini kaybederler. Alüminyum, hava, krom, kalsiyum ve metallerin çoğu paramanyetik özellik gösterir.

Bağıl manyetik geçirgenlik değerleri birden çok büyük, $\mu_r \gg 1$, olan ve herhangi bir dış manyetik alan altında olmamalarına rağmen kalıcı mıknatıslık özelliği gösteren maddeler ferromanyetik maddeler olarak bilinirler. Demir, kobalt, nikel, bu üç elementin alaşımları ve bazı nadir dünya elementleri ferromanyetik özellik gösterir. Paramanyetik maddeler gibi bir manyetik alan etkisi altında manyetik momentleri alanla aynı yönde yönelirler ancak manyetik alan etkisinden çıktıklarında manyetik momentleri yönlerini değiştirmezler dolayısıyla da mıknatıslık özelliklerini korumaya devam eder. Günlük yaşamda birçok alanda ferromanyetik maddeler, kalıcı mıknatıslık özellikleri sebebiyle kullanılır.

Deney

Mıknatıs Çeşitlerini Karşılaştırma Deneyi

<https://youtu.be/u36QpPvEh2c?t=140>



“Mıknatıs Çeşitlerini Karşılaştırma Deneyi” görüntüsü.

Kaynak: <https://youtu.be/u36QpPvEh2c?t=140>

Bu deneyde farklı gruplardaki manyetik malzemelerin bir adet ferromanyetik mıknatısla nasıl etkileştikleri incelenecektir. Bu etkileşimin hangi yönde, itme veya çekme, gerçekleştiğini gözlemlemek için içi su dolu bir adet plastik kap ve kabın içerisindeki suyun yüzeyine dikkatlice yerleştirilmiş bir parça strafor kullanılacaktır. Strafordan oluşturulan botun su yüzeyindeki hareketi gözlemlenerek, farklı gruplardaki manyetik malzemelerin ferromanyetik bir mıknatısın oluşturacağı manyetik alandan ne şekilde etkileneceği görülecektir.

Gerekli Malzemeler:

- 1 Adet Mıknatıs
- 1 Adet Paramanyetik Malzeme (Bakır)
- 1 Adet Diyamanyetik Malzeme (Alüminyum)
- 1 Adet 5 lt Şeffaf Plastik Kap
- Bir Parça Strafor
- Su

Deneyin Uygulanışı

1. Öncelikli olarak plastik kabın içerisine su doldurulup suyun yüzeyine dikkatlice bir parça strafor konulur.
2. Ardından strafor botun üzerine paramanyetik malzeme olan Bakır yerleştirilir.
3. Kuvvetli bir mıknatıs bakıra yaklaştırılır ve botun hareketi gözlemlenir.
4. Ardından strafor botun üzerine diyamanyetik malzeme olan Alüminyum yerleştirilir.
5. Kuvvetli bir mıknatıs Alüminyuma yaklaştırılır ve botun hareketi gözlemlenir.

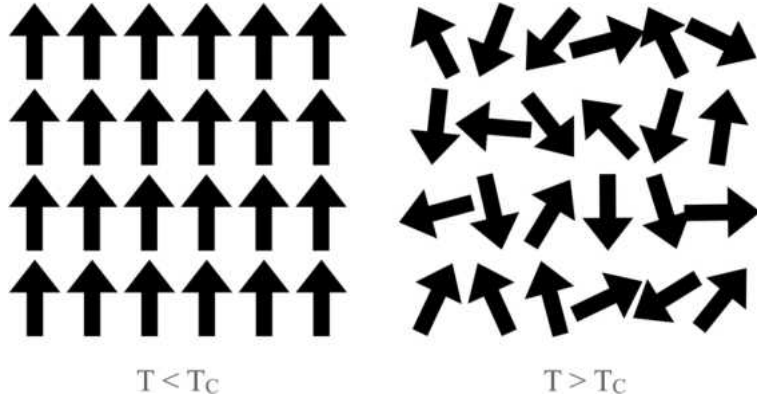
Bu üç ana grubun yanında ferromanyetik malzemeler de iki alt gruba ayrılmışlardır. Bunlar antiferromanyetik malzemeler ve ferrimanyetik malzemelerdir. Atom veya iyonlarının manyetik momentleri aynı şiddette ve birbirine zıt bir şekilde konumlanmış malzemeler antiferromanyetik olarak bilinirler. Antiferromanyetik malzemelerde manyetik momentler birbirine zıt ve aynı şiddette oldukları için birbirlerini yok ederler, böylelikle malzemenin net manyetizasyonu sıfır olur. Mıknatıslık etkisi göstermez.

Atom veya iyonları antiferromanyetik malzemelerdeki gibi birbirlerine zıt olarak konumlanmış ancak farklı şiddetlerde olan maddelere ise ferrimanyetik maddeler denir. Bu tarz yapılarda birbirlerine zıt olan manyetik momentler farklı şiddetlere sahip oldukları için birbirlerini tamamen yok edemezler. Bu sebeple sistemde net bir manyetizasyon görülür. Ferromanyetik malzemelere benzer şekilde mıknatıslanma gözlenen ferrimanyetik malzemeler bu özellikleri dolayısıyla oldukça sık kullanılmaktadırlar.

Etkinlik No	7.4
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Sıcaklık ve Manyetik Özellikler İlişkisi
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler manyetik özelliklerin sıcaklıkla nasıl değiştiğini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	1 Adet Mıknatıs 1 Parça Nikel Bakır Tel Bir parça tel Parçaları bir arada tutmak üzere ahşap 1 Adet Tealight Mum 1 Adet Çakmak/Kibrit

İŞLENİŞ:

Sıcaklık ve Manyetik Özellikler İlişkisi



Curie sıcaklığı altında ve üzerinde mıknatıslık özelliği gösteren malzemelerin manyetik moment yönelimlerinin değişimi

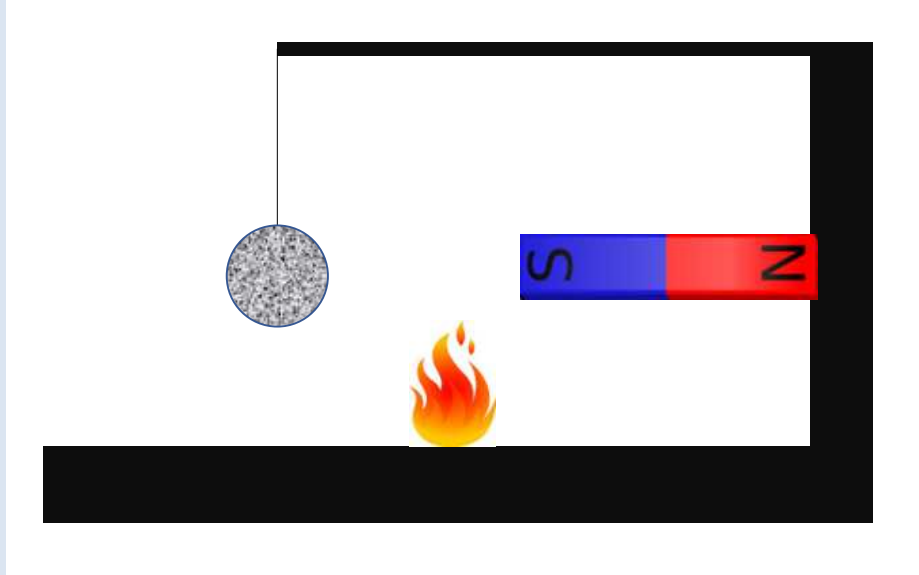
Mıknatıslık özelliği gösteren malzemeler, bu özelliklerini manyetik momentlerinin birbirlerine paralel olarak tek bir yöne yönelmesi ile kazanır. Önceki haftalarda öğrendiğimiz üzere ortamda sıcaklık artışı olduğunda malzemeyi oluşturan atomlar daha hızlı titreşmeye başlar. Mıknatıslık özelliği gösteren malzemelerin atomlarının manyetik momentleri belli bir sıcaklığın üzerinde bu paralel yönelimlerini daha hızlı titreşmelerinden ötürü kaynaklanan yüksek enerji nedeniyle kaybeder. Bu sıcaklığa Curie sıcaklığı denir ve T_c simgesi ile gösterilir. Bu sıcaklık değeri özellikle ferromanyetik malzemeler için çok

önemlidir çünkü bu sıcaklığın üzerinde ferromanyetik malzemeler paramanyetik özellik gösterir. Mıknatıslar kullanılarak üretilen ürünlerin beklendikleri şekilde çalışmaları için belirlenen en yüksek çalışma sıcaklıkları genellikle Curie sıcaklığı ile belirlenir. Antiferromanyetik maddeler de aynı şekilde yüksek sıcaklıklardan negatif şekilde etkilenir. Onlar da Néel sıcaklığı adı verilen belirli bir sıcaklığın üzerinde yine aynı nedenlerle paramanyetik özellik göstermeye başlar.

Deney

Curie Sıcaklığı Deneyi

<https://www.youtube.com/watch?v=h-FP9TmDAk0>



“Curie Sıcaklığı Deneyi” deney düzeneği

Bu deneyde mıknatısların mıknatıslık özelliklerini kaybettikleri sıcaklık olarak öğrenmiş olduğumuz Curie sıcaklığını uygulamalı olarak inceleyeceğiz. Bunun için bir adet ferromanyetik malzeme olan Nikel ve bir adet kuvvetli mıknatıs kullanacağız. Mumun vermiş olduğu ısı ile nikelin Curie sıcaklığına erişip erişemeyeceğimizi bir mıknatıs yardımıyla otomatik olarak kontrol edeceğiz. Bilindiği üzere ferromanyetik malzemeler mıknatıslar tarafından çekilirken, Curie sıcaklıklarının üzerine çıkıldığında bu çekim kuvveti ortadan kalkar.

Gerekli Malzemeler:

- 1 Adet Mıknatıs
- 1 Parça Nikel
- Bakır Tel
- Bir parça tel
- Parçaları bir arada tutmak üzere ahşap
- 1 Adet Tealight Mum
- 1 Adet Çakmak/Kibrit

Deneyin Uygulanışı

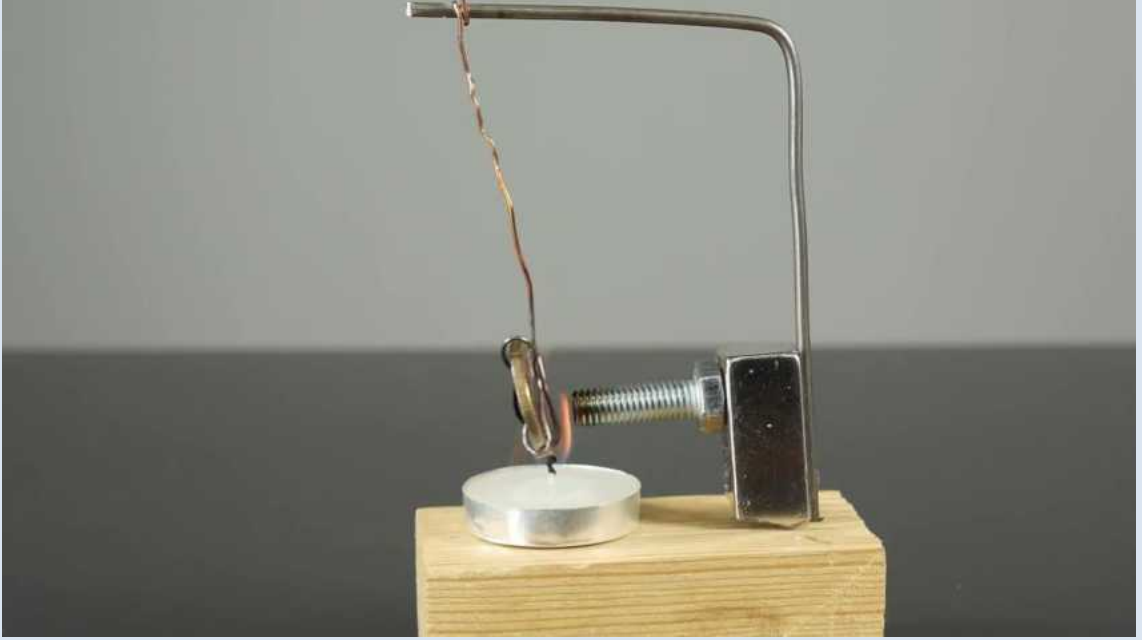
1. Öncelikle videodaki deney düzeneği kurulur. Ardından mıknatısa yaklaştırılan nikel parçanın mıknatıs tarafından çekildiği görülür. Nikel parça altındaki mum yakılarak nikel parçanın ısınması beklenir.
2. Nikel parçanın sıcaklığının malzemenin Curie sıcaklığının üzerine çıkınca mıknatısın çekiminden ve mumun etki alanından kurtulduğu gözlemlenir. Bu şekilde bir süre parçanın soğuması beklenir.



Mum tarafından ısıtılan nikel parçanın mıknatıstan uzaklaşması

Kaynak: <https://www.youtube.com/watch?v=h-FP9TmDAk0>

3. Ardından mumdan uzaklaşan bu parçanın sıcaklığının, bu malzemenin Curie sıcaklığının altına inene kadar soğumasıyla birlikte tekrardan mıknatıs tarafından çekildiği gözlemlenir ve süreç bu şekilde devam eder.

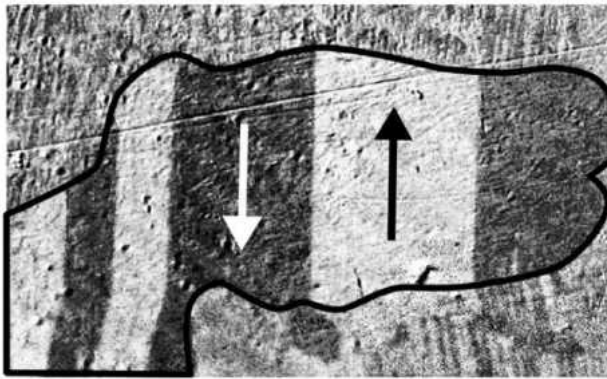


Soğuyan nikel parçanın tekrardan mıknatıs tarafından çekilmesi
Kaynak:<https://www.youtube.com/watch?v=h-FP9TmDAk0>

Etkinlik No	7.5
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Mıknatıs Çeşitleri
Önerilen Süre	20 Dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler sert ve yumuşak mıknatıs çeşitlerini öğrenirler. Öğrenciler süperiletkenleri ve mühendislikteki kullanımlarını öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	Nitril Eldiven Sıvı Azot Eldiveni Laboratuvar Önlüğü Koruyucu Gözlük Süper İletkenlik Kiti 1 Adet Cımbız 1 Adet Süperiletken 1 Adet Neodymium Mıknatıs 1 Adet Petri Kabı 1 lt Sıvı Azot 1 Adet Termos

İŞLENİŞ:

Meissner Etkisi



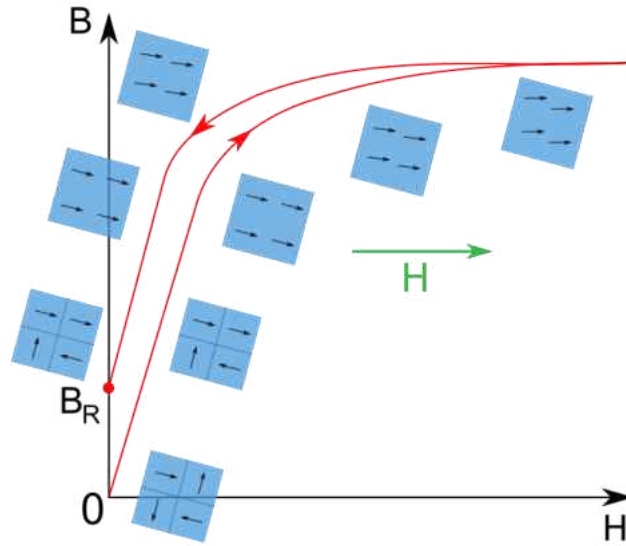
Bir demir numunesinde bulunan manyetik domainlerin gösterimi.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magnetic_domain_with_arrows_by_Zureks.png

momentleri olması dolayısıyla da malzemenin mıknatıslık özelliği güçlendirilebilir.

Manyetik alan şiddeti ile manyetik akı yoğunluğunun birbiriyle bağlantılı olduğunu öğrenmiştik. Biraz önce öğrenmiş olduğumuz domainler artan manyetik alan şiddeti ile şekil ve boyutlarını değiştirirler. Bunun bir sonucu olarak da malzemenin manyetik akı yoğunluğu da değişir. Ferro- ve ferrimanyetik malzemelerin artan

Mekanik özellikler haftasında öğrendiğimiz üzere malzemeler tane adı verilen küçük kristal öbeklerinden oluşuyorlardı. Manyetik özellik gösteren malzemelerde de “domain” adı verilen küçük bölgecikler vardır. Her bir domain kendi içerisinde aynı yönlü manyetik momentlere sahiptir ve bir tane içerisinde birden fazla domain görülebilir. Aynı tane sınırları gibi domain sınırları da farklı yönelimdeki domainlerin birbirlerine değdiği noktalarda oluşurlar. Ancak tanelerden farklı olarak domainler dış bir etki aracılığı ile aynı yöne yönlendirilebilirler. Bu durumda malzemeyi oluşturan tüm domainlerin aynı yönlü manyetik

manyetik alan şiddeti altında manyetik akı yoğunluklarının değişimini aşağıdaki şekilde görüyoruz. Mıknatıslık özelliği yok edilmiş ferro- veya ferrimanyetik malzeme içerisindeki domainler gelişigüzel bir şekilde yönelirler ve malzemenin net manyetik momenti bu durumda sıfır olur. Malzemeye artan şiddette bir manyetik alan uygulandıkça malzeme içerisindeki domainler bu alana paralel bir şekilde yönlerini ve boyutlarını değiştirirler. Manyetik alan yönünde yönelen domainler büyürken, manyetik alanın yönü dışında herhangi bir yönde yönelen domainler ise küçülür. Ferro- ve ferrimanyetik malzemelerde bu değişim malzemenin manyetik akı yoğunluğu doygunluğa ulaşana kadar devam eder, ardından manyetik alan şiddeti daha da arttırılsa dahi manyetik akı yoğunluğu değişmez. Bu doygunluk, malzeme manyetik alana paralel tek bir domainden oluşur bir hale gelince gerçekleşir.

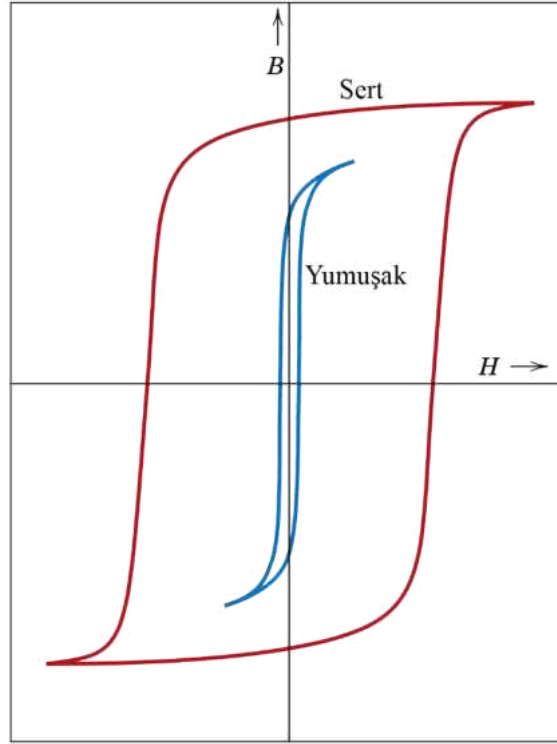


Manyetik histerezisin şematik gösterimi

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ferromagnet magnetization and magnetic domains and hysteresis.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ferromagnet_magnetization_and_magnetic_domains_and_hysteresis.svg)

Ferromanyetik malzemeler herhangi bir manyetik alanda tutulup mıknatıslandırıldıklarında, üzerlerine etkiyen manyetik alan kaldırılrsa dahi mıknatıslık özelliklerini korurlar. Bu tarz malzemelerin mıknatıslık özelliğini yok etmek için malzemeye başta uygulanan manyetik alanın tersi yönünde bir manyetik alan uygulanmalıdır. Mıknatıslık özelliği yok edilmiş bir ferromanyetik malzemeyi, manyetik akı yoğunluğu doygunluğa ulaşana kadar mıknatıslandırdıktan sonra uygulanan manyetik alanın yönünü tersine çevrilip tekrardan ters yönde duygunluğa ulaşana kadar artan manyetik alana maruz bırakılırsa şekildeki gibi manyetik histerezis adı verilen B-H eğrileri elde edilir. Bu eğrileri incelemek elimizdeki mıknatısın özellikleri hakkında bize çok faydalı bilgiler verir.

Eğrilerin içinde kalan alan bize yön değiştiren manyetik alan altındaki bir mıknatısın bir döngüde kaybettiği enerjiyi gösterir. Bu enerji ortama ısı olarak verilir. İnce bir histerezise sahip mıknatıslar düşük şiddetli manyetik alanlar kullanılarak kolaylıkla mıknatıslandırılabilir. Mıknatısların mıknatıslık özelliklerinin yok edilmesi için gerekli olan enerji histerezis eğrilerinin sol üst tarafında kalan alana sığdırılabilecek en büyük dikdörtgenin alanı ile belirlenir. Bu dikdörtgenin alanına $(BH)_{\max}$ adı verilir. Geniş bir histerezise sahip olan mıknatısların bu alanı da geniş olacağı için mıknatıslık özelliklerinin yok edilmesi oldukça zordur.



Sert ve yumuşak mıknatısların manyetik farklılıklarının manyetik histeresiz üzerinde gösterimi

Ferro- ve ferrimanyetik malzemeler sert ve yumuşak olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Bu ayrım ise malzemelerin manyetik histerezis eğrileri aracılığı ile yapılır. Yumuşak mıknatısların manyetik histerezis eğrileri ince ve uzundur. Sert mıknatısların manyetik histerezis eğrileri ise yumuşak mıknatıslara göre daha geniş, kareye yakın bir şekilde olur. İnce bir yapıya sahip olan yumuşak mıknatıslar, istenildiğinde kolaylıkla mıknatıslandırılıp istenildiğinde ise kolaylıkla mıknatıslık özellikleri yok edilebilir. Aynı zamanda, küçük bir histerezis alana sahip oldukları için enerji kayıpları da düşüktür. Bu yüzden özellikle elektromıknatıslarda ve trafolarda kullanılırlar. Sert mıknatısların mıknatıslık özelliklerinin yok edilmesi geniş histerezis alanlarından ötürü zordur. Kalıcı mıknatıs olarak da bilinen sert mıknatıslar, bu sebeple sürekli mıknatıslık özelliğinin kullanımının gerekli olduğu alanlarda kullanılırlar. Günümüzde hızlıca yaygınlaşmaya başlayan elektrikli otomobillerin motorlarında kalıcı mıknatıslık özelliklerinden dolayı sert mıknatıslar kullanılmaktadır. Bunun dışında çamaşır makinelerinde, matkaplarda, vantilatörlerde ve CD/DVD sürücüler gibi hareketli birçok parçada kalıcı mıknatıslar kullanılır.

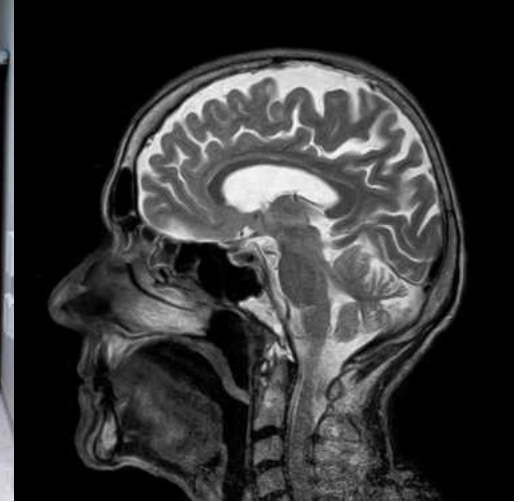


Maglev treni. [https://pixnio.com/transportation-vehicles/trains-and-buses/sky-train-road-bridge-traffic-architecture-city-structure]

Manyetik levitasyon kelimelerinin birleşiminden oluşan Maglev kavramı, iki mıknatısın aynı kutuplarının birbirini itmesi prensibi ile raylar üzerinde havada duran ve ikincil mıknatıslar kullanılarak da ileri yönlü hareket kazandırılan trenlere verilen isimdir. Maglev trenleri raylara sürtünerek gitmedikleri için sürtünme kaynaklı enerji ve hız kayıpları yaşamaz. Günümüzde saatte yaklaşık 500 km hızlara ulaşan Maglev trenleri aktif kullanımdadır. Yakın gelecekte ise hızları saatte 600 km'leri bulan Maglev trenlerinin hizmete girmesi beklenmektedir.



*Manyetik rezonans görüntüleme (MR) cihazı
[https://pixabay.com/photos/mri-magnetic-resonance-imaging-2813899/]*



*Bir hastanın MR filmi
[https://pixabay.com/illustrations/mri-magnetic-resonance-roentgen-782459/]*

Mıknatıslar birçok farklı alanda da kendilerine kullanım alanları bulmuşlardır. Bunlardan en önemlilerinden biri ise sağlık sektörüdür. Manyetik rezonans görüntüleme (MR) canlıların iç yapılarını görüntüleyip sayısız hastalığın tespitinde günümüzde sağlık çalışanları tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Canlıların vücutlarının büyük bir kısmını oluşturan su moleküllerinin çok yüksek manyetik alanlar altındaki

hareketlerini kaydederek görüntü oluşturmaya amaçlayan MR cihazlarından özellikle canlılardaki yumuşak dokuların incelenmesinde faydalanılır.



Örnek kasetçalar kasetleri

[\[https://pixabay.com/photos/cassettes-sound-carrier-5148602/\]](https://pixabay.com/photos/cassettes-sound-carrier-5148602/)

Bilgisayarlarda kullanılan bir sabit disk sürücünün (HDD) iç

yapısı [https://pixabay.com/photos/hard-disk-hard-disk-drive-1071670/]

Mıknatıslardan faydalanarak veri kaydetme işlemi özellikle 90'lı yıllarda deyim yerindeyse çığır açmıştır. Kasetçalar kasetleri, sabit disk sürücüler (HDD), kredi ve banka kartları malzemenin manyetik özellikleri kullanılarak geliştirilmiştir. Şekildeki örnekleri görülebilen kasetçalar kasetleri mıknatıslandırılabilir uzun polimer bir bant aracılığı ile ses depolama uygulamalarında uzun yıllar boyunca kullanılmıştır.

Bilindiği üzere bilgisayarlarda veriler 0 ve 1'ler olarak kodlanarak saklanır ve bilgisayar tarafından okunur. Sabit disk sürücüler, bu 0 ve 1'leri özel olarak manyetik özellik gösteren malzemelerle kaplanmış yuvarlak diskler üzerinde belirli alanları belirli yönelimlere yönlendirerek kaydeder. Bu işlem sonucunda disk üzerinde yukarı ve aşağı yönlü olarak kodlanmış alanlar oluşur. Bu alanlar da bilgisayar donanımı tarafından 0 ve 1 olarak algılanır.

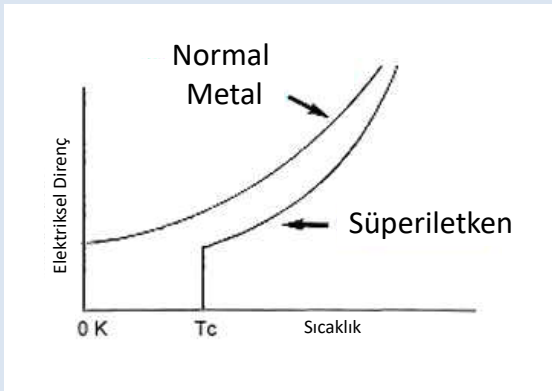
Manyetik bantların bir başka kullanım alanı ise banka ve kredi kartlarıdır. Bu tarz kartların arka yüzlerinde bulunan siyah şerit kasetçaların kasetleri gibi manyetik özellik gösterir ve sabit disk sürücüler gibi 0 ve 1'lerin kodlanmasına imkan tanır. Bankalar müşterilerine kartları teslim etmeden önce özel cihazlar aracılığı ile gerekli bilgileri bu şeritlere kaydeder. ATM ve POS cihazları bu manyetik şeritlerdeki bilgileri okur ve müşterinin para çekme, yatırma ve alışveriş yapma gibi işlemlerini hızlıca gerçekleştirmesine yardımcı olur.

Deney Öncesi Ek Bilgi

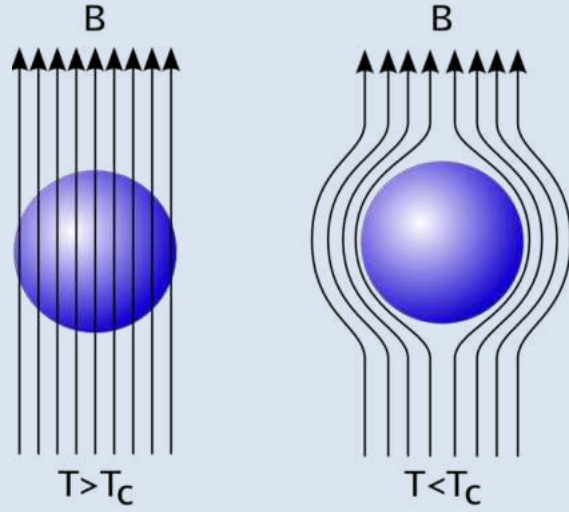
Meissner Etkisi

Elektrik direnci, bir malzemenin içinden geçen akıma karşı koyma özelliğidir. Aydınlanma için kullandığımız ampul filamentlerinden, seramik malzemelere; vücudunuzdan plastik şişelere kadar tüm maddeler elektrik akıma direnç gösterirler.

Sıcaklık azaldıkça malzemelerin elektrik akımına karşı gösterdiği direnç azalmaya başlar. Çoğu malzemede bu direnç sıcaklıkla birlikte düzgün bir şekilde azalır 0 K'de sabit ve malzemeye has bir değerde sabitlenir. Süperiletkenler olarak adlandırılan bir grup malzemede ise belirli bir sıcaklık altında malzemenin elektrik direnci birdenbire sıfırlanır ve elektrik akımına karşı hiçbir direnç göstermeyerek, süper iletken bir hale dönüşürler. Şekilde T_C ile gösterilen kritik sıcaklık malzemenin süperiletkenliğe geçtiği sıcaklığı temsil eder ve önceden öğrendiğimiz Curie sıcaklığı (T_C) ile karıştırılmamalıdır. Süperiletkenlik için gerekli olan kritik sıcaklık çok düşüktür ve bazı malzemelerde -250°C 'ler seviyesinde olabilir. Bu sebeple süperiletkenlerin kullanıldığı cihaz ve ürünlerin sürekli olarak bu seviyelere kadar soğutulmaları gerekmektedir.



Süperiletken malzemenin elektriksel direnç değerinin kritik sıcaklık (T_C) altında sıfıra inmesi



Kritik sıcaklık altında Meissner etkisinin gösterimi.

<http://hst-archive.web.cern.ch/archiv/HST2001/accelerators/superconductivity/superconductivity.htm>
https://en.wikipedia.org/wiki/Meissner_effect#/media/File:EfektMeissnera.svg

Süperiletken malzemeler soğutulduklarında içlerinden manyetik alan geçmesine izin vermezler. Bu etki manyetik alanın süperiletken malzemenin hemen dışında yoğunlaşmasına sebep olur. Bir süperiletkenin bu şekilde manyetik alanı dışlamasına “*Meissner Etkisi*” olarak adlandırılır. Bu etki, 1933 yılında bilim insanları Walter Meissner ve Robert Ochsenfeld tarafından keşfedildi.

Meissner Efekti – Süperiletkenler Deneyi



”Meissner Efekti – Süperiletkenler Deneyi” deney videosu açılış görüntüsü

Bu dersin videolu deneyinde süperiletken malzemeleri tanıyacağız. Çok düşük sıcaklıklardaki bir adet Neodymium mıknatıs üzerine bir adet süperiletken yerleştirerek mıknatıs üzerinde havalandırmasını gözlemleyeceğiz. Çok düşük sıcaklıktaki sıvı azot ile çalışacağımız için aşağıdaki uyarı metnine, herhangi bir yaralanma ile karşılaşılması için, kesinlikle uyulması gerekmektedir.

Uyarı: Sıvı azot aşırı derecede soğuktur ve $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de kaynayarak gaz haline gelir. Uygun koruyucu donanım olmadan kullanmanız durumunda sıvı azot sizi yakabilir ve cildinize zarar verebilir. Sıvı azot kaplı nesneleri çıplak elle tutmayın. Sıvı azotu kapalı bir ortamda (termos gibi) taşıırken ısınıp gaza dönüşmesine dikkat edin. Basınç biriken kapalı kaplar patlayabilirler. Sıvı azot içeren deneyleri iyi havalandırılmış bir alanda gerçekleştirdiğinizden emin olun.

Gerekli Malzemeler:

Kişisel Koruyucu Donanım

- Nitril Eldiven
- Sıvı Azot Eldiveni
- Laboratuvar Önlüğü
- Koruyucu Gözlük

Deney Malzemeleri

- Süper İletkenlik Kiti
 - 1 Adet Cımbız
 - 1 Adet Süperiletken
 - 1 Adet Neodymium Mıknatıs
 - 1 Adet Petri Kabı
- 1 lt Sıvı Azot

- 1 Adet Termos

Deneyin Uygulanışı

1. Öğrencilere deneyin gerçekleşmesi için gereken koruyucu donanımı açıklayın. Deneyde sıvı azot kullanıldığı için özel koruyucu donanım kullanılmalıdır. Bu deneyde nitril eldiven, laboratuvar önlüğü, sıvı azot eldiveni ve koruyucu gözlük kullanımı gerekmektedir.



Deneyde kullanılacak olan malzemelerin tanıtılması

2. Plastik bir cımbız yardımıyla süperiletken malzemenizi petri kabının ortasına yerleştirin. Süperiletken malzemenin üzerine neodyum mıknatısı yerleştirin.



Petri kabı içerisindeki süperiletken malzeme üzerine neodyum mıknatısın yerleştirilmesi

3. Sıvı azotu gerekli önlemleri alarak dikkatli bir şekilde petri kabına dökün. Sıvı azotun seviyesi süperiletkenin yükseliğini geçmeyecek kadar olmalıdır. İlk döktüğünüzde ortamın sıcaklığından dolayı hızlı bir şekilde buharlaşacaktır. Sıvı azot kararlı bir şekilde sıvı olarak kalana kadar buharlaşma oldukça yeni sıvı azot ekleyebilirsiniz.



Petri kabı içerisine sıvı azot dökülmesi

4. Süperiletkenin sıcaklığı kritik değerin altına indiği zaman neodyum mıknatısın yükseldiğini göreceksiniz.



Süperiletken malzeme kritik sıcaklık altına indiğinde üzerindeki mıknatısın havada asılı kalması

5. Neodyum mıknatısın yükseldiğini gözlemledikten sonra plastik cımbızla mıknatısı hareket ettirmeye çalışıp, döndürebilirsiniz.

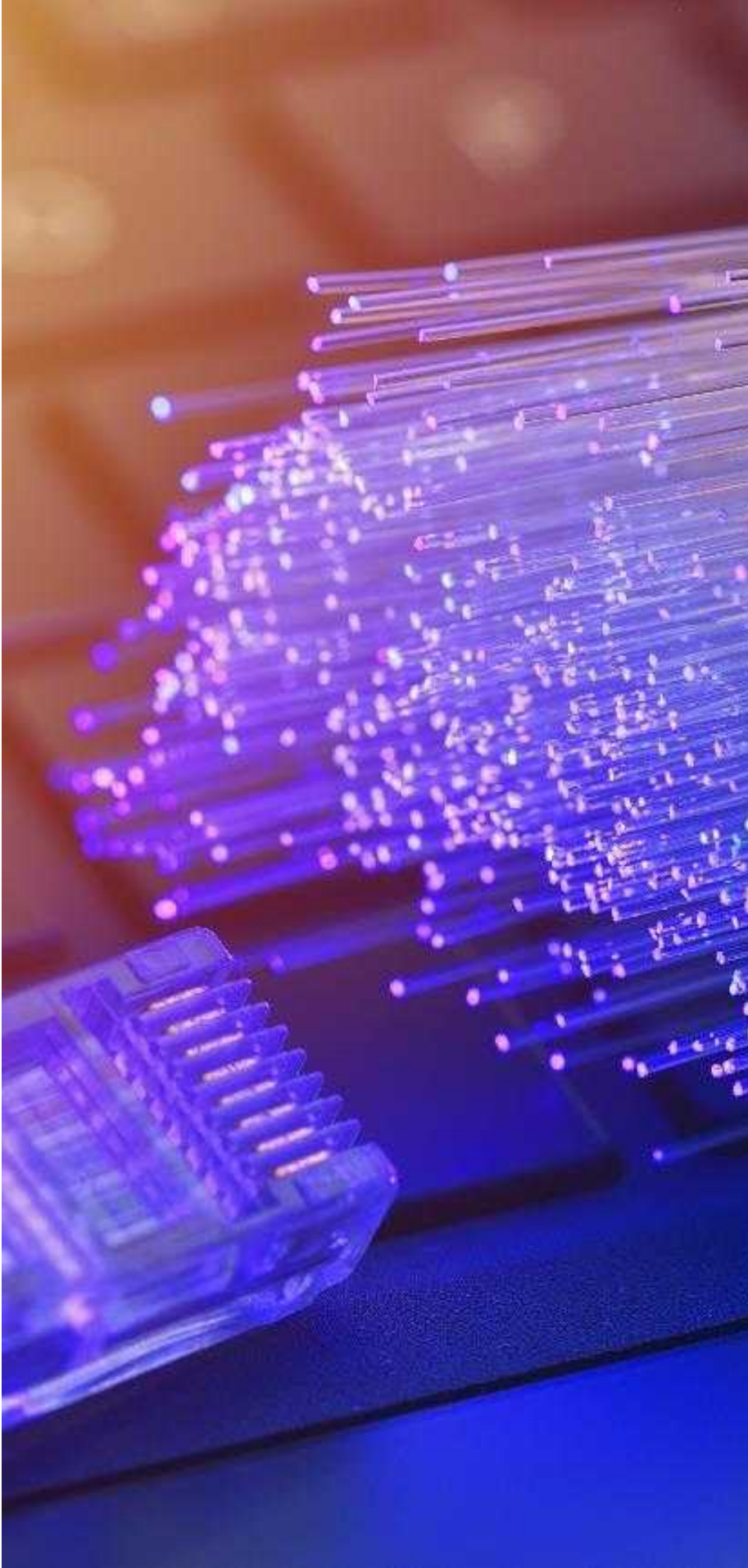


Havada asılı kalan mıknatısın süperiletken malzeme hareket ettirildiği durumda dahi pozisyonunu koruması

Beyin Fırtınası:

Aşağıdaki soruları öğrencilerinizle tartışabilirsiniz.

1. Süperiletkenleri hangi mühendislik uygulamalarında kullanabilirsiniz?
2. Oda sıcaklığında çalışan bir süperiletken üretilbilir mi? Üretilirse hangi uygulamalarda kullanılabilir?



SEKİZİNCİ BÖLÜM MALZEMELERİN OPTİK ÖZELLİKLERİ

Optik Özellikler

Dalga Özellikleri

Malzemelerin Işık Geçirgenliği

Aydınlatma Malzemeleri

Floresan Lambalar

Işığın Kırılması

Işığın Saçılması

Metamalzemeler

Etkinlik No	8.1
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Optik Özellikler Derse Başlamadan Önce Etkinliği
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler temel optik özellikleri, ışığın malzemeyle olan etkileşimini ve optik özellikleri sebebiyle mühendislik uygulamalarında kullanılan çeşitli malzemeleri öğrenecektir.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Malzemelerin Optik Özellikleri

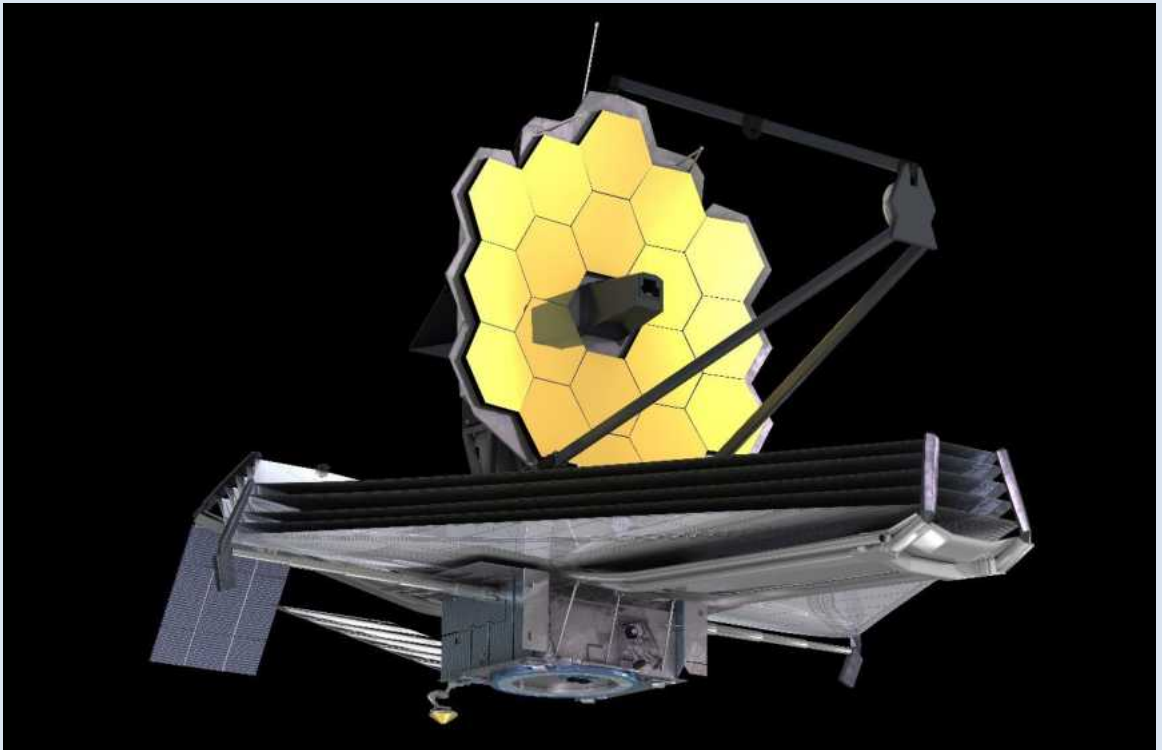
Dersimizin beşinci haftasında, manyetik özelliklerden sonra optik özellikleri inceleyeceğiz. Bir malzemenin optik özellikleri, onun ışıkla ya da elektromanyetik radyasyonla etkileşimini tanımlar. Bu kısımda belli başlı optik özellikleri örnekleri ile ele alacağız.

Derse başlamadan önce

Aşağıda verilen fotoğraflarda öne çıkan optik özellikleri tartışınız.











<https://homeschoolsciencegeek.wordpress.com/2018/03/05/sf-physics-20-blue-skies-headless-polar-bears/>

Derse başlamadan aşağıdaki soruların cevaplarını öğrencilerle tartışabilirsiniz.

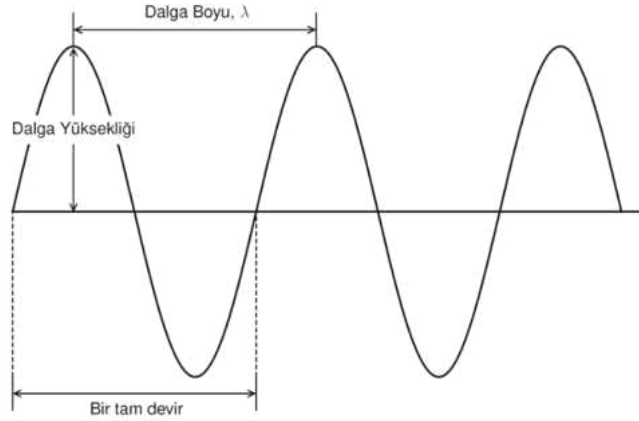
- Işık malzemelerle ne tür etkileşimlere girebilir?
- Renkler nasıl oluşur?
- LED'lerin flamanlı akkor lambalara göre avantajları nelerdir?
- Gözümüzle göremediğimiz dalga boylarında ışık kaynakları var mıdır?
- Kutup ışıkları (Aurora borealis) nasıl oluşur?
- Gökyüzü neden mavidir?
- Gökkuşağı nasıl oluşur?

Etkinlik No	8.2
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Sınıf Düzeyi	Lise
Etkinlik Adı	Optik Özellikler
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler ışığın dalga ve parçacık özelliklerini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	Mikrodalga Fırın Çikolata ya da kırılmış Kaşar Peynir Cetvel

İŞLENİŞ:

Dalga Özellikleri

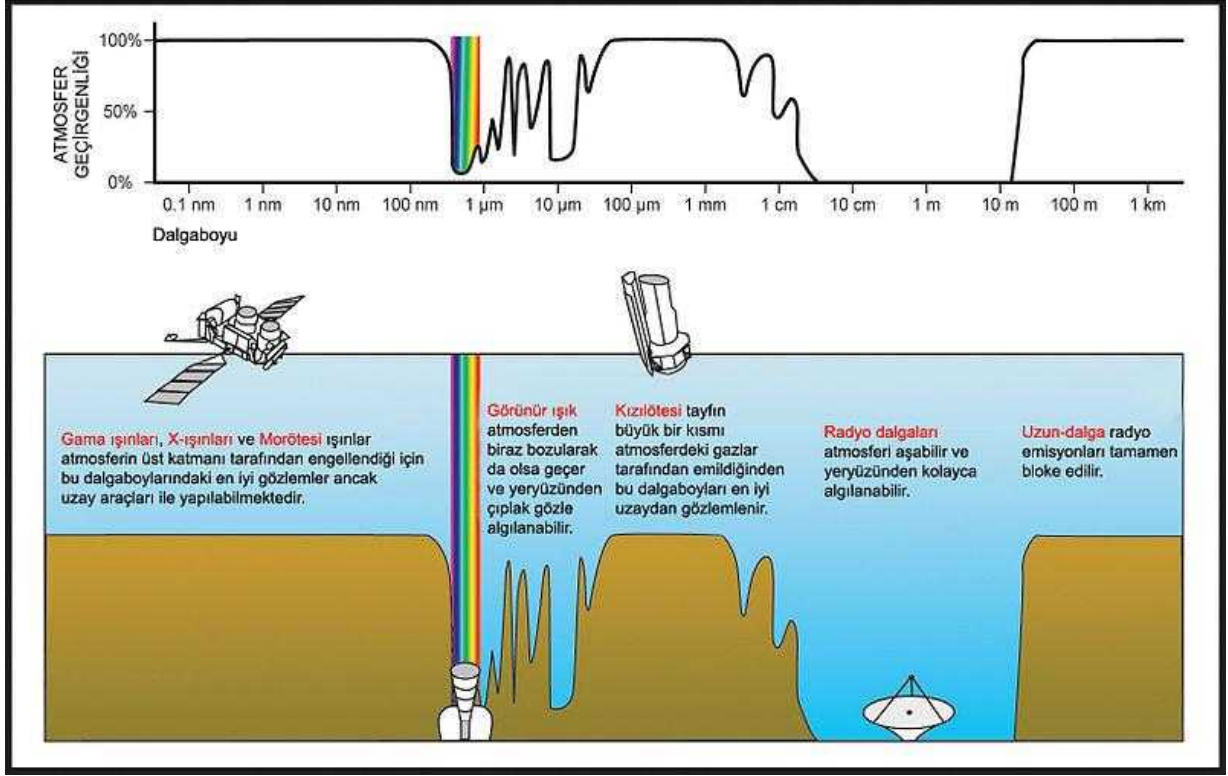
Bu aşamada öğrencilere malzemelerin elektromanyetik radyasyonla etkileşimleri olarak bilinen optik özelliklerden bahsedilecektir.



Dalga boyu ve dalga yüksekliğinin şematik gösterimi.

Evrendeki bütün malzemelerin gözlerimiz aracılığı ile görülebilir olmaları onlardan yansıyan veya içlerinden geçen ışınlar ile ilgilidir. Ürünlerin şekli, rengi, şeffaf olup olmadıkları tamamen işte bu ışınlar ile aralarındaki etkileşim sonucunda belirlenir. Evrendeki tüm ışınlar (görünür ışınlar, X-ışınları, mikrodalga ışınları, radyo dalgaları, ısı, radar, vb.) farklı enerji ve dalga boylarına sahip elektromanyetik radyasyonlardır. Dalga boyu, bir

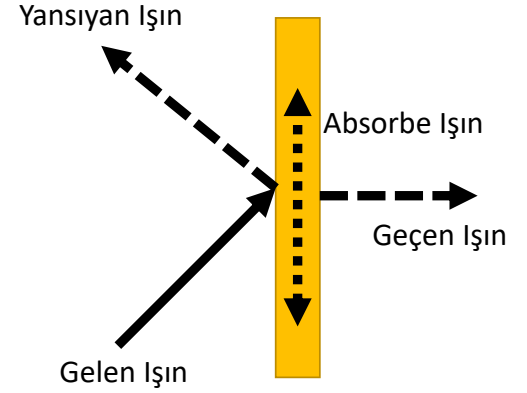
dalganın, yukardaki şekilde görüldüğü gibi, tekrarlanan birimleri arasındaki mesafedir ve evrendeki ışınların tamamı dalga boylarına göre kategorize edilirler. Frekans ise bir dalganın bir saniyede kaç dalga boyu yol aldığı yani bir tam devrini kaç defa tamamladığının göstergesidir. Klasik görüşe göre elektromanyetik radyasyon dalgaya benzeyen, birbirine dik elektriksel ve manyetik alanlardan oluşur.



https://tr.wikipedia.org/wiki/Elektromanyetik_spektrum#/media/Dosya:Atmosfer_Gecirgenligi_TR.jpg

Evrendeki ışınların dalga boylarına göre kategorize edildiklerini öğrendik. Gamma (γ) ışınlarından başlayıp radyo dalgalarına doğru, düşük dalga boyundan yükseğe doğru ilerleyen elektromanyetik ışın spektrumunu görüyoruz. Bu spektrumun en dikkat çeken yanı görünür ışık adı verilen insanların gözleri ile görüp, ayırt edebildiği dalga boyu aralığının tüm spektrumun çok küçük bir alanını oluşturmasıdır. Elektromanyetik spektrumun görünür ışık ve en yakınındaki kategoriler olan ultraviyole ve kızılötesi ışınlarının dalga görünümünü ve görünür ışık aralığında renklerin dağılımını görebiliriz. Bu şekillerden de anlaşılabilceği üzere her bir renk belirli bir dalga boyu aralığında tanımlanmaktadır.

Elektromanyetik radyasyonun klasik görüŖe göre dalgaya benzer bir yapıda olduğunu öğrendik. Ancak, kuantum mekaniksel görüŖe göre elektromanyetik radyasyon bundan çok daha fazlasına denk gelir. 1905 yılında Albert Einstein, Max Planck'ın çalışmalarının üzerine ışığın hem dalga hem de parçacık özelliği gösterdiğini teorize ederek foton kavramını açıklamıştır. Einstein ışığın enerji paketleri halinde yayıldığını göstermiştir. Bu enerji paketlerine de foton adı verilmiştir. Fotonlar ağırlıksız ve vakum altında ışık hızında hareket eden parçacıklardır. Yalnızca belirli enerji değerlerine sahip olabilen fotonların bu enerji değerleri frekansları ile doğru, dalga boylarıyla ile ise ters orantılıdır. Bu sebeple her bir frekansa ve dalga boyuna sahip ışınına denk gelen sabit bir enerji değerı vardır. Işık olarak bildiğimiz kavram fotonlardan oluşur.



Bir ışının bir malzeme ile olası etkileşimleri.

Kutup Işıkları

Kutup Aurorası adı da verilen Kutup Işıkları, kutup bölgelerinde görülen ve özellikle geceleri muazzam görüntüler ortaya çıkartan doğal ışımalardır. Kuzey kutbunda görülen kutup ışıklarına *aurora borealis*, güney kutbunda görülenlerine ise *aurora australis* denir. Kuzey ülkelerinden göz alıcı fotoğraflara da sıklıkla konu olan kutup ışıklarının nasıl oluştuğunu öğrenmek için öncelikle Dünya'dan oldukça uzaklaşmamız gerekir. Dünya'nın ısı ve ışık kaynağı olan Güneş'te sürekli patlamalar olur. Bu patlamalar sonucunda Güneş'ten uzaya doğru güneş rüzgarları adı da verilen yüklü tanecikler yayılır. Bilindiği üzere Dünya kendi etrafında bir manyetik alan oluşturur. Bunun nedeninin Dünya'nın çekirdeğinde bulunan iletken metallerin hareketleri olduğu düşünülmektedir. Dünya'nın manyetik alanı kuzey ve güney kutuplarına yakın bölgelerde manyetik kuzey ve manyetik güney kutuplarının oluşmasını sağlar. Çok yüksek hızda hareket eden ve Güneş'ten gelen yüklü tanecikler Dünya'ya eriştiklerinde Dünya'nın manyetik kuvvetinden etkilenmeye başlarlar. Bu etkilenmenin sonucunda gelen bu parçacıkların büyük çoğunluğu yönlerinden saptırılır. Dünya'nın bir manyetik alana sahip olması işte bu yüzden önemlidir. Bu manyetik alan Dünya'yı Güneş'ten gelen bu rüzgarlardan ve bu rüzgarlardan kaynaklanan zararlı parçacıklardan korur. Ancak Dünya'nın manyetik kutup bölgelerinde, Güneş'ten gelen bu yüklü tanecikler Dünya'nın atmosferine girebilirler. Dünya'nın atmosferinde bulunan azot ve nitrojen gibi gazların moleküllerine çarpan bu tanecikler, bu gaz moleküllerinin yüksek enerji seviyelerine çıkmalarını sağlarlar. Yüksek enerji seviyelerindeki bu moleküller normal enerji seviyelerine inerken almış oldukları bu enerjiyi foton olarak yayarlar. Dolayısıyla da *aurora* olarak bildiğimiz ışık şovu ortaya çıkar.



Kuzey ışıkları

[https://en.wikipedia.org/wiki/Aurora#/media/File:Polarlicht_2.jpg]

Evrende renk olarak tanımladığımız olgu aslında cisimler üzerine düşen ışığın belirli bir kısmının soğurulması ve belirli bir kısmının yansıtılması ile oluşur. İnsanlar gözlerindeki reseptörlere gelen ışınların dalga boylarına göre renkleri ayırt edebilirler. Dalga boyu 625 nm ile 740 nm arası olan ışınlar insanlar tarafından kırmızı olarak görülürken, yeşil renk dalga boyu yaklaşık 500 nm ile 565 nm arasında olan ışınlar tarafından oluşturulur. Ortamda hiç ışık yoksa veya malzemeden hiçbir ışık yansımazsa bir malzemeyi görmemiz olanaksızdır. Görünür ışık spektrumundaki tüm dalga boylarına sahip ışınlar gözümüze bir arada gelecek olursa beyaz renk görürüz, yani tüm renklerin karışımı beyaz rengi oluşturur. Eğer hiçbir ışık gözümüze ulaşmaz ise de siyah görürüz.

Ek Bilgi

Bilinen En Siyah Madde (Vantablack®)

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=PGjJLI2JYpE>



*Vantablack® ile kaplanmış bir maskenin görünümü
[<https://www.surreynanosystems.com>]*



*Aynı maskenin Vantablack® ile kaplanmış ve kaplanmamış
görünümleri [<https://www.youtube.com/watch?v=v3pkXUhCPOQ>]
[<https://www.surreynanosystems.com>]*

Öğrendiğimiz üzere her bir malzeme üzerine düşen ışığın bir kısmını soğururken bir kısmını yansıtır ve bir malzemeden yansıyan ışıklar nedeniyle o malzemeyi görebiliyoruz. 2000'lerin başında Birleşik Krallık Ulusal Fizik Laboratuvarında geliştirilmeye başlanan Vantablack®, görünür ışığın %99.965'ini soğuran bilinen en siyah kaplamalardandır. Dikey Konumlandırılmış Karbon Nanotüp Dizeleri (Vertically Aligned Carbon Nanotube Arrays – VANTA) cümlesinin ilk harfleri ve siyah (Black) kelimelerinin birleşiminden oluşan Vantablack® üzerine düşen ışığı karbon nanotüpler içerisinde hapsedip, nanotüplerin çeperlerinden saptırılarak ısı enerjisine dönüştürülüp geri yansıyan ışığı en aza indirme prensibi ile çalışır. Özellikle askeriyede ve uçak/uzay sektöründe kullanılan Vantablack® kaplamalar, teleskoplarda, kamera lenslerinde ve bazı otomotiv uygulamalarında şimdiye kadar örnek kullanımlar sergilemiştir. Yukardaki şekilde Vantablack® ile kaplanmış dökme bronz bir büst görülebilir. Bu büstten neredeyse hiçbir ışık yansımadığı için şeklin renkleri bir yana şekilde bulunan hiçbir girinti çıkıntı dahi göz ile görülememektedir. Sağdaki şekilde aynı büstün Vantablack® ile kaplanmış ve kaplanmamış hali yan yana görülmektedir.

Kendin Dene

Mikrodalga Fırın Kullanarak Işığın Hızını Ölçelim

URL: <https://www.youtube.com/watch?v=7WXW2bWBEG>

İlk kısımda gördüğümüz tüm elektromanyetik dalgalar, boşlukta ışık hızında ($3,00 \times 10^8$ m/s) hareket eder. Aynı durum evlerimizde yemekleri ısıtmak için kullandığımız mikrodalga fırınlar için de geçerlidir. Mikrodalga fırın içerisinde oluşan mikrodalgayı kullanarak ışığın hızını yaklaşık olarak hesaplayabiliriz.

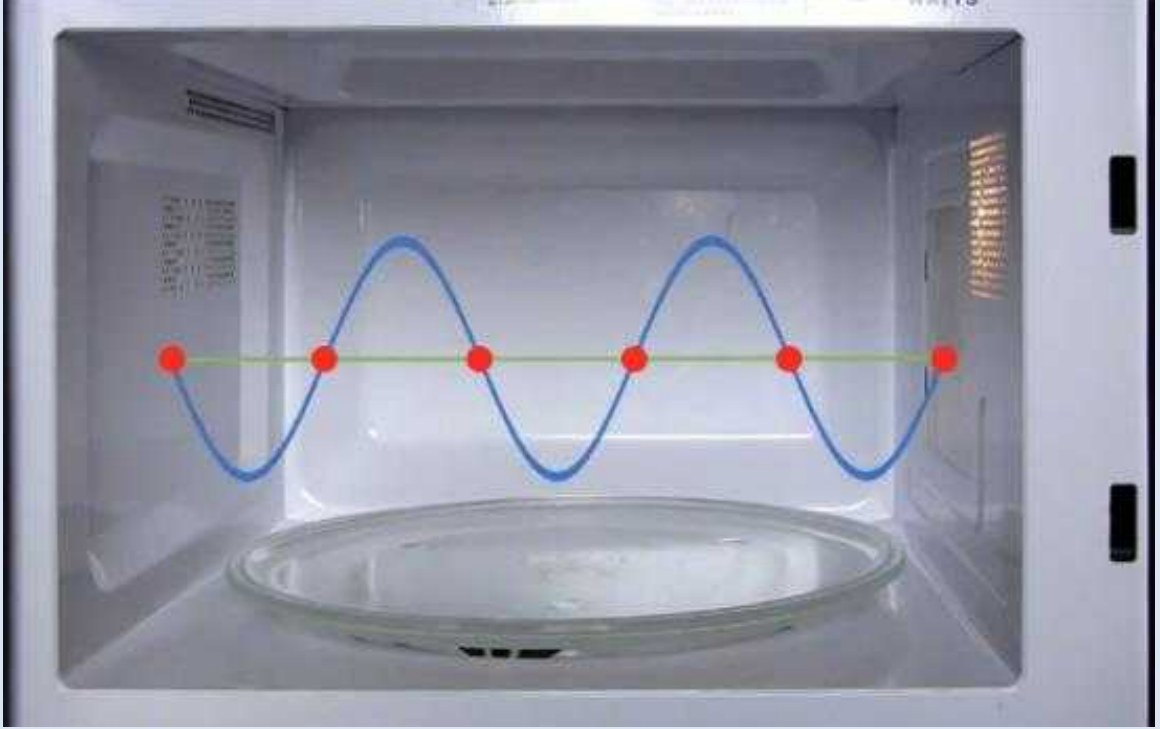
Bir elektromanyetik dalganın frekansı ve dalga boyu çarpımı ışık hızına eşittir.

$$\lambda v = c$$

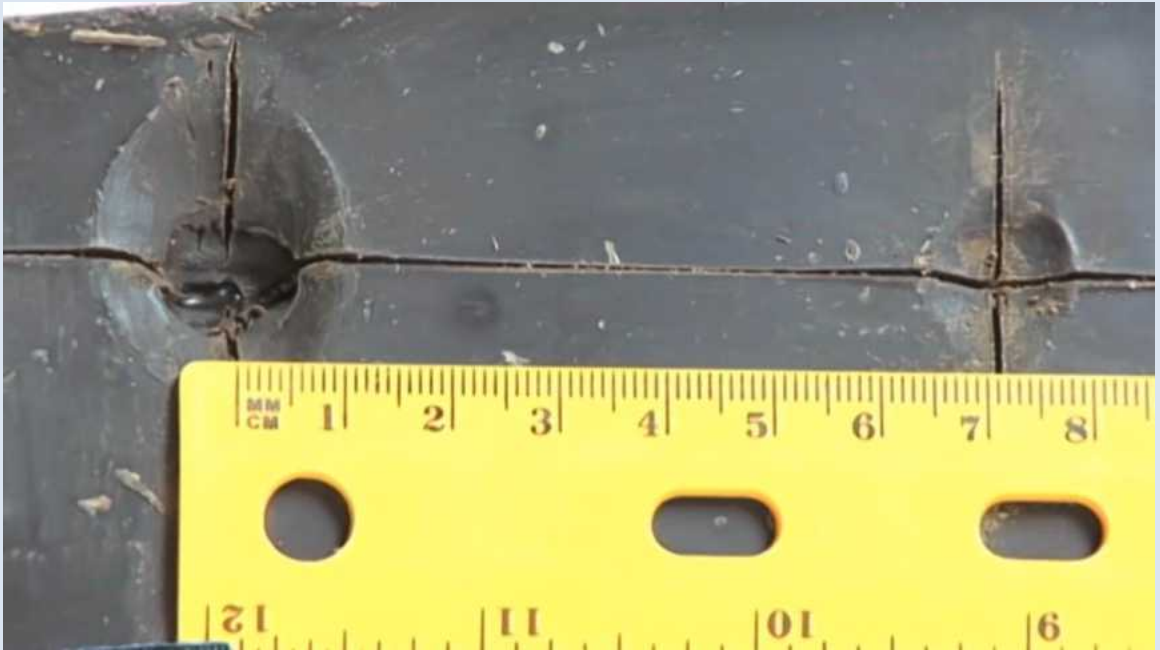
Bunun için öncelikle fırın içerisindeki mikrodalganın dalga boyunu hesaplayalım.



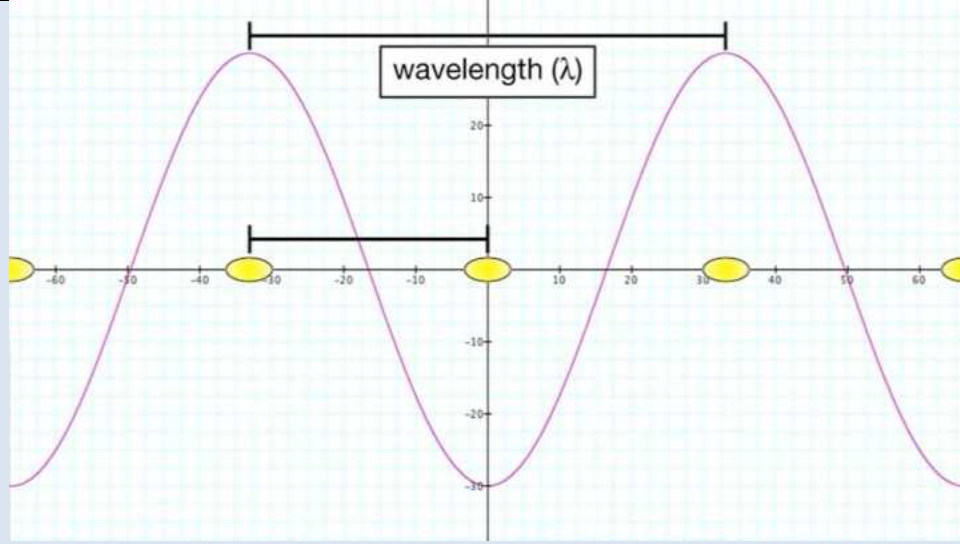
Mikrodalga fırın içerisinde tepsi döndürme modunu kullanmadan büyük bir çikolata ya da kırılmış kaşar peynir eriterek dalga boyunu ölçebiliriz. Çikolata ya da kırılmış kaşar peyniri fırına yerleştirdikten sonra erimeye başlayacağı süreyi gözlemlemek üzere camından bakarak kontrol edelim. İlk erime ibaresini gözlemledikten sonra fırını durdurabiliriz.



<https://scientificfingerfood.wordpress.com/2014/06/14/your-microwave-is-a-physics-laboratory-you-will-c/>



Yukarıda çikolata ile yapılan örnekte gösterildiği üzere, 2 noktanın yumuşadığını gözlemliyoruz. Bu noktalar mikrodalganın dalgaboyunun yarısını göstermektedir.



Bu mesafeyi ölçüp ikiyle çarparsak kullanılan elektromanyetik dalganın 2 katını buluruz. Mikrodalganın frekansı ise fırının arkasındaki küçük künyede yer almaktadır. Yukarıda kullanılan fırın için bu sayı 2450 MHz olarak verilmiştir.



Yukarıda sunulan örnek için dalga boyu yaklaşık olarak $7.1 \times 2 = 14.2$ cm ve frekans 2450 MHz. Işığın hızı vakum ortamında saniyede 300.000 km'dir. Bu durumda uygun birimleri kullanmak üzere:

$$14.2 \text{ cm} = 0.142 \text{ m}$$

$$2450 \text{ MHz} = 2,450,000,000 \text{ Hz (1/sn)}$$

$$0.142 \times 2,450,000,000 = 347.900.000 \text{ m/sn} = 347.900 \text{ km/s}$$

Yukarıdaki örnekte görüldüğü üzere yaklaşık %16'lık bir hata ile ışığın hızını hesaplamış olduk.

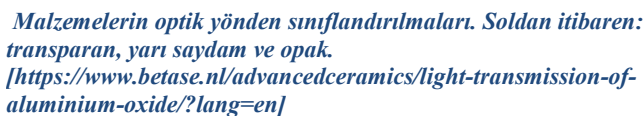
Öğrenciler de bu deneyi tekrarlayarak mikrodalga kullanıp ışığın hızını hesaplayabilirler. Gerçek ölçümlerle arasında oluşan hatanın sebeplerini sınıf ortamında tartışabilirsiniz.

Etkinlik No	8.3
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Malzemelerin Işık Geçirgenliği
Önerilen Süre	10 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler malzemelerin ışık geçirgenliğini öğrenir.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Malzemelerin Işık Geçirgenliği

Biraz önce de bahsedildiği üzere bir malzemeyle etkileşime geçen ışık malzemedan yansıyabilir, malzeme içerisinde soğurulabilir ve bunlara ek olarak da malzeme ile etkileşime girmeden malzeme içinden geçip iletilebilir. Işığın içlerinden geçemediği malzemelere opak veya saydam olmayan malzemeler denir. Bu malzemeler üzerlerine gelen ışığın neredeyse tamamını ya soğururlar ya da yansıtırlar. Bu tarz malzemelerden yansıyan ışığın dalga boyuna göre de gözlemlenen renkleri belirlenir. Metaller ve aynalar opak malzemelerdir. Metaller, üzerlerine gelen görünür ışığı tamamen soğururlar ve soğurulan bu ışığın büyük bir kısmını çok kısa bir süre içerisinde aynı dalga boyuna sahip görünen ışık olarak yüzeylerinden yayar. Bu sebeple metaller aynı zamanda iyi yansıtıcılardır. Neredeyse bütün metallerin beyaz ışık altında parlak gri ve tonlarındaki renklerde gözükmelerinin sebebi işte tam olarak da üzerlerine gelen beyaz ışığın büyük bir kısmını bu şekilde geri yaymalarıdır. Aynalar ise gelen ışığın neredeyse tamamını geri yansıtır. Bu sebeple karşılarında duran cisimlerden, yani bizlerden, gelen ışınları da yansıtırları için kendimizi aynalarda görebiliriz.



Bazı malzemeler ise ne opaktır ne de transparandır, bu tarz malzemelere yarı saydam denir. Malzemenin içinden geçen ışığın tamamen malzeme içerisinde soğurulmadığı ve kırınımına uğrayıp dağıldığı zamanlarda bu durumla karşılaşılır. Bu tarz kırınımlar malzemenin iç yapısıyla da bağlantılıdır. Çok taneli yapılara sahip malzemelerde tane sınırları ışığın dağılmasına sebep olur. Aynı zamanda malzeme içerisinde bulunabilecek gözenekler de ışığı dağıtır. Şekilde en solda transparan olarak gözüken seramik numune tek kristalli bir yapıya sahiptir. Onun yanındaki numune ise bir öncekiyle aynı kompozisyona sahip olmasına rağmen yarı saydam olarak gözükmemektedir. Bu numune gözenek içermeyen ancak çok taneli bir yapıya sahip olduğu için yarı saydamdır. En sağdaki numune ise gözeneklere sahip çok taneli bir yapıya sahiptir, bu nedenle opaktır.

282

Etkinlik No	8.4
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Aydınlatma Malzemeleri
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler ışık yayan diyot (LED) kavramını öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	1 Adet Akıllı Cep Telefonu 1 veya daha fazla Uzaktan Kumanda

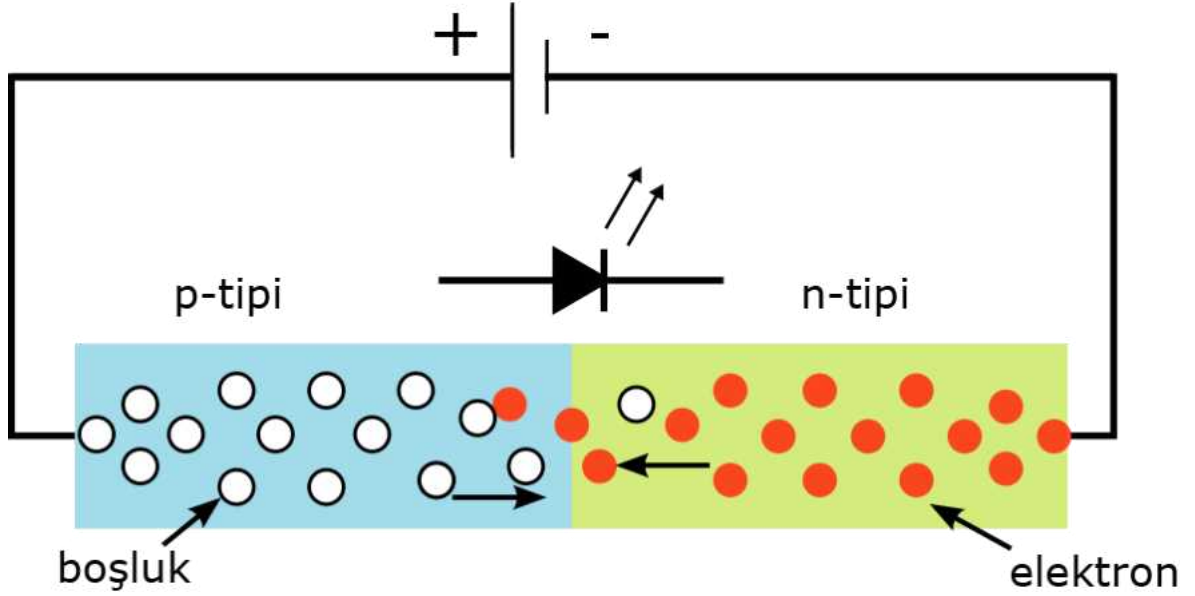
İŞLENİŞ:

Işık Yayan Diyotlar

Günümüzde güneş ışığının yeterli olmadığı yer ve zamanlarda aydınlatma amaçlı olarak çeşitli ampuller kullanılmaktadır. Yıllar boyunca ampul teknolojisinde çok büyük gelişmeler yaşanmıştır. Tarihteki uzun ömürlü ilk ampuller Thomas Edison tarafından geliştirilen akkor ampullerdir. Kullanımları günümüzde yüksek enerji tüketimleri nedeniyle azalan akkor ampuller, vakum altına alınmış ya da soy gaz ile doldurulmuş cam şişelerin içerisindeki filament adı verilen çok ince bir tele elektrik akımı verilmesi yöntemiyle çalışır. Filament adı verilen bu teller üzerinden geçen elektrik akımı, metali 3000 °C gibi çok yüksek sıcaklıklara kadar ısıtır ve bu yüksek sıcaklık neticesinde metal ışık yaymaya başlar. Yüksek sıcaklıktan ötürü metalin erimesi gibi problemlerin üstesinden gelebilmek için filament malzemesi olarak genellikle yüksek erime sıcaklığına sahip tungsten gibi metaller kullanılır. Filamentin yüksek sıcaklıklarda oksidasyona uğramasını engellemek için ise ampul şişeleri ya vakum altındadır ya da soy gaz atmosferi altında bulunur.

Yüksek enerji tüketimleri ve kısa ömürleri sebebiyle akkor ampullerin yerine günümüzde LED (*Light Emitting Diode* – Işık Yayan Diyot) lambalar yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. İlk olarak 1920’li yıllarda zamanın Sovyet Rusya’sında icat edilen LED’ler ışık yayan, yarı-iletken katı hal devre elemanlarıdır. Akkor lambalara kıyasla ışık yaymaları için ısınmalarına gerek yoktur ve bu sebeple enerji tüketimi açısından oldukça verimlidir. Elektriksel özellikler haftasında öğrendiğimiz üzere diyotlar PN bağlantısı da denilen bir yarısı *p*-tipi dışsal, diğer yarısı ise *n*-tipi dışsal olan yarı iletken devre elemanlarıdır. LED’ler, Şekilde görülebildiği gibi, *p*-tipi dışsal yarı iletkenin bulunduğu bölgenin pozitif (+), *n*-tipi dışsal yarı iletken bölgenin ise negatif (-) elektrik kutbuna bağlanması ve bu kutuplar arasında bir elektrik akımı verilmesi sonucu oluşturulur. Pozitif tarafa verilen akım *n*-tipi dışsal yarı iletken içerisinde fazla sayıda bulunan negatif yüklü taşıyıcı yükler olan elektronların *n*- ve *p*-tipi yarı iletkenlerin arasındaki birleşim noktasına ilerlemelerini sağlar. Aynı şekilde *p*-tipi yarı iletkenlerde bulunan boşluklar da ters taraftan bu birleşim noktasına ilerler. Burada birbirlerini

sönümleyen elektron ve boşluklar ortaya enerji çıkmasına sebep olur. Bu enerji ise ortama foton olarak yayılır, dolayısıyla da gözlemlenebilir ışık oluşumu sağlanır.



Yarı iletken bir LED'in şematik gösterimi. [<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PnJunction-LED-E.png>]

Bilindiği üzere LED'ler ile görünür ışık spektrumundaki tüm renkler üretilebilir. Renklerin oluşumu için LED'leri oluşturan PN bağlantısını oluşturan alaşımlar belirli özelliklerine göre seçilir ve bu seçim sonrasında ortaya çıkacak olan fotonun dalga boyu istenen rengi oluşturacak şekilde belirlenmiş olur. Galyum Arsenit (GaAs), İndiyum Fosfor (InP) ve bu malzemelerin alaşımları LED sektöründe görünür ışık üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır.

Görünür ışığın dışında da LED'ler elektromanyetik spektrumdaki ultraviyole (morötesi) ve kızılötesi gibi dalga boylarında da foton yayacak şekilde üretilebilirler. LED'ler kolay ve ucuza üretilebilir olmaları ve bakıma ihtiyaç duymamaları gibi üstün özellikleri sebebiyle de aydınlatma da yoğunluklu olarak kullanılmaktadır.

Teknolojideki gelişmeler bazı polimerik malzemelerin de yarı iletkenlik özelliği gösterdiğini ortaya koymuştur. Bu gelişmeler kullanılarak ise polimer malzemelerden üretilen ve şimdiye kadar bahsettiğimiz LED'ler gibi foton yayma özelliğine sahip ürünler üretilmiştir. OLED (*Organic Light Emitting Diode* – Organik Işık Yayan Diyot) adı verilen bu teknoloji günümüzde özellikle düz ekran televizyonlar, cep telefonları ve bilgisayar ekranlarında kullanılmaktadır. Önceden bahsettiğimiz klasik LED'lere göre üretimleri daha kolay olup, onlardan daha ince bir yapıda üretilebilirler. Aynı cihazdan birden fazla renk elde etmenin de mümkün olduğu OLED'ler, bu özellikleri sayesinde beyaz ışık elde etmek için de kullanılabilirler. Aşağıdaki şekilde çeşitli cihazlarda kullanılan OLED bazlı ekranların optik mikroskop altında incelenen örneklerinde de görülebildiği üzere, OLED temelli ekranlar genellikle üç ana rengin (RGB – Red Green Blue – Kırmızı Yeşil Mavi) bir arada olduğu ve ekranda gösterilmek istenen renge göre bu üç rengin karışımlarının kullanıldığı sistemlerdir. Şekilde optik mikroskop görüntüsünde ekranın sağ tarafında bu üç ana renkten yalnızca kırmızının çalışır vaziyette olduğu görülmektedir, bu şekilde cihazın ekranında kırmızı bir alan oluşumu amaçlanmıştır.



Samsung S9 Plus



Apple Watch Series 0



Oppo Reno 3

Çeşitli elektronik aletlerin ekran piksellerinin optik mikroskop altındaki görünümü.

Deney

Kızılötesi LED Deneyi



Bir uzaktan kumandada bulunan kızılötesi LED. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Remote_control_infrared_animated.gif]

Işık yayan diyotların yani LED'lerin yalnızca görünür ışık elde etmek için kullanılmadıklarını öğrendik. Bu deneyde ise özellikle televizyon ve uydu alıcılarda sıklıkla kullanılan kızılötesi oluşturmak için kullanılan LED'leri gözlerimizle görmemizi sağlayacağız.

Gerekli Malzemeler:

- 1 Adet Akıllı Cep Telefonu
- 1 veya daha fazla Uzaktan Kumanda

Deneyin Uygulanışı:

1. Uzaktan kumandanın pillerinin dolu ve kumandaya takılı olduğundan emin olunur.
2. Akıllı cep telefonunun kamera uygulaması açılır ve kumandanın üst tarafında bulunan sensör kısmı telefonun kamerasına dönük bir şekilde iken kumandadaki herhangi bir tuşa basılır.
3. Akıllı cep telefonunun ekranından kumandanın IR sensöründen çıkan kızılötesi ışın gözlemlenir.



Etkinlik No	8.5
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Floresan Lambalar
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler floresan lambaların çalışma prensibini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	1 Adet Plazma Küresi (Tesla Bobini) 1 veya daha fazla Floresan Lamba

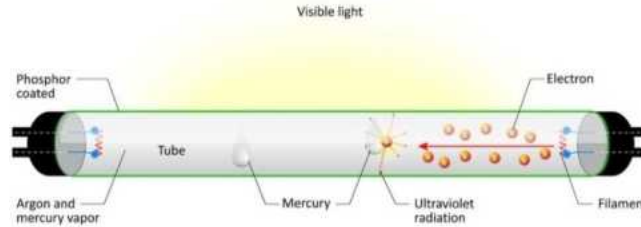
İŞLENİŞ:

Floresan Lambalar



General Electric tarafından 1939 yılında tanıtılan floresan lambalar, silindir şeklinde bir cam borunun iki ucundan yüksek akım uygulanması ile çalışır. Floresan lambaların içleri boşaltılıp bir soy gaz olan Argon ve cıva buharı ile doldurulurlar. İki uç arasındaki akım farkı sebebiyle floresan lamba boyunca elektronlar yüksek hızlarda hareket ederler. Bu hareketleri sırasında ortamda bulunan cıva buharı moleküllerine çarpan elektronlar cıva moleküllerini yüksek enerji seviyesine çıkartır. Yüksek enerji seviyelerindeki bu moleküller normal enerji seviyelerine inerlerken ortama ultraviyole (UV) ışık yayılmasını sağlar.

Açığa çıkan UV ışık gözle görülemediği için aydınlanma amaçlı kullanılacak floresan lambalar, bu UV ışığı floresans adı verilen bir olay yardımıyla görünür ışığa çevirirler. Floresan lambaların çalışma prensibi aşağıdaki şekilde görülebilir.



Floresan lambaların çalışma prensibinin şematik gösterimi.
<http://www.electricalidea.com/how-fluorescent-tube-lights-work/>

Floresans, ışığı veya diğer elektromanyetik radyasyonu emen bir madde tarafından ışığın yayılmasıdır. Floresan lambaların iç çeperleri fosfor (P) tozu ile kaplanmıştır. Civa moleküllerine çarpan elektronlar sonucunda oluşan UV ışık bu kaplamaya çarparak floresans olayının gerçekleşmesini sağlar ve görünür ışık ortaya çıkar.

Deney

Floresan Deneyi



“Florasan Lamba Nasıl Çalışır?” deney videosu açılış görüntüsü

Bu dersin videolu deneyinde bu hafta çalışma prensiplerini öğrendiğimiz floresan lambaların hiçbir şeye bağlı olmadan bir adet plazma küresi kullanarak nasıl ışık yaydıklarını göreceğiz.

Bu deneyde kullanılan plazma küresi, küçük bir Tesla bobinidir ve kürenin merkezinde bir alternatif akım alanı oluşturur. Bu alternatif akım alanı da kürenin dışına kadar çıkan bir alternatif elektromanyetik alan oluşumuna sebep olur.

Deneydeki floresan lambalar, plazma küresine yaklaştırıldıklarında bu alternatif elektromanyetik alan ile etkileşime geçerler. Bu elektromanyetik alan floresan lamba içerisindeki elektronların hareketlenmelerine sebep olur. Bu haftaki derste öğrendiğimiz üzere, floresan lamba içerisindeki hareketli elektronlar öncelikli olarak tüp içerisindeki civa moleküllerine çarparak UV ışık oluşmasına sebep olur. Oluşan bu UV ışık ise tüp çeperlerindeki fosfor tozuna çarparak floresans olayı ile ısımanın gerçekleşmesine ve beyaz ışığın oluşumuna neden olur.

Gerekli Malzemeler:

- 1 Adet Plazma Küresi
- 1 veya daha fazla Floresan Lamba

Deneyin Uygulanışı

1. Öğrencilere deneyin gerçekleşmesi için gereken malzemeleri açıklayın. Bu deneyde bir adet plazma küresi ile farklı şekil ve boyutlarda floresan lambalar gerekmektedir.



Deneyde kullanılacak plazma küresinin tanıtılması.

2. Deney başında deneyde kullanılacak floresan lambalar tanıtılır.



Deneyde kullanılacak floresan lambaların tanıtılması.

3. Ardından plazma küresi çalıştırılır ve ortam ışıkları plazma küresinin daha iyi görülebilmesi için kapatılır.



Karanlık bir ortamda plazma küresi yüzeyinde görülen enerji yayları

4. Plazma küresi açık durumdayken kürenin yüzeyine el ile dokunulması sonucu oluşan enerji yayları gözlemlenir.



Plazma küresine çıplak el ile dokunulduğunda yönleri değişen enerji yayları

5. Bundan sonra floresan lambalar teker teker plazma küresine yaklaştırılarak hiçbir elektrik akımına bağlı olmadan ışık yaydıkları gözlemlenir. Uzun bir floresan lamba kullanılırsa, lambanın ne kadarlık bir kısmının ışık yayacağını eliniz ile belirleyebilirsiniz. El ile tutulan lambanın küreye yakın olan kısmı ışık yayacaktır ancak floresan lambanın el ile tutulan kısmının ötesi ışık yaymayacaktır.



Floresan lamba ile plazma küresinin etkileşimi.



Floresan lamba ile plazma küresinin etkileşimi.



Floresan lamba ile plazma küresinin etkileşimi.



Uzun bir floresan lambanın plazma küresine yaklaştırıldığında yalnızca iki el ile kısıtlanan aralığın ısıldadığının görülmesi

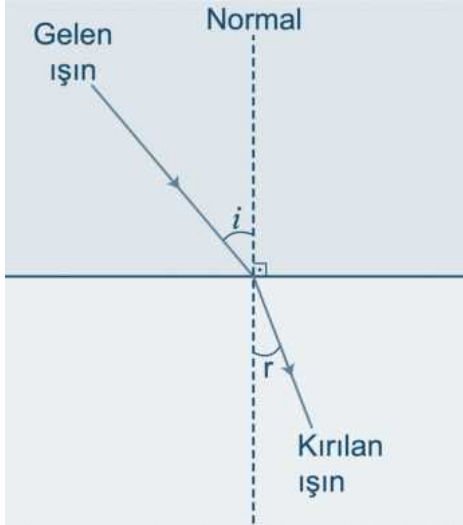
Beyin Fırtınası:

Başka hangi cihazlarda ya da uygulamalarda bu deneyde anlatılan prensipler kullanılabilir?

Etkinlik No	8.6
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Işığın Malzeme İçerisinde Kırılması
Önerilen Süre	10 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler ışığın malzeme içerisinde kırılma prensibini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	1 Adet Akvaryum Birkaç Damla Süt 1 Adet Güçlü El Feneri ya da Lazer İşaretçi

İŞLENİŞ:

Işığın Malzeme İçerisinde Kırılması



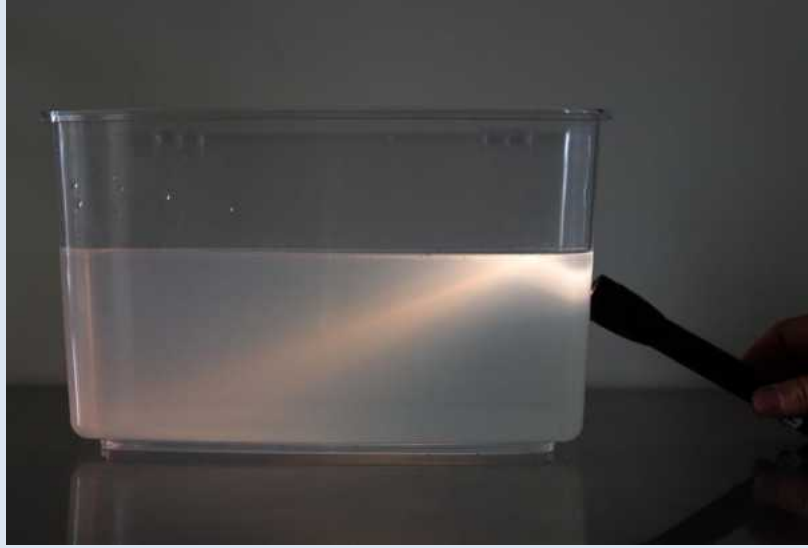
Bir ışının bir ortamdan başka bir ortama geçerken yaşadığı kırılmanın illüstrasyonu.

Ortam değiştiren ışınların hızlarında değişme olur. Bu değişme sonucunda ise ışının hareket doğrultusu da değişir. Bu olaya ışının kırılması denir. Her bir ortam kırılma indisi adı verilen bir değişkene sahiptir. Bu değişken ışık hızının, yani bir ışının boşluktaki hızının, belirli bir ortamdan geçerken sahip olduğu ortalama hızına oranıdır ve n sembolü ile gösterilir. Yanda verilen şekilde görüldüğü üzere farklı kırılma indislerine sahip iki ortamdan geçen ışın açısını değiştirerek yoluna devam eder. Eğer ışının girdiği ortamın kırılma indisi geldiği ortama göre daha yüksekse, ışın normale yaklaşarak kırılır. Öbür türlü ise normalden uzaklaşarak kırılır. Bir ışın iki ortamı ayıran yüzeye dik olarak gelirse hızı ortama göre yine değişir ancak hareket doğrultusu değişmez ve yüzeye dik olarak hareketine devam eder. Ancak özellikle bilinmesi gerekir ki, kırılma indisi büyük olan bir ortamdan kırılma indisi küçük olan bir ortama gönderilen bir ışın her halükârda ortam değiştirmez. Sınır açısı adı verilen belirli bir açıdan daha yüksek bir açıda gönderilen ışınlar geldikleri ortama geri dönerler. Şekilde i olarak gösterilen gelen ışının gelme açısı bu iki

ortamın sınır açısı değerinde olursa, gelen ışın diğer ortama geçemez ve iki ortamı ayıran yüzey üzerinde hareket eder. Bu açı daha da arttırılacak olursa tam kırılma adı verilen durum ortaya çıkar. Tam kırılmada gelen ışın iki ortamı ayıran yüzeyden yansıyarak geldiği açı ile geldiği ortama geri döner.

Deney

Sınır Açısı Deneyi



İçinde birkaç damla süt bulunan su dolu akvaryuma tutulan el fenerinin ışığının kırılması. [https://www.exploratorium.edu/snacks/critical-angle]

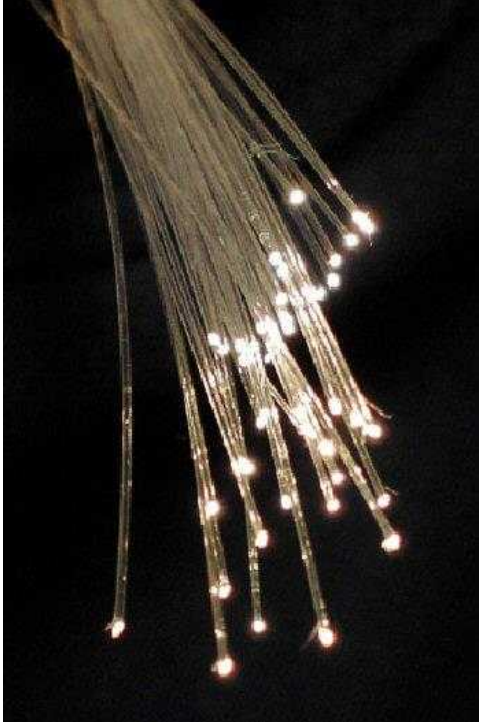
Bu deneyde, bir adet su dolu akvaryum ve el feneri kullanılarak önceden öğrenmiş olduğumuz sınır açısı kavramını deneysel olarak gözlemleyeceğiz. Tam kırılma sağlanabilmesi ve hava ile akvaryum içerisindeki su arasındaki kırılma indisi farkını arttırmak için ise süt kullanılacaktır.

Gerekli Malzemeler:

- 1 Adet Akvaryum
- Birkaç Damla Süt
- 1 Adet Güçlü El Feneri ya da Lazer İşaretçi

Deneyin Uygulanışı

1. Öncelikle akvaryumu su ile doldurulur.
2. El feneri ya da lazer işaretçisi su ile doldurulan akvaryuma karanlık bir ortamda şekildeki gibi tutulur.
3. Ardından el feneri ya da lazer işaretçisinin ışığının daha iyi görülebilir olması için akvaryum içerisindeki suya damla damla süt, her damla sonrasında akvaryum karıştırılarak koyulur.
4. El feneri ya da lazer işaretçisinden çıkan ışığın akvaryum yüzeyinden yansıdığı açı bulunana kadar el fenerinin ya da lazer işaretçisinin açısı ayarlanır.
5. Işığın yüzeyden tam kırılmaya uğradığı gözlemlenir.



Bir demet fiber optik kablo.

[\[https://tr.wikipedia.org/wiki/Optik_fiber#/media/Dosya:Fibreoptic.jpg\]](https://tr.wikipedia.org/wiki/Optik_fiber#/media/Dosya:Fibreoptic.jpg)

fiberlerin bir ucundan gönderilen verinin tam kırılmaya uğrayarak fiber boyunca hareket etmesi prensibi ile çalışır. Şekilde uçlarında ışıkların çıktığı bir demet fiber optik kablo görülebilir.

Işıkların yansıma ve kırılma özellikleri kullanılarak oluşturulan fiber optik kablolar iletişim sektöründe devrimsel bir gelişmeye sebep olmuşlardır. Günümüzde internet erişiminden telefon iletişimine, video/görüntü ve ses aktarımından endoskopi, kolonoskopi gibi görüntüleme sistemlerine kadar birçok alanda fiber optik kablolar kullanılmaktadır. Geleneksel bakır teller üzerinden veri aktarımına göre çok daha uzak mesafelere geleneksel bakır tellerle karşılaştırılamayacak kadar yüksek hızlarda, sinyal kaybı olmadan iletim sağlamaları fiber optik kabloların kullanımını özellikle yaygınlaştırmıştır. Geleneksel kablolar ile veri iletimi elektrik akımı ile sağlanırken fiber optik kablolarda ışıktan ve ışığın tam kırılma özelliğinden faydalanılır. Fotonlar, yani ışıklar, evrende en hızlı gidebilen parçacıklar olarak bilindiği için çok sayıda veriyi, çok hızlı bir şekilde taşımak için kullanılabilirler. Biraz önce öğrendiğimiz tam kırılma durumunu kullanmak için fiber optik kablolar kırılma indisi yüksek olan silika cam veya polimerlerden üretilen çok ince fiberlerden oluşurlar. Fiber optik kablolar ışık olarak



Dünya'daki okyanus altı iletişim kabloları haritası. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Submarine_cable_map_umap.png]

Günümüzde artık vazgeçilmez olmuş internet erişimi ülkeler ve kıtalar arasında işte bu fiber optik kablolar aracılığı ile sağlanır. Kıtalar okyanusların tabanlarından geçen fiber optik kablo demetleri ile birbirlerine bağlanır. Şekilde dünya üzerinde okyanus ve deniz tabanlarından geçerek ülkeleri birbirine bağlayan fiber optik kabloların haritasını görebilirsiniz. Bu kablolar aracılığı ile hem internet hem de telefon iletişimi yüksek hızlarda sağlanmaktadır

Bükülen Işık Deneyi



Lazer ışığının akan suyu izlemesi .

Bu deneyde, fiber optik kabloları benzer şekilde, ışığın bir su akıntısı içerisinde yön verilip bükülebileceği gösterilmektedir.

Tornavida ile bir plastik şişesinin ortasına bir delik açın. Suyun iyi akması için deliğin şişenin ortasına yakın olduğundan emin olun.

Plastik şişeyi bir tepsinin üzerine koyun ve şişeyi suyla doldurun. Delik olan kısımdan başta su akmaması için elinizle bastırın ya da bant kullanın. Bandı çıkardığınızda, tava boşalırken su akmaya başlayacaktır.

Bir sunum lazeri ile deliğin olduğu yerin tam ters tarafından şişenin içine doğru lazer ışını gönderin. Lazer ışığını daha iyi görmek için deneyi yaptığınız odadaki ışıkları kapatabilirsiniz. Bandı çıkarın (veya elinizi delikten kaldırın) ve su dökülürken ışığın bükülmesini izleyin. Su akmaya başladığında, ışık su ile birlikte bükülüyormuş gibi görünecektir. Lazer ışını akışın içinde yansır, bu da ışık onunla birlikte bükülüyormuş gibi görünmesine neden olur.

Bu deneyi “Bilimin Ev Hali” isimli belgeselin “Işık ve Zaman” bölümünün 20:12 – 22:12 arasında izleyebilirsiniz.

<https://www.youtube.com/watch?v=4dB45RrbqXY>

Not: Lazeri kimsenin gözüne doğrultmayın. Bu, görmelerinde kalıcı hasara neden olabilir.

Araçtır



öllerde sıklıkla görölen havanın sıcak olduğu günlerde yollarda tanık olunan serap nasıl oluşur?

Etkinlik No	8.7
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Işığın Saçılması
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler ışığın malzeme içerisinde saçılmasını öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alistırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-arac, Gereçler ve Kaynakça	1 Adet Beyaz A4 Boyutunda Kâğıt 2-4 Adet Şeffaf Silikon Tabancası Mumu 1 Adet Beyaz Işık Yayan Güçlü El Feneri

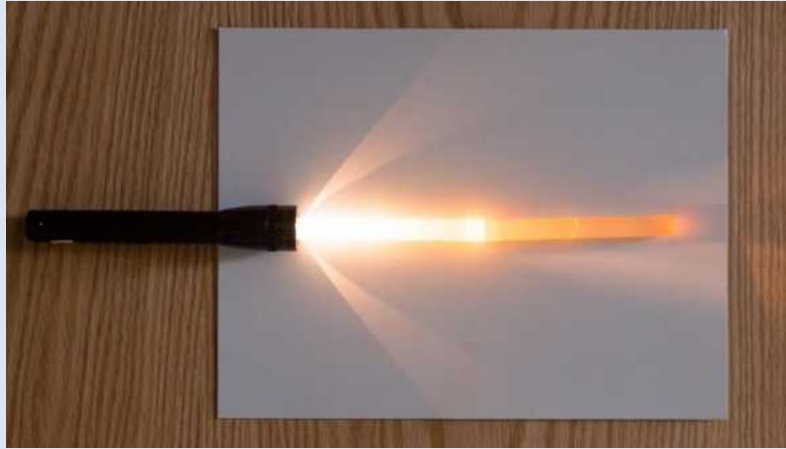
İŞLENİŞ:

Işığın Saçılması

Güneş sabahları doğarken ve akşamları batarken gökyüzünün kırmızı gözüktüğüne şahit olmuşsunuzdur. Normalde sarı renkte olduğu bilinen güneşin, bu iki durumda neden kırmızı olduğunu önceden öğrendiğimiz malzemenin optik özellikleri bilgilerimiz aracılığı ile anlayabiliriz. Aşağıdaki *Silikon Tabancası Mumu ile Güneş Batışı Deneyi*ni Güneş'in neden doğarken ve batarken kırmızı renkte gözüktüğünü öğrenmek için gerçekleştirebiliriz.

Deney

Silikon Tabancası Mumu ile Güneş Batışı Deneyi



Şeffaf silikon tabancası mumuna tutulan beyaz ışık veren el fenerinin mum boyunca renk değişimi. [https://www.exploratorium.edu/snacks/glue-stick-sunset]

Bu deneyde gün doğuşu ve batışı sırasında gökyüzünün kırmızı renkte görülmesinin nedenini uygulamalı olarak öğreneceğiz. Bunun için silikon tabancası mumu ve beyaz ışık yayan bir el feneri kullanacağız.

Gerekli Malzemeler:

- 1 Adet Beyaz A4 Boyutunda Kâğıt
- 2-4 Adet Şeffaf Silikon Tabancası Mumu
- 1 Adet Beyaz Işık Yayan Güçlü El Feneri

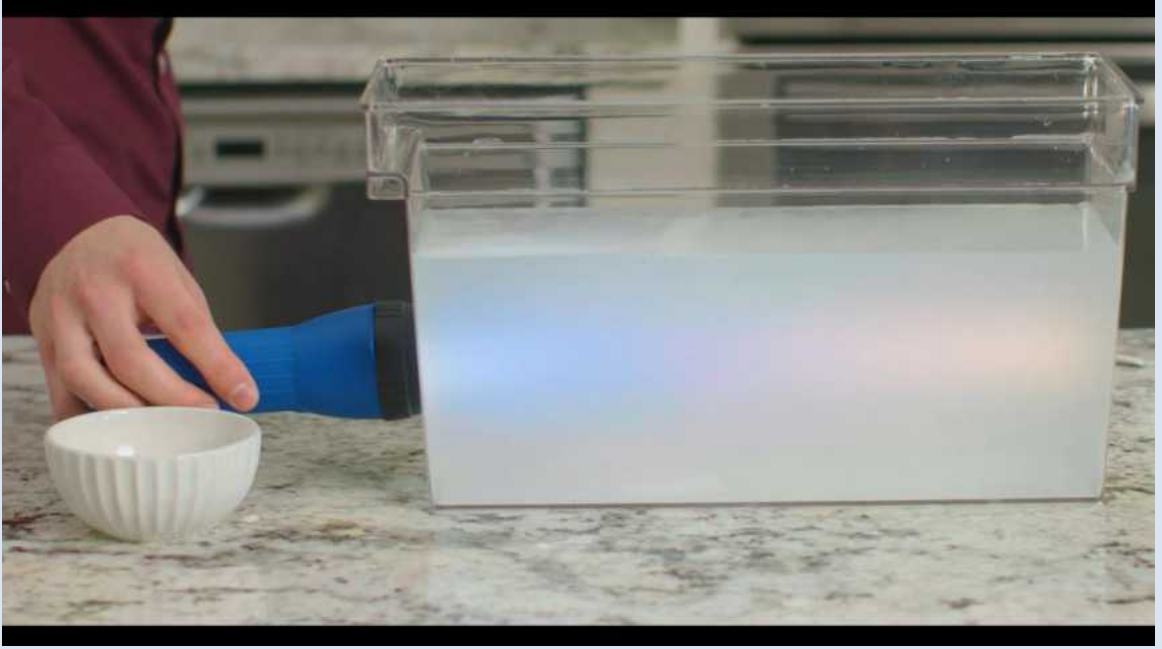
Deneyin Uygulanışı

1. Bu deney sırasında gerekli malzemeler arasında bulunan A4 kâğıdı Şekildeki gibi ışığın silikon tabancası mumu içerisindeki ilerleyişini daha rahat görebilmek için kullanacağız. Bu sebeple öncelikle kâğıdı düz bir zemine koyun.
2. Ardından bir adet silikon tabancası mumuna el fenerini tutup mum boyunca ışığın renk değişimini gözlemleyin.
3. Kullandığınız mum sayısını şekildeki gibi arttırarak, mumların içerisindeki ışığın renk değiştirip değiştirmediğini inceleyin.

Güneş ışığı tüm renkleri içeren beyaz renk olarak dünyamıza gelir. Bu haftanın başında öğrendiğimiz üzere tüm renkler belirli dalga boylarına sahip elektromanyetik radyasyonlardır. Güneşten gelen ışınlar Dünya atmosferinde ilerlerken atmosferdeki gaz moleküllerine ve diğer küçük parçacıklara çarparak saçılma uğrar. Bu saçılma Rayleigh Saçılması denir ve gökyüzünün rengini veren bu saçılmalardır. Güneş tepedeyken gökyüzünün mavi renkte gözükmesinin sebebi daha düşük dalga boyuna sahip mavi ve tonlarının, daha yüksek dalga boyuna sahip kırmızı renklere göre daha fazla saçılmasıdır. Ancak, gün doğumunda ve batışında Güneş'ten gelen ışıklar atmosferde çok daha uzun mesafeler kat eder. Bunun sonucunda da Rayleigh Saçılması daha uzun mesafelerde gerçekleşip, gelen ışığın içerisindeki mavi rengi tamamen yok eder ve gelen ışığı kırmızı/turuncu tonlarında görürüz.

Gökyüzü neden mavi?

<https://www.youtube.com/watch?v=X0VWuwxoHik>



Su ve süt karışımına fenerle aydınlatılması sonucu oluşam mavi ve sarı bölgeler.

Eminiz ki tüm öğrenciler gökyüzüne bakıp neden mavi renkli olduğunu merak etmiştir. Bu basit deneyle bunun sebebini anlayabiliriz.

Tüm dünyamızı saran atmosfer hava moleküllerinden oluşmaktadır. Hava molekülleri, görünür ışığın dalga boylarından daha küçük bir boyuta sahiptir. Gökyüzünün mavi rengi, güneş ışığının atmosferde bulunan moleküller tarafından saçılmasından kaynaklanmaktadır. Atmosfer, daha kısa dalga boylarındaki ışığı uzun olanlardan daha etkili bir şekilde dağıtır. Daha kısa dalga boyuna sahip mavi ışık, daha uzun dalga boyuna sahip kırmızı ışıktan daha güçlü bir şekilde saçılır. Bu saçılan ışık daha büyük oranda mavi ışık içerir ve bu yüzden gökyüzü mavi görünür.

Bu gözlemi su ve süt kullanarak bir kap içerisinde yapabiliriz. Büyükçe bir şeffaf kap içerisine (5 litre) çay kaşığı ile birkaç damla süt ilave edip karıştırın. Süt ve su karışımı olan bu kaba fener (ya da cep telefonu ışığı) ışık tuttuğunuzda bir kısmının mavi renge dönüştüğünü gözlemleyeceksiniz.

El fenerinizi süt-su karışımına doğrulttuğunuzda, ışık dalgaları çözeltideki küçük parçacıklarla etkileşir ve tıpkı güneş ışığının atmosferdeki gaz molekülleri tarafından yaptığı gibi saçılır. Mavi ışık en çok dağıldığından, süt su karışımınız mavi renkli görünecektir. Eğer yeterince büyük bir kap kullandıysanız, camın alt kısmında artık neredeyse hiç mavi ışık olmadığını, bunun yerine sarı veya turuncu görüldüğünü gözlemleyebilirsiniz. Bir önceki örnekte anlatıldığı üzere, uzun mesafelerde kırmızı ışık da saçılmak için fırsat bulacaktır ve bu sebeple çözelti yakında beyazımsı maviden uzak mesafelerde sarı-turuncu renge dönmetedir - tıpkı bir gün batımı gibi!

Beyin Fırtınası

Başka gezegenlerde de gökyüzü mavi midir?

İlk hafta gördüğümüz ve dünyadaki en hafif malzemelerden biri olan aerojellerin diğer adı mavi dumandı. Bu malzemeler açık mavi renkli görünüyorlardı. Bunun sebebi ne olabilir?



<https://www.jpl.nasa.gov/news/want-to-colonize-mars-aerogel-could-help>

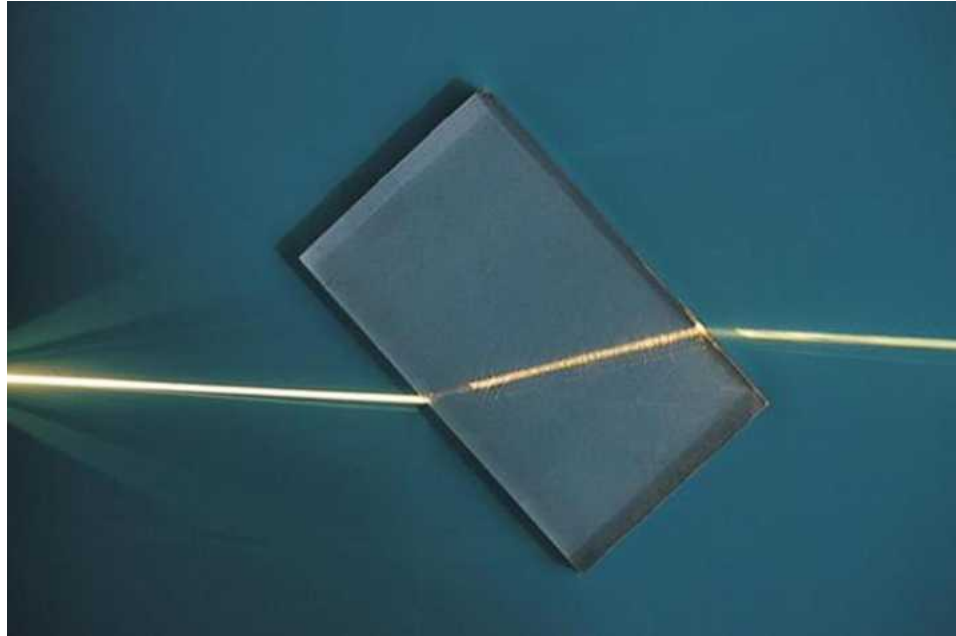
Etkinlik No	8.8
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Metamalzemeler
Önerilen Süre	10 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler metamalzemeleri öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Takım/Grup Çalışması Uygulama - Alıştırma
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-arac, Gereçler ve Kaynakça	1 litrelik bir beher içerisinde bebek yağı. Küçük bir beher ya da bardak

İŞLENİŞ:

Metamalzemeler

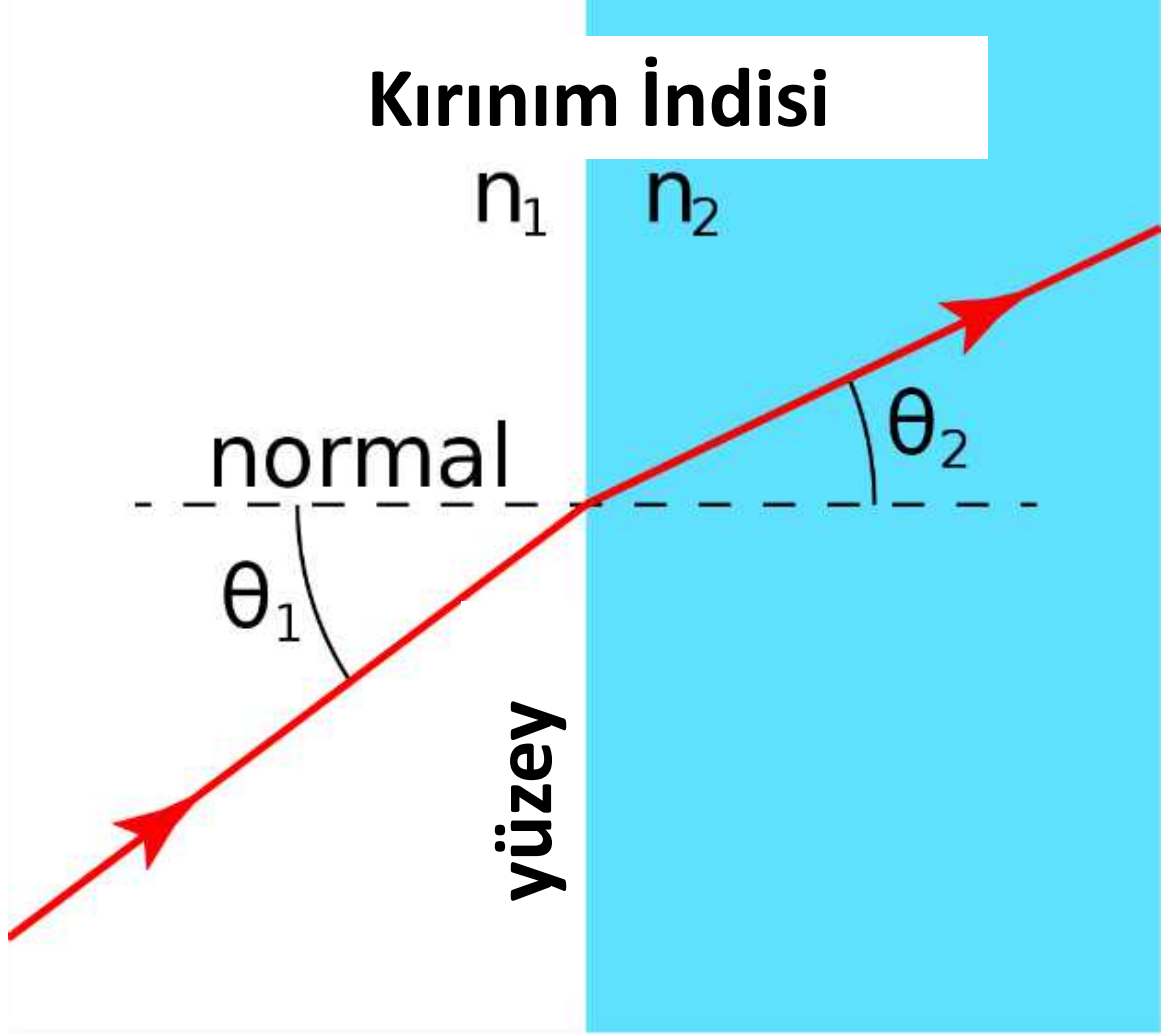
Elinize bir cam malzeme alın. Cam saydam olmasına rağmen havada elinizde tuttuğunuzda rahatlıkla görebiliyorsunuz. Peki nasıl?

Bir cam nesneyi görüyorsunuz çünkü cam görünür ışığı hem yansıtıyor hem de kırıyor. Havada ilerleyen ışık, cam bir yüzeye belli bir açıyla çarptığında bir kısmı yansıyor. Diğer kısmı ise havadan cama geçtiğinde kırılıyor.



https://en.wikipedia.org/wiki/Refractive_index#/media/File:Refraction_photo.png

Işığın bir şeffaf malzemedan (hava) diğerine (cam) geçerken yansımasına ve kırılmasına neden olan hızındaki değişiktir. Işık havada cama göre daha hızlı hareket eder. Her malzemenin ışığın hızıyla bağlantılı bir kırılma indisi vardır. Bir malzemenin kırılma indisi ne kadar yüksek olursa, ışık o malzemede o kadar yavaş hareket eder. Havanın kırılma indisi yaklaşık 1.0'dır, camın ise kırılma indisi, camın bileşimine bağlı olarak yaklaşık 1.4 ile 1.5 arasında değişir. Bu iki malzemenin kırılma indisleri farklı olduğundan, ışık havadan cama ve tekrar havaya geçerken bükülür. Gözlerimiz bunu algılar ve camın varlığını görmüş oluruz.



https://en.wikipedia.org/wiki/Refractive_index#/media/File:Refraction_at_interface.svg

İki şeffaf malzeme arasındaki hız farkı ne kadar küçük olursa, sınırdan o kadar az yansıma meydana gelir ve iletilen ışık için o kadar az kırılma meydana gelir. Saydam bir nesne, aynı kırılma indisine sahip başka bir malzeme ile çevriliyse, nesneye girerken ışığın hızı değişmez. Yansıma ve kırılma olmayacak bu sebeple nesne görünmez olacaktır.

Deney

Bunu aşağıdaki küçük deneyle inceleyebiliriz. Yukarıdaki bilgiler ışığında camı görünmez hale getirmek için yapmamız gerekenin camın etrafının benzer kırınım indisine sahip bir malzeme ile çevrelemek olduğı görölmektedir. Bebek yağıının kırınım indisi 1.45 olup caminkine çok yakındır. Eğer bir cam beheri (ya da ince kenarlı bir bardak da olabilir) bebek yağı dolu bir kabın içeisine batırırsak görünmez olacaktır.

1. 1 litrelik bir beher içeisini bebek yağı ile doldurun.
2. 100 ml'lik bir beheri veya küçük bardağı bebek yağı ile dolu olan büyük beherin içeisine batırın.
3. Küçük beher (bardak) bebek yağıyla dolarken yavaş yavaş kaybolduğunu gözlemleyin.



<https://www.exploratorium.edu/snacks/disappearing-glass-rods>

Beyin Fırtınası

Soru: Aşağıdaki tabloda bazı sıvıların kırınım indisleri verilmiştir. Plastik şişelerde de kullandığımız PET polimeri hangi sıvı içerisinde daha az görünür? Sebepleri ile açıklayınız.

Sıvı	Kırınım İndisi
Su	1.33
Kerosen	1.39
Aseton	1.36
Benzen	1.50
Çin Tarçını Yağı	1.58

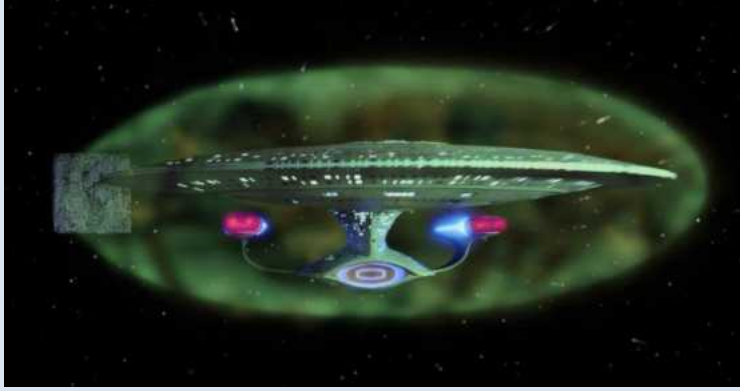
Cevap:

PET olarak bilinen polimer malzemelerin kırınım indisleri 1.575 olarak ölçülmüştür. Yukarıdaki tabloda bu sayıya en yakın Çin tarçını yağı olarak görülmektedir. PET’i Çin tarçını yağı ile dolu bir kaba batırırsak her iki malzeme de benzer kırınım indisine sahip olduğu için ışığın ilerlemesinde hız farkı olmayacak ve çok az kırılma meydana gelecektir. Yansıma ve kırılma olmayağı için PET Çin tarçın yağı içerisinde görünmez olacaktır.

İnternet Araştırması:

Harry Potter’ın ünlü “Görünmez pelerini”, Uzay Yolunda kullanılan görünmezlik kalkanı veya ünlü bilimkurgu yazarı H.G. Wells’in 1897 yılında kaleme aldığı “Görünmez Adam” insaoğlunun eski zamanlardan beri en büyük hayallerinden biri olan görünmezliğin anlatıldığı birkaç eserden sadece birkaçı.

Bu konuda bilimkurgu yazarları kadar bilim insanları da uzunca bir süredir araştırmalar yapmaktadırlar. Nesneleri görünmez kılmak için çalışan bilim insanları ve mühendisler yukarıda bebek yağı ve cam ile gösterdiğimiz örneğe benzer bir fikirle çalışıyorlar: Eğer ışık gözünüze ulaşmadan önce bir maddeden yansımazsa veya kırılmazsa, o şeyi göremezsiniz. Bazı biliminsanları, görünmez malzemeler yapmak için küçük video kameralar ve küçük ekranlar kullanıyorlar. Etrafın görüntüsünü malzemenin üzerindeki ekranlara yansıtıyorlar. Diğer çalışmalarda ise “metamalzemeler” adıyla yeni ileri teknoloji malzemeler geliştiriyorlar. Metamalzemelerde ışığın nesnelere çarpmadan etrafından bükülmesinin yolları araştırılıyor. Işık bir malzemedan yansımaz veya kırılmaz ve etrafından dolaşır ise o malzemeler görünmez olacaklardır.



<https://inhabitat.com/colorado-team-find-star-trek-like-invisible-shield-7200-miles-above-the-earth/star-trek-shields/>



https://en.wikipedia.org/wiki/The_Invisible_Man#/media/File:Wells_-_The_Invisible_Man_-_Pearson_cover_1897.jpg



https://harrypotter.fandom.com/wiki/Cloak_of_Invisibility?file=Cloak-1991.jpg

Bu çalışmalardan bir tanesi aşağıdaki videoda görülmektedir. Kanadalı bir şirket tarafından geliştirilen ve Quantum Stealth adı verilen malzeme, nesneleri çıplak gözle neredeyse görünmez hale getirebiliyor. Malzemeleri, çıplak gözle görülemeyecek kadar yok etmenin yanı sıra sıra kızılötesi ve ultraviyole ışınlar altında da görünmezlik sağlayabilmektedir. Şirketin CEO'su Cramer "Bizim geliştirdiğimiz malzeme, aynı bir bardak içindeki suyun bir kaşığı veya pipeti büküğü gibi ışığı büküyor." diyerek "Ama çok daha küçük bir hacim ve kalınlıktaki malzemeyle bunu nasıl yapacağımı buldum." diye eklemiştir.

Yukarıdaki örneğini de içerecek şekilde "Metamalzemeler" üzerine bir internet araştırması yaparak, belirli ölçülerde görünmezliği nasıl sağladığını tartışınız.



<https://www.dezeen.com/2019/11/07/hyperstealth-biotechnology-quantum-stealth-invisibility-cloak/>

VIDEO: https://www.youtube.com/watch?v=VvX84o_e7vs&t=17s

DOKUZUNCU BÖLÜM NANOMALZEMELER

Nanomalzemeler

Nanometre Kavramı

Nanomalzemelerin Katalizör Etkisi

Nanokaplamalar

Nanoteknoloji Yardımıyla Çölde
Havadan Su Toplamak

Elektron Mikroskobu



Etkinlik No	9.1
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Nanometre
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler nanometre uzun ölçü birimini diğer boyutlarda canlı ile cansız varlıklarla karşılaştırmalı olarak öğrenir.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik ve Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Altıncı Hafta

Nanomalzemeler

Dersimizin altıncı haftasında, nanomalzemeleri işleyeceğiz. Bu haftaya kadar genel olarak benimsediğimiz malzemelerin yapıları değiştirildiğinde yeni özellikler kazandıkları vurgusunu nanomalzemeler için de yapacağız. Bu kısımda özellikle nanometre vurgusu, nano boyutlarda malzemelerin yapısında ne tür farklılıklar olduğu, bunların özellikleri nasıl etkilediği, deneylerle birkaç uygulamayı öğrencilerimizle paylaşacağız.

Bu haftanın konularına başlamadan önce aşağıda verilen nanomalzemelerde geleneksel olarak nelerin farklı görüldüğünü öğrencilerimizle tartışarak başlayabiliriz. Örnek olarak günlük hayatta sürekli kullandığımız kumaşlar suyu emer ve ıslanır. Fakat nanomalzemeler yardımıyla üretilen tekstil ürünlerine ıslanmazlık özelliği kazandırmak mümkündür. Bunun gibi örnekleri gündelik hayattaki gözlemlerle birleştirerek öğrencilere sunabilirsiniz.

Derse başlamadan önce

Aşağıda verilen örneklerde malzemelerin gündelik hayatta gördüğümüz davranışlardan nasıl farklılaştığını tartışınız.

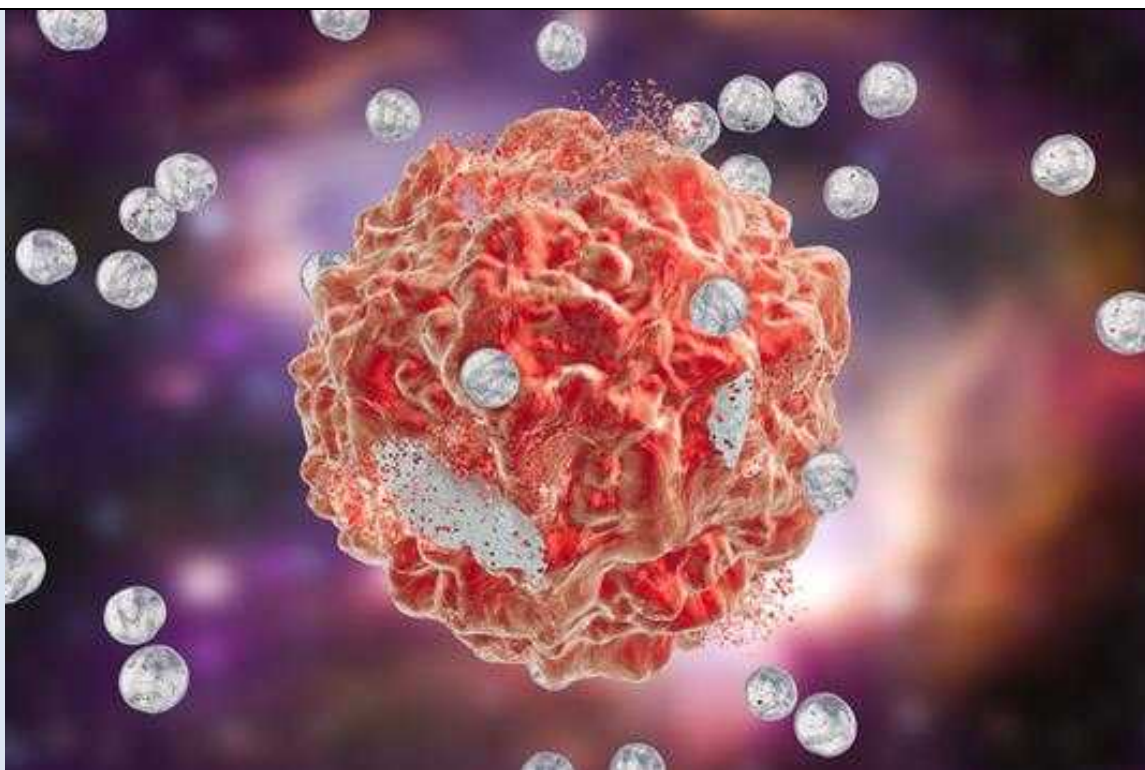




<https://www.businessinsider.com/graphene-for-smartphones-2014-5>



<https://www.newscientist.com/article/mg24132121-400-taking-an-elevator-into-space-could-actually-happen-heres-how/>



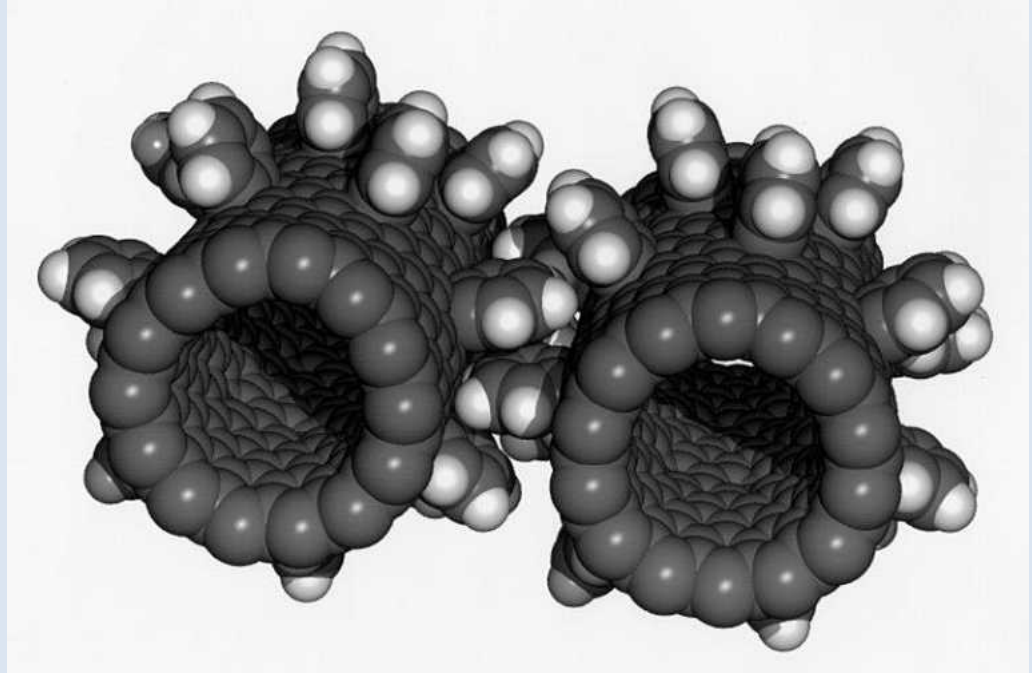
<https://www.drugdiscoverytrends.com/nanoparticle-based-cancer-treatment-a-look-at-its-origins-and-whats-next/>



<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=16626>



<https://www.altenergymag.com/article/2019/12/dye-sensitized-solar-cells-is-the-future-of-solar/32431>



https://en.wikipedia.org/wiki/File:Fullerene_Nanogears_-_GPN-2000-001535.jpg

Derse başlamadan aşağıdaki soruların cevaplarını öğrencilerle tartışabilirsiniz.

- Nano ne demek?
- Nano ne kadar küçük?
- Bir küp şeker düşünün. Bunu toz şeker haline getirirseniz hangi özellikleri değişir? Peki pudra şekeri olursa?
- Salgın hastalıklara yol açan ve hızlı bulaşan tüm virüslerin ortak özelliği nedir?

Etkinlik No	9.2
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Nanometre
Önerilen Süre	1 ders saati
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler nanometre uzun ölçü birimini diğer boyutlarda canlı ile cansız varlıklarla karşılaştırmalı olarak öğrenir.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik ve Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

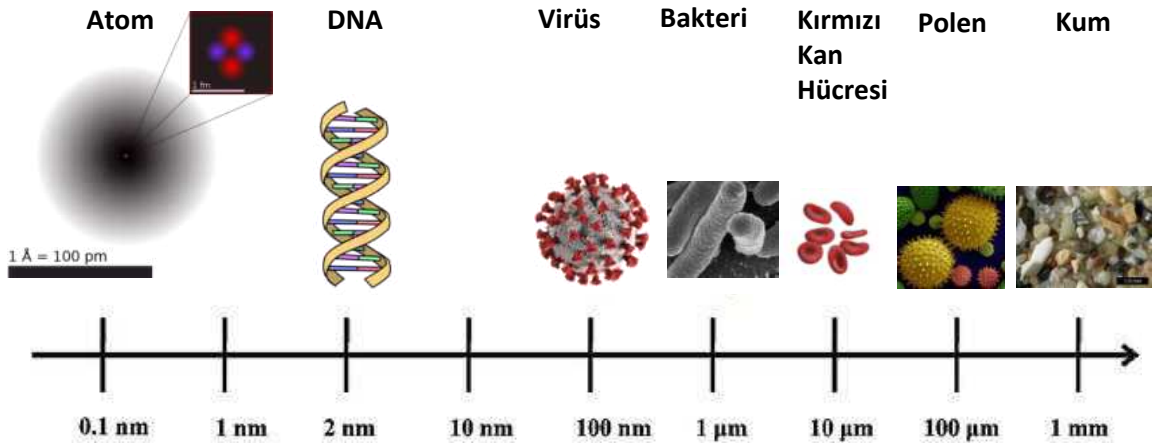
Nanometre Kavramı

Nanoteknolojiye ismini veren “nano” Yunanca “cüce” anlamına gelir. Nano ile tanımlanan birimler, herhangi bir ölçünün milyarda birini gösterir. Nanoteknoloji çalışmalarında sıklıkla kullandığımız “nanometre”de metrenin milyarda birini göstermektedir.

Saç tellerimiz yaklaşık 60,000-100,000 nanometre kalınlığındadır. Tırnaklarımız saniyede ortalama 1 nanometre uzar. 1 DNA molekülü yaklaşık 2,5 nanometre genişliğindedir.

Aşağıdaki tabloda bilim dallarında kullanılan uzunluk birimleri verilmiş ve çeşit canlı ile cansız varlıkların boyutları karşılaştırılmıştır.

Uzunluk Birimi	Sembol	Nanometre Olarak Değeri	Örnek Varlıklar
Kilometre	km	1 000 000 000 000 nm	Ağrı Dağı'nın yaklaşık yüksekliği 5 km'dir.
Hektometre	hm	100 000 000 000 nm	Standart bir futbol sahasının boyu ortalama 1 hm'dir.
Dekametre	dam	10 000 000 000 nm	Olimpik yüzme havuzu 5 dam'dır.
Metre	m	1 000 000 000 nm	Guinness Rekorlar Kitabı'na göre yeryüzünün yaşayan en uzun insanı, Sultan Kösen'in boyu 2,5 metredir.
Desimetre	dm	100 000 000 nm	Çin Hamsteri'nin boyu yaklaşık 1 dm'dir.
Santimetre	cm	10 000 000 nm	Serçe parmağının tırnak genişliği yaklaşık 1 cm'dir.
Milimetre	mm	1 000 000 nm	Kredi kartlarının kalınlığı yaklaşık 1 mm'dir.
Mikrometre	μm	1000 nm	Bakterilerin boyları yaklaşık 1 μm 'dir.
Nanometre	nm	1	Koronavirüsün ortalama çapı 50 ile 140 nm arasındadır.



https://en.wikipedia.org/wiki/Atom#/media/File:Helium_atom_QM.svg

https://en.wikipedia.org/wiki/File:DNA_simple.svg

https://tr.m.wikipedia.org/wiki/Dosya:SARS-CoV-2_without_background.png

https://en.wikipedia.org/wiki/Bacteria#/media/File:EscherichiaColi_NIAID.jpg

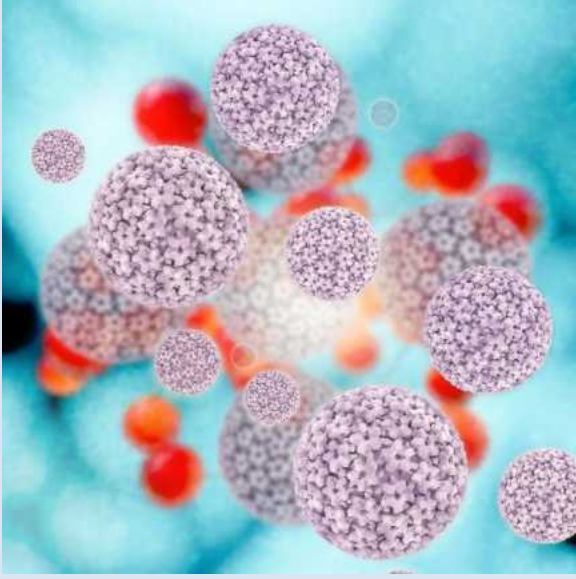
https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Red_blood_cells.svg

https://en.wikipedia.org/wiki/Pollen#/media/File:Misc_pollen_colorized.jpg

<https://en.wikipedia.org/wiki/Sand#/media/File:PismoBeachSand.JPG>

Beyin Fırtınası

Soru: Eğer 20 nm çapında bir nanoparçacık futbol topu büyüklüğünde olsaydı; aşağıdakileri gündelik hayatta hangi boyutlara yakın objelere dönüşeceğini tartışın.



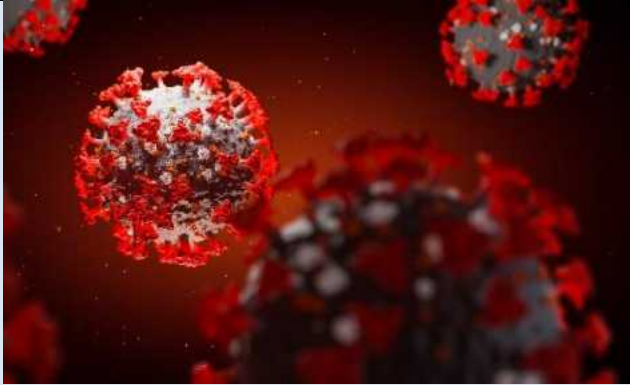
Bir futbol topu yaklaşık 22 cm çapındadır. Bu da 220 000 000 nanometre yapmaktadır. Yani 20 nanometrelik parçacıktan yaklaşık 10 000 000 kez daha büyüktür. Aşağıdaki sorular bu oran düşünülerek cevaplanmalıdır.

Eğer 20 nm çapında bir nanoparçacık futbol topu büyüklüğünde olsaydı;

Virüs; Bakteri; Ankara Simidi; Güneş'in boyutları başka hangi varlıklara eş olurdu?

Cevap:

Virüs ortalama bir midilli boyutlarında, polen 10 katlı bir bina boyutlarında, Ankara simidi Türkiye'nin doğu batı uzunluğunda, Güneş ise merkezinde olduğu güneş sisteminin tamamı boyutlarında olurdu. Aşağıdaki örnekler benzer boyutlarda başka örneklerle çeşitlendirilebilir.



Nanomalzemeler son birkaç on yıldır bilimde ve teknolojide çok fazla yer almaya başlamış durumda. Bir çok bilim dalında nanoteknoloji ürünlerinin kullanılmaya başladığını görüyoruz. 18 Ekim 2011'de Avrupa Komisyonu nanomateryal için aşağıdaki tanımları kabul etmiştir. [<https://tr.wikipedia.org/wiki/Nanomalzemeler>]

"Bağlanmamış halde veya agrega veya aglomera (iki veya daha fazla sayıdaki parçaların mekanik veya fiziksel kuvvetlerle birbirlerine zayıfça bağlanmaları ile meydana gelen kütleyle denilmektedir.) halinde partiküller içeren ve sayı boyutu dağılımındaki partiküllerin %50 veya daha fazlası için bir veya daha fazla dış boyut 1 nm-100 nm boyut aralığında olan doğal, tesadüfi veya üretilmiş bir malzemedir. Çevre, sağlık, güvenlik veya rekabet gücü ile ilgili endişelerin garanti ettiği özel durumlarda, %50' lik sayı büyüklüğü dağılımı sınırı, %1 ile %50 arasında bir sınır ile değiştirilebilmektedir."

Peki neden nanometre seviyelerinde üretiliyor bu malzemeler?

Bunun en büyük sebebi malzemelerin boyutlara nanoya doğru küçüldükçe geleneksel olarak alışık olduğumuz davranışlarında oluşan farklılıklardır. Yani aslında diğer kısımlarda sıklıkla bahsettiğimiz yapı-özellik ilişkisidir. Nanoboyutlardaki malzemelerin mekanik, manyetik, optik, termal, kimyasal, fiziksel özelliklerinde farklılaşmalar olur. Bu da mühendisler, doktorlar ve tüm bilim insanları için yeni keşiflerin yapılabileceği imkanları sunmaktadır. Bu bölümü izleyen kısımlarda nanoboyutları sebebiyle farklı özellikler gösteren malzemelere örnekleri inceleyeceğiz.

Malzemeleri nanoboyutlarda ürettiğimiz zaman çeşitli farklılıklarla beraber üç tanesi ön plana çıkmaktadır. Bunlar aşağıda sıralanmıştır:

1. Malzemelerin içerisindeki kristal hatalar azalmaya başlar.
2. Hacimlerine göre yüzey alanları dolayısıyla etkileşim alanları artar.
3. Boyutlarda olan küçülme sebebiyle elektron davranışlarında oluşan farklılaşma nedeniyle meydana gelen kuantum etkisi.

Bundan sonraki bölümlerde, bu etkileri sırasıyla inceleyelim.

Etkinlik No	9.3
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Nanomalzemelelerin Katalizör Etkisi
Önerilen Süre	1 Ders Saati
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler nanomalzemelerin katalizör etkisini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik ve Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	Koruyucu Gözlük Laboratuvar Önlüğü 4 Adet Litrelik Kola (Tercihen Diet Kola) 2 Adet Balon 1 Paket Mentos 1 Paket Sert Şeker (Olips Marka Olabilir) 1 Adet Kağıt 1 Bant

İŞLENİŞ:

Nanomalzemelelerin Katalizör Etkisi

Kola ve soda gibi gazlı içeceklerin içine, lezzetini artırmak üzere, sıvı içerisinde çözünmüş ve su molekülleri ile bağ oluşturabilen karbondioksit gazı eklenir. Gazlı içecekleri içtiğinizde dilinizde hissettiğiniz tat ve bardağa boşaltığınızda oluşan köpükler bu gaz sebebiyledir. Bardağa boşaltılan gazlı içecek içerisindeki gaz kabarcıklarının büyük kısmı sıvının yüzey gerilimi nedeniyle hapsolür. Oda sıcaklığı ve basınç koşullarında sıvının içerisinde çıkma isteyen bu gaz kabarcıklarını mentos şeker sayesinde havaya karışmalarını hızlandırabilirsiniz.

Mentos şeker çıplak gözle bakıldığında pürüzsüz görünse de, elektron mikroskobu altında tüm yüzeyi kaplayan nanometre boyutlarındaki çukurcuklarla oldukça pürüzlü bir yapıdadır. Bu pürüzlü yüzey, karbondioksit gazı ile su arasındaki bağların daha kolay kırılmasını sağlayarak karbondioksit kabarcıklarının bir anda oluşmasına ve bir patlamaya neden olur. Aşağıdaki gerçekleştireceğimiz deneyde normal şeker ile mentos marka şeker kullanarak karbondioksit oluşumunu test edeceğiz.

Deney

Kola-Mentos



<https://www.scholastic.com/parents/school-success/learning-toolkit-blog/div-soda-explosion.html>

Gerekli Malzemeler:

Kişisel Koruyucu Donanım

- Koruyucu Gözlük
- Laboratuvar Önlüğü

Deney Malzemeleri

- 4 Adet litrelik kola (tercihen diet kola)
- 2 adet balon
- 1 paket Mentos
- 1 paket sert şeker (Olips marka olabilir)
- 1 adet kağıt
- 1 bant

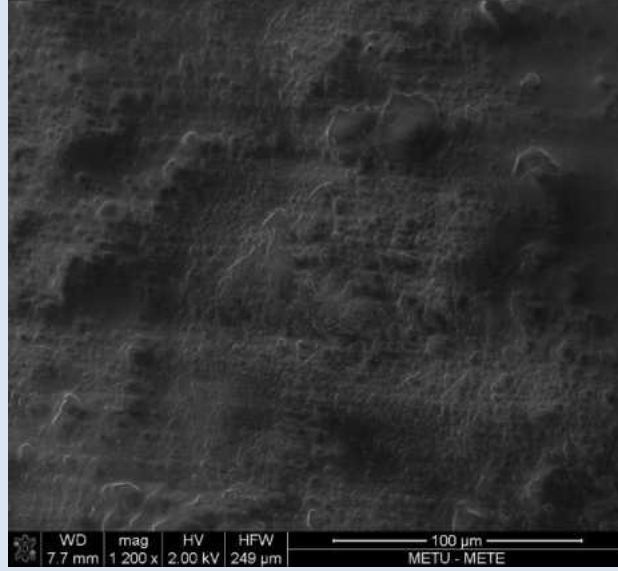
Deneyin Uygulanışı

1. Elimizdeki kağıttan kola şişesinin ağzına sığacak kadar bir boru yapalım. Bu borunun içerisine 6 adet mentos şekeri yerleştirirerek kolanın ağzından peş peşe geçmelerini ve bu şekilde 6 şekerin kısa bir süre içerisinde kola ile reaksiyona girmesini sağlayacağız.
2. Hazırladığımız kağıt boru içerisine 6 adet mentos şekeri yerleştirip baş parmağımızla şekerlerin aşağıya doğru düşmelerini engelleyelim.
3. Mentoslarla dolu kağıt boruyu kola şişesinin ağzına yaklaştıralım ve parmağımızı çekerek şekerlerin kolanın içerisine hızlıca girmelerini sağlayalım.
4. Mentos şekerlerin kola şişesine girmeleri ile beraber çok kısa bir süre içerisinde kola içerisindeki karbondioksitin çıkması ile yaklaşık 2 metrelik bir yüksekliğe fışkıracaktır. Bu noktada şişeye yakın konumda olanların üzerine kola sıçrayabilir.
5. Aynı deneyi bu sefer sert bir şekerle deneyelim. Herhangi bir fışkıрма olmadığını göreceğiz.

Bu deney sonrasında akla ilk gelen mentos atılan koladan daha mı çok karbondioksit gazının çıktığı olabilir. Bunu ölçmek için öncelikle aşağıdaki ikinci deneyimizi yapabiliriz.

1. Elimizdeki kola şişelerinden birinin kapağını açarak balonlardan birini ağız kısmına yerleştirelim. Kola içerisindeki gazı serbest bırakmak üzere ağzında balon varken çalkalayalım. İçerisindeki sıvı balon kısmına geçebilir. En sonunda kolayı dik bir şekilde masanın üzerine yerleştirip balon içerisinde sıkışmış gaz miktarına bakalım.
2. Şimdi ise aynı deneyi mentos şekerle beraber gerçekleştirelim. Balonlardan birinin içerisine 2 adet mentos şeker atarak diğer kola şişesinin ağzına takalım. Kola içerisindeki gazı serbest bırakmak üzere ağzında balon varken çalkalayalım. İçerisindeki sıvı balon kısmına geçmesine izin verip kola ile mentosu bir araya getirelim. İyice çalkaladıktan sonra kolayı dik bir şekilde masanın üzerine yerleştirip balon içerisinde sıkışmış gaz miktarını bir önceki deneyle karşılaştıralım.
3. Dikkatli baktığımızda iki kolanın eş miktarda karbondioksit gazı çıkardığını göreceğiz. Peki neden o zaman ilk deneyimizde gaz şişenin içerisinden fışkırdı?

2 litrelik bir kola şişesinin içerisinde yaklaşık 15 gram çözünmüş karbondioksit bulunur bu da 8 litrelik bir gaza dönüşebilir. Eklediğimiz mentos şeker bu miktarı değiştirmez. Belirli sıcaklık ve basınçta sıvının dışarı atabileceği gaz miktarı bellidir. Miktarı değiştirmesek de bu tepkimeyi hızlandırmamız mümkündür. Yukarıdaki kısımda da bahsedildiği üzere mentosun yüzeyinde bulunan nano boyutlardaki pürüzler karbondioksit gazı ve su arasındaki bağların daha kolay kırılmasını sağlar ve karbondioksit kabarcıklarının oluşmasına yardımcı olur. Mentos şekeri şişeye battıkça, şeker giderek daha fazla karbondioksit kabarcığı üretilmesine neden olur ve yükselen kabarcıklar, sodada hala çözünmüş olan karbondioksit ile reaksiyona girerek daha fazla karbondioksitin serbest kalmasına ve bir patlama ile kabarcıkların hızlıca şişeden ayrılmasına sebep olur. Sert şekerin yüzeyine baktığımızda ise karbondioksit gazını hızlı bir şekilde çıkararak pürüz olmadığını görebiliyoruz.



Mentos şekerin şekerin elektron mikroskobu görüntüsü

Mentos şekerin karbondioksit gazının miktarında değil ama süresinde yaptığı değişiklik katalizör etkisi olarak adlandırılır. Katalizörler bir kimyasal tepkimenin oluşması için gereken enerjiyi düşürerek tepkime hızını artıran ve tepkime sonrasında kimyasal yapısında bir değişiklik meydana getirmeyen maddelerdir.

Soru: Mentosun yüzeyindeki çok sayıda nanoboyutlardaki pürüzler, kolanın içerisinde çözünmüş olan karbondioksit gazının kabarcıklar halinde gaz olarak çıkmasını hızlandırıyor. Kimyasal tepkimeyi hızlandıran bu uygulama mühendislikte bir kullanıma dönüşebilir mi?

Cevap:

Dizel ve benzinli araçlarda kullanılan içten yanmalı motorlardan çıkan egzoz zehirli gazlar içermektedir. Özellikle bu üç bileşik havayı kirlettikleri için oldukça zararlıdır: Hidrokarbonlar, Karbon monoksit ve Azot oksitler. Karbon monoksit, hava soluyan canlılar için bir zehirdir. Azot oksitler duman ve asit yağmuruna sebep olurken ve hidrokarbonlar egzozdandan çıkan dumana yol açar. Bu gazların hava karışmadan temizlenmesi gerekmektedir. Mühendisler bu soruna geliştirdikleri katalitik konvertörle çözüm bulmuşlardır. Araçlarda motor ile susturucu arasında bulunan katalitik konvertörün bir fotoğrafı aşağıda sunulmuştur.



https://en.wikipedia.org/wiki/Catalytic_converter#/media/File:DodgeCatCon.jpg

Katalitik konvertör egzoz gazındaki zehirli gazları daha az toksik kimyasallara dönüştüren bir egzoz emisyon kontrol cihazıdır. Bu cihaz seramikten yapılmış ve yüzeyi katalizör kimyasallarla kaplı petek şeklinde bir yapıdadır. Aşağıdaki şekilde şematik olarak solda ve seramik petek sağda gösterilmiştir. Petek yapısı üzerine kaplanmış nanoboyutlardaki katalizör yapılar katalitik konvertörün yüzey alanını genişleterek aynı anda en fazla zararlı gazın katalizör malzeme ile temas etmesini sağlar. Bu bir bakıma mentosun yüzeyindeki nanoboyuttaki pürüzlerin kola ile temas ederek içinde çözünmüş bulunan karbondioksiti büyük bir hızla salmasına benzetilebilir. Katalizör işini yaptıktan sonra zehirli gazlar yerine egzozdan çıkan çoğunlukla azot, oksijen, karbondioksit ve su buharıdır.



https://en.wikipedia.org/wiki/Catalytic_converter#/media/File:Pot_catalytique_vue_de_la_structure.jpg

Kendin Dene:

Kolanın içerisindeki çözünmüş olan karbondioksit gazı mentos yüzeyindeki çok sayıda nanoboyutlarda pürüzlerin yarattığı katalizör etkisi sebebiyle hızlıca atmosfere karışmaktadır. Peki bu mentosun yüzeyindeki pürüzler nedeniyle gerçekleşiyse:

- 1. Mentosu bütün olarak atmak yerine ezip sakız kıvamında deneyi tekrarlırsak kola fişkirir mı?**
- 2. Mentosların yüzeyini ince bir boya ile kaplırsak (oje, guaj boya gibi) ve deneyi tekrarlırsak kola fişkirir mı?**

Etkinlik No	9.4
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Nanokaplamalar
Önerilen Süre	1 ders saati
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler nanokaplamaları ve hidrofobik yüzeylerin çalışma prensiplerini öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik ve Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-arac, Gereçler ve Kaynakça	Latex Eldiven Koruyucu Gözlük Laboratuvar Önlüğü 2 adet su dolu 2 litrelik Beher Akvaryum kumu Hidrofobik kum 2 adet Petri Kabı 1 adet Pastör Pipeti Aerojel Parçacıkları

İŞLENİŞ:

Nanokaplamalar

Birçok bilim insanı doğadaki canlılardan ve inorganik yapıların milyonlarca yıllık birikimleri sonucu geliştirdikleri özellik ve adaptasyonlardan esinlenerek mühendislik ürünleri tasarlamaktadırlar. Bu yaklaşım Biyomimikri (Biomimicry) olarak bilinmektedir. Biyomimikri ve nanoteknolojinin bulunduğu en güzel örneklerden bir tanesi su sevmeyen nano kaplamalardır. Bu özellik ilk “Lotus” adı verilen bitkide tespit edilmiştir. Karadenizde sıklıkla yetiştirilip birçok yemek yapımında kullanılan karalahana da benzer özellik göstermektedir.

Aşağıda bir fotoğrafı gösterilen lotus özellikle doğu asyada yaşayan bir nilüfer türüdür. Bu güzel çiçeğin yaprakları oldukça ilginç bir özellik göstermektedir. Su ya da bal gibi daha viskoz (ağdalı) yapıdaki sıvılar bu çiçeğin yapraklarını ıslatmamakta, üzerine bu sıvılar döküldüğünde akıp gitmektedir. Bu yapısı ile lotus yaprakları hep kuru kalmaktadır. Su gibi sıvıları tutmadığı için kir de tutmamakta ve hep temiz kalmaktadır. Belki de bu sebepten dolayı da lotus birçok Asya ülkesinde duruluğun ve temizliğin sembolü olmuştur. Alman botanikçi ve biomimikritik malzeme mühendisi Wilhelm Barthlott, 1994 yılında lotusun su tutmama durumunu ilk kez bilimsel olarak incelemiş ve sonrasında bu özellik için patent almıştır.

Aşağıdaki fotoğrafta ve videoda lotusun suya ve bala karşı gösterdiği ıslanmama özelliğini inceleyebilirsiniz.



<https://www.wallpaperflare.com/lotus-effect-drip-water-structure-raindrop-transparent-wallpaper-wdkgh>

Lotusun gösterdiği bu özellik literatürde “Lotus Etkisi” olarak bilinir ve sebep olduğu su tutmama “hidrofobik” özelliğinin nanoteknoloji ile çok yakından ilişkisi vardır.

Sıvılar katı bir yüzeyde belli bir temas açısı ile tutunur. Bu temas açısı sıvıların o yüzey üzerindeki davranışını belirler. Temas açısı ne kadar yüksek olursa, bir yüzeyin hidrofobikliği o kadar yüksek olur. Temas açısı 90° 'den küçük olan yüzeyler hidrofilik (suyu seven) , 90° 'den büyük olan yüzeyler hidrofobik (suyu sevmeyen, suyu iten) olarak adlandırılır. Lotusta ise bu açı 170° 'lik değerlere ulaşmaktadır. Bu derece yüksek temas açısına sahip yüzeyler süperhidrofobik olarak adlandırılır. Bu derece yüksek temas açılarında sıvı damlacıkların yüzeye olan temas alanı sadece %0,6'dır. Aşağıdaki şekilde temas açılarına göre yüzey davranışlarını görebiliriz.

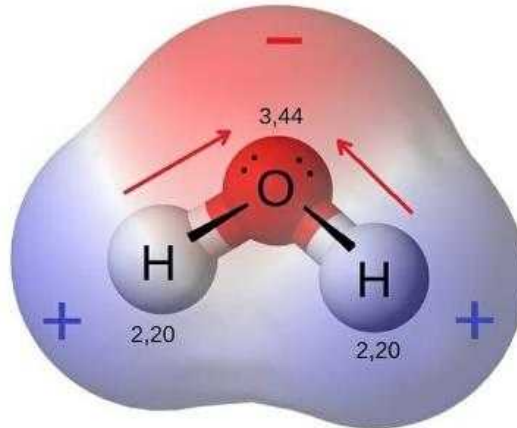


<https://marsdiscountvacuum.com/2015/12/31/5-tips-for-using-a-shampooer-to-clean-your-carpet/>

Sıvılar tutunacak geniş yüzeyler bulamadıklarında, temas açılarını küçülterek küre şeklini seçmektedir. Peki lotus çiçeğinin yapraklarında bu nasıl gerçekleşmektedir?

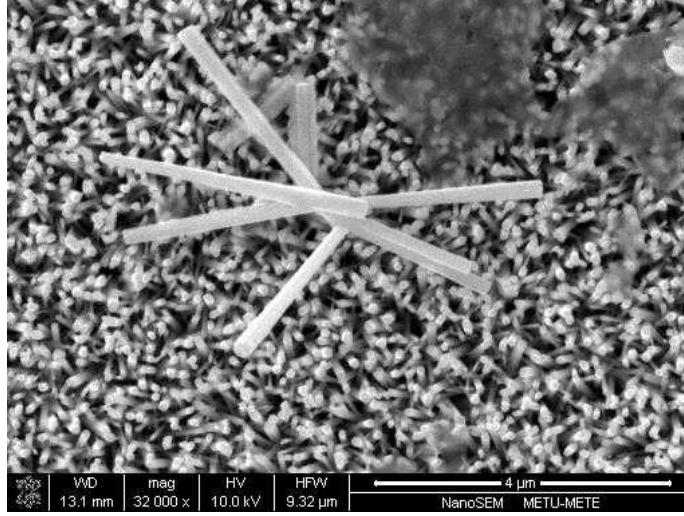
Lotus çiçeğinin yapraklarına elektron mikroskobu altında baktığımızda nanopartiküllerin tüm yüzeyi kapladığı görülür. Bu yapılar aynı halıda tüylerin baloncuğu tutması gibi sıvıları küre şeklinde yüzeyde kalmasını ve yaprağın eğildiği zaman yer çekimi kuvveti ile yaprak üzerinden akıp gittiği gözlemlenmektedir. Sıvılar akarken yüzeydeki kirleri de yanlarında götürdükleri için bu husus aynı zamanda temizleyici bir özellik de göstermektedir. Lotus yaprağı nanoparçacıklarla beraber apolar mumsu bir tabaka da içermektedir. Su molekülleri ise pozitif ve negatif elektrik yüklerin eşit olmayan bir şekilde dağılmasından dolayı polar bir yapıdadır. Mumsu yapıdaki apolar yapı, polar su moleküllerinin yaprak yüzeyiyle etkileşime girmesini engeller bir bakıma suyu yüzeyden itekler.

Özetle, lotus yaprağı, hem mumsu polar olmayan bir kaplamaya hem de yüzey etkileşimlerini çok daha az hale getiren, suyun küreler halinde toplanıp yapraktan kolayca yuvarlanmasına izin veren pürüzlü bir yapıya sahiptir. Bu şekilde yüzeyinin ıslanmasını engelleyen bir tasarıma sahiptir.



https://en.wikipedia.org/wiki/Chemical_polarity#/media/File:Dipoli_acqua.png

Bilim insanları ilk kez lotus görünen bu davranışı çeşitli mühendislik malzemelerine de uygulamışlardır. Aşağıdaki örnekte ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliğinde nanomalzemeler çalışan ekibin cam yüzeyinde oluşturdukları nanokaplamanın elektron mikroskobu görüntülerini inceleyebiliriz. Çinko oksit nano çubuklar aynı nanofiber yapının lotus yaprağı üzerinde gerçekleştirdiği etkiye benzer şekilde suyun çok düşük bir temas açısı ile yüzeyde kalmasını sağlar. Ayrıca çinko oksit kristal yapısı sebebiyle belirli kristal yönelimlerinde polar bir yapı içerir ve bu da hidrofobik özelliğe katkıda bulunur. Temas açısı küçülen ve dolayısıyla yüzeyle geniş bir alanda etkileşim kuramayan su damlası yüzey alanını küçültmek üzere küre şeklini seçerek eğildiği takdirde yüzeyden akmaktadır. Yüzeyden akarken yüzeyine yapışan kir ve toz zerrecikleri sebebiyle de temizleyici bir özelliğe sahiptir.



Lotus yapraklarından öğrendiğimiz hidrofobik yapı mühendislikte, tıpta, temel bilimlerde birçok yerde kullanılmaktadır. Aşağıdaki tabloda bu uygulamalara çeşitli örnekleri görebilirsiniz. Bizler de, internette bir araştırma yaparak hidrofobik yüzeylerin mühendislik ve tıp alanındaki uygulamalarına örnekler bulmaya çalışalım.

**Titanyumoksit nanoparçacık katkı
kendini temizleyen pencere camları**



<http://diamondmediainc.com/self-cleaning-windows/>

**Islanmayan ve kir tutmayan
kıyafetler ve tekstil ürünleri**



<https://newatlas.com/hydrophobic-silic-shirt/30208/>

Korozyon direnci yüksek metal kaplamalar



<https://www.jatinverma.org/superhydrophobic-coating-on-metallic-surfaces>

Hidrofobik Aerojel Deneyi



Daha önce hafifliğinden ve mekanik özelliklerinden bahsettiğimiz aerojel malzemeler ince toz veya pudra haline getirildiğinde süperhidrofobik özellik göstermektedir. Şimdi bu özelliği incelemek üzere aşağıdaki deneyi gerçekleştiriyoruz.

Gerekli Malzemeler:

Kişisel Koruyucu Donanım

- Latex Eldiven
- Koruyucu Gözlük
- Laboratuvar Önlüğü

Deney Malzemeleri

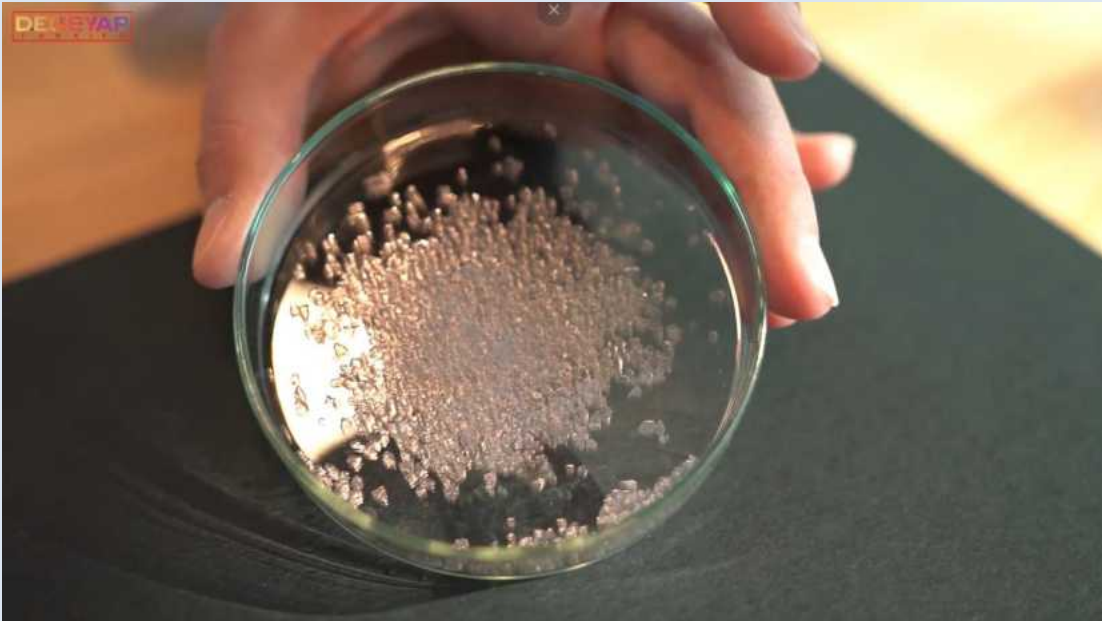
- Su dolu 2 litrelik Beher
- Aerojel Parçacıkları
- 1 adet Petri Kabı
- 1 adet Pastör Pipeti

Deneyin Uygulanışı

1. Öğrencilere deneyin gerçekleşmesi için gereken koruyucu donanımı açıklayın. Bu deneyde lateks eldiven, koruyucu gözlük ve laboratuvar önlüğü kullanımı gerekmektedir. Toz aerojelin çıplak elle tutulmasında bir sakınca bulunmamakla beraber gözle temas edilmemesi ve ağız ya da burun yoluyla vücut içine alınmaması gerekir.



2. Aerojel parçacıkları petri kabının içerisine boşaltalım.



3. Aerojel parçacıkları eldivenli elimizle çıplak elimiz üzerine krem sürüyormuş gibi sürelim. Aerojel parçacıklar çok kolay bir şekilde pudra haline gelerek elin üzerini kaplayacaktır.



4. Pastör pipetiyle su alarak aerjel pudra ile kaplı elimizin üzerine dökelim. Suyun elimizi ıslatmadığını su zerreciklerinin elimizin üzerinde ıslatmadan gezindiğini gözlemleyelim.



5. Eldiven takılı elimizden eldiveni çıkarıp, pastör pipeti ile aerjel uygulanmamış elimizi de ıslatalım. Geleneksel olarak tecrübe ettiğimiz üzere elimizin ıslandığını inceleyelim.



6. Aerojel uygulanmamış elimizi su dolu beher'in içersine sokarak tamamen ıslanmasını inceleyelim.



7. Şimdi de aerojel kaplı elimizi suya daldırarak inceleyelim. Aerojel pudra süperhidrofobik ve polar moleküler yapıda olduğu için elimizin etrafındaki suyu itekleyecek ve elimizle temas etmesini engelleyecektir. Elimizle su arasında oluşan havanın sıkıştığı bölgeyi suyun içerisinde parlayan alanlar olarak görebiliriz. Elimizi sudan çıkardığımızdan kup kuru olduğunu ve suyun ıslatmadığını gözlemleyebiliriz.





Ne oldu?

Aerogeller eşsiz termal yalıtım ve düşük ağırlık özellikleri ile beraber hidrofobik özelliği de sahip olabilirler. Kullandığımız malzeme nanogözeneklere sahip sünger benzeri bir yapıdaki hidrofobik silika aerogel parçacıklardır. Bu parçacıkları pudra haline getirerek yüzey alanını artırdık ve elimizi kapladık. Bu silika aerogeller hidrofobik yapıyı kuvvetlendirmek üzere polar olmayan ve suyu iten rimetilsilil grubunda dış yüzeye sahiptir. Hem nano boyutlarda pürüzlü yapı hem de polar dış yüzey suyu iteklemekte ve elimizin kuru kalmasını sağlamaktadır.

Deney Sonu Soruları

8. Hidrofobik silika aerogel parçacıklar hangi mühendislik uygulamalarında kullanırsınız?

Popüler Bilim Okuması

Su geçirmeyen akıllı yüzeyleri anlatan popüler bilim yazısı:

<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/su-gecirmeyen-akilli-yuzeyler>

Hidrofobik Kum Deneyi



Aerojellerde incelediğimiz hidrofobik özellik özel bir kimyasalla kaplanmış kum örneklerde de gözlemleyebiliriz.

Gerekli Malzemeler:

Kişisel Koruyucu Donanım

- Latex Eldiven
- Koruyucu Gözlük
- Laboratuvar Önlüğü

Deney Malzemeleri

- 2 adet su dolu 2 litrelik Beher
- Akvaryum kumu
- Hidrofobik kum
- 2 adet Petri Kabı
- 1 adet Pastör Pipeti

Deneyin Uygulanışı

1. Öğrencilere deneyin gerçekleşmesi için gereken koruyucu donanımı açıklayın. Bu deneyde lateks eldiven, koruyucu gözlük ve laboratuvar önlüğü kullanımı gerekmektedir. Kumların çıplak elle tutulmasında bir sakınca bulunmamakla beraber gözle temas edilmemesi ve ağız ya da burun yoluyla vücut içine alınmaması gerekir.



2. Hidrofobik ve akvaryum kumunu beherlere boşaltalım.



3. Pastör pipetiyle su alarak hidrofobik kumların ve akvaryum kumlarının üzerine damlatalım. Suyun hidrofobik kumları ıslatmadığını ama akvaryum kumlarının suyu emdiğini gözlemleyelim.



4. Şimdi de hidrofobik kumları ve akvaryum kumlarını su dolu kaplarımızın içine boşaltalım. Akvaryum kumları beklendiği üzere ıslandılar. Hidrofobik kumları ise ıslanmadan kupkuru bir şekilde suyun içerisinden çıkartabiliyoruz. Hidrofobik yapıdaki hafif kumların bir kısmının suyun yüzey gerinimi sebebiyle suyun üzerinde yüzdüğünü de görebiliriz.



Ne oldu?

Hidrofobik kumumuz polar yapıdaki *trimethylhydroxysilane* ($(CH_3)_3SiOH.$) isimli özel bir kimyasalla kaplıdır Polar yapıdaki bu kimyasal malzeme suyu itekleyerek kumun kuru kalmasını sağlamaktadır.

Kendin Dene

Bu deney için kullandığımız hidrofobik yapıdaki kum okyanuslardaki olası petrol sızıntılarını temizlemeye yardımcı olmak için icat edilmiş bir üründür. Hidrofobik kum su moleküllerini iteklerken yağ molekülleri ile kolayca birleşirler. Petrol sızıntılarının üzerine hidrofobik kum serpildiğinde, kum petrol ile birleşir ve okyanusun dibine düşen petrol dolu kum kümeleri oluşturur.

Bu bilgiyi kullanarak bir kap içerisindeki karışmış yağ ve sudan hidrofobik kum kullanarak temiz suyu ayırt edebilir misiniz?



Etkinlik No	9.5
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Nanoteknoloji Yardımıyla Çölde Havadan Su Toplamak
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler Namib çölünde yaşayan bir böcekten esinlenerek üretilen nanomalzemeler yardımıyla havadan su toplamaya yarayan tekniği öğrenirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Matematik, Kimya, Fizik ve Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem ve Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-araç, Gereçler ve Kaynakça	1 Adet ince tül perde (ince kadın çorabı da kullanılabilir) Petri Kabı 1 Adet ince metal tel veya pipet 1 Adet bardak Bant Sprey (su püskürtücü) veya hava nemlendirici veya bebek buhar makinesi Aerojel toz (isteğe bağlı)

İŞLENİŞ:

Nanoteknoloji Yardımıyla Çölde Havadan Su Toplamak

Sıcaklığın gündüz 50°C'nin üzerinde olduğu, geceleri ise 0°C'nin altına indiği çöllerde hayatını sürdüren canlıların en büyük problemi su bulmaktır. Namib çölünde yaşayan bir böcek türü nanoteknolojiyi kullanarak bu sorunu çözmüş görünüyor.

Namib, Güney Afrika'da yer alan ve Atlas okyanusuna kıyısı olan yaklaşık 50.000 km²'lik bir alana yayılan çölün adıdır. Dünyanın en eski çölü olarak bilinen Namib Çöl'ünde metrekaresine yıllık 2 milimetreden az yağış düşer. Metrekareye Ankara'da yıllık 389 mm; İstanbul 650 mm; İzmir'e 700 mm; Diyarbakır'a 458 mm; Rize'ye 2300 mm yağış olduğu düşünülünce çöllerin ne kadar az yağış aldığını görebiliriz.

Aşağıdaki şekilde görüldüğü üzere Namib Çölü Atlas okyanusu kenarında bulunur ve okyanus boyunca 1600 km'lik bir uzunluğa sahiptir. Yılın belirli zamanlarında okyanustaki suyun buharlaşması nedeniyle yoğun bir sis tabakası oluşur ve çöl içlerine doğru hareket eder.



http://modis.gsfc.nasa.gov/gallery/individual.php?db_date=2007-02-09
Author Jeff Schmaltz, MODIS Land Rapid Response Team, NASA GSFC

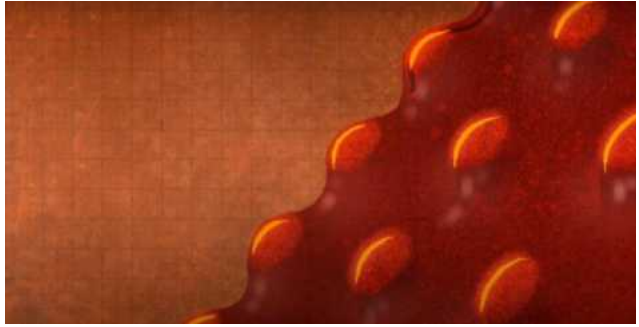
Bu zamanlarda bilimsel adı *Stenocara gracilipes* olan Namib çöl böceği yüksek kum tepelerine çıkarak sis buharının içinde bulunan su zerreciklerini kabuğundaki özel yapı ile suya çevirir. Böceğin kabuğunda sis zerrecikleri suya dönüşür ve böcek arka ayaklarını kaldırarak suyu ağız kısmına doğru akmasına sağlar.



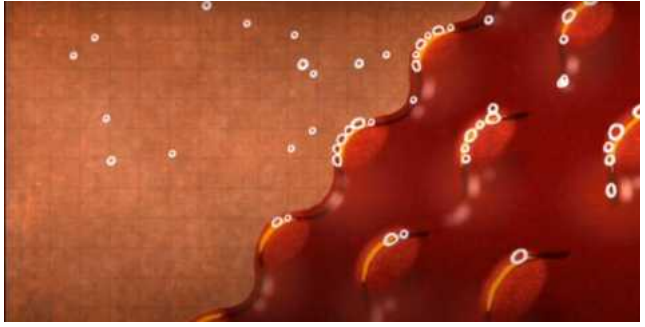
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Namib_desert_beetle.jpg

Sis'in içerisinde 1 ila 1000 nanometre arasında boyutlara sahip su zerrecikleri bulunur ve bu boyutlardaki su içelebilir durumda değildir. Herhangi bir canlının bu suyu kullanabilmesi için zerreciklerin birleşerek damlacık boyutlarında suyu oluşturmaları gerekir. Şimdi bu küçük böceğin nasıl sis'i içelebilir suya dönüştürdüğüne bakalım.

Namib böceğinin yüzeyi nanomalzemeler kısmında bahsettiğimiz hidrofobik ve hidrofilik bölgelerden oluşur. Hidrofobik bölgeler sisin içerisindeki zerrecikleri iteklerken, hidrofilik bölgeler bu zerreciklerin üzerinde toplanmasını ve birleşerek su damlalarını oluşturmalarını sağlar. Aşağıdaki şekilde bu süreci adım adım gözlemleyebiliriz.



(A)



(B)



(C)



(D)

Namib çöl böceği kabuğu üzerinde sis'in içelebilir suya dönüşmesi.
[BBC World Service Youtube Kanalı: <https://youtu.be/0CBS6cjgYFM>]

Yukardaki şekilde de gördüğümüz üzere Namib Çöl Böceğinin kabuğu dışa doğru suyu seven hidrofilik içe doğru ise suyu iten hidrofobik bölgelerle kaplıdır. Sis böceğin kabuğuna ulaştınca hidrofobik bölgeler su zerreciklerini kabuk üzerindeki bombeli hidrofilik bölgelere doğru iteklerler. Hidrofilik bölgelerde birleşen zerrecikler damla büyüklüğünde suyu oluşturur. Böcek arka bacaklarını kaldırarak damlacıkların bombeli hidrofilik bölgeler üzerinden birleşerek böceğin ağız kısmına akmasını sağlar. Bu şekilde böcek kurak çöl ortamında ihtiyacı olan suya ulaşmış olur.



<https://www.dw.com/en/why-life-thrives-in-the-foggy-namib-desert/a-39622196>

Yukardaki fotoğrafta zerrecikleri kabuğundaki özel yapı ile su damlacıklarına dönüştürmüş Namib Çöl böceğini inceleyebiliriz.

Beyin Fırtınası

Soru: Namib Çöl böceği nanoteknolojiyi kullanarak kabuğundaki hidrofobik ve hidrofilik bölgelerle havadaki sisin içerisindeki su zerreciklerini damlacıklara dönüştürüyor.

Dünya Sağlık Örgütü ve UNICEF'in açıkladığı rakamlara göre dünyada 2,1 milyar insan temiz içme suyundan, bu sayının iki katından fazlası da güvenli sanitasyondan yoksun. Dünyadaki tatlı su kaynaklarının ancak %1'ini kullanabilir durumda ve temiz su ihtiyacı artan nüfus ve kullanılmaz duruma gelen su kaynakları sebebiyle gün geçtikçe artıyor.

Sizce Namib Çöl böceğinin kurak çöl ortamında bulunduğu havadan su toplama bir mühendislik uygulamasına dönüştürülebilir mi?

Cevap:

Burada dikkat edilmesi gereken noktalardan bir tanesinin havadan toplanılan suyun buharın soğuyarak sıvıya dönüşmesi şeklinde olmayıp sis'in içerisindeki zaten sıvı halde bulunan ama damlacık oluşturmak için boyutlarının çok küçük olduğu su zerreciklerinin toplanması olduğudur.

Bu bağlamda, Namib Çöl böceğinden esinlenen mühendisler çöl ortamında temiz su ihtiyacını karşılamak üzere "sis ağı" olarak bilinen yapıları oluşturmuşlardır. Sis ağları aynı Namib Çöl böceğinde olduğu gibi hidrofobik ve hidrofilik bölgelerden oluşmaktadır. Bu bölgeler ağ malzemesi üzerine kaplanmaktadır.

Sis ağıları havadan su toplamamın verimliliği ağın malzemesine ve hidrofofik ve hidrofilik kaplamaların dağılımına, boyutlarına ve kimyasal yapısına bağıdır. Verimli sis toplayıcılar havadaki nemin %10'unu toplayabilir ve daha az verimli olanlar %2 kadarını toplayabilir. Sis toplayıcılar genellikle en yüksek verimi üretebilecekleri soğuk açık deniz akıntıların yakınındaki yüksek irtifalı kurak alanlara kurulurlar. <https://news.mit.edu/2013/how-to-get-fresh-water-out-of-thin-air-0830>



Şili'nin kuzeyinde bulunan dünyanın en kurak sıcak çölü olan Atacama'ya kurulmuş sis toplayıcı. https://en.wikipedia.org/wiki/Fog_collection#/media/File:Atrapanieblas_en_Alto_Patache.jpg

Kendin Dene:

Havadan su elde edelim!

Aşağıdaki deney düzeneğini oluşturarak havadan su toplamayı deneyimleyebilirsiniz.

Deney Malzemeleri

- 1 Adet ince tül perde (ince kadın çorabı da kullanılabilir) Petri Kabı
- 1 Adet ince metal tel veya pipet
- 1 Adet bardak
- Bant
- Sprey (su püskürtücü) veya hava nemlendirici veya bebek buhar makinesi
- Aerojel toz (isteğe bağlı)

Yaklaşık 20-30 cm uzunluğundaki tül perde veya ince kadın çorabını aşağıdaki şekilde gösterildiği üzere metal tel veya plastik pipet ve bant kullanarak uçurtma benzeri bir şekil verin.



<https://www.scientificamerican.com/article/catch-water-from-the-air/>

Oluşturduğunuz uçurtma şeklindeki yapıyı bir bardağın içerisine yerleştirin. Bardağın kenarlarına dokunmamasına dikkat edin. Sis toplayicınızı oluşturdunuz.

Su dolu sprej veya hava nemlendirici yardımıyla sis toplayicınızı ıslatın ve bardak içerisinde toplanan suyu inceleyin.

Aşağıdaki deneyleri yaparak sis toplayicinizin çalışma prensibi hakkında yorum yapabilirsiniz.

Spreyden belirli sayıda başka bir bardağa suyu püskürtün (direk bardağın içine değil sis tutucunuza uyguladığınız geometride uygulayın), aynı sayıda sis tutucunuza da püskürtün. Her bir kaptaki su miktarını karşılaştırın veya bir ölçüm kabında ölçün. Hangisi daha etkili oldu?

Sis tutucunuzun yüzeyine daha önceki kısımda bahsettiğimiz aerojel tozlardan uygulayın. Bu uygulamayı aerojel tozları ezip elinizle belirli bölgelere sürerek yapabilirsiniz. Spreyden aynı

miktarda su püskürtün ve kapta biriken su miktarını ölçüp, arojel uygulanmayan sis tutucu ile karşılaştırın. Hangisi daha etkili oldu?

Etkinlik No	9.6
Dersin Adı	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji
Etkinlik Adı	Elektron Mikroskobu
Önerilen Süre	20 dakika
Öğrenci Kazanımları	Öğrenciler nanoteknoloji, temel bilimler, birçok mühendislik dalı ve tıpta sıklıkla kullanılan elektron mikroskopları hakkında bilgi edinirler.
Disiplinler Arası İşbirliği	Kimya, Fizik ve Biyoloji
Öğrenme-Öğretme-Yöntem Teknikleri	Soru-Yanıt Beyin Fırtınası
Kullanılan Eğitim Teknolojileri-arac, Gereçler ve Kaynakça	

İŞLENİŞ:

Elektron Mikroskobu

Malzemeleri metre'nin milyonda biri olan mikrometre boyutlarında, milyarda biri olan nanometre boyutlarında ve hatta atomik düzeyde incelenmesine imkan kılan önemli cihazlardan bir tanesi "elektron mikroskoplarıdır". Laboratuvarlarımızda sıklıkla kullandığımız optik mikroskoplar aydınlatma kaynağı olarak görünür ışık kullanırlar. Fakat bu ışık kaynağı çok özel koşullarda bile ancak 200 nm civarındadır ve 2000x'den yüksek büyütmelerde iyi sonuç vermezler. Daha küçük detayları ve atomları gözlemleyebilmek üzere elektron mikroskopları kullanılır.

Elektron mikroskobu, aydınlatma kaynağı olarak hızlandırılmış elektron demeti kullanır. Bu da elektron mikroskoplarını ışık mikroskoplarından daha yüksek bir çözme gücüne ulaştırır ve daha küçük nesnelerin yapısını ortaya çıkarabilir. Elektron mikroskopları çeşitlerine göre 0.05 nm'den daha iyi bir çözünürlüğe ve 10.000.000x'e kadar büyütmelere sahip olabilir. Elektron mikroskopları, malzeme bilimi başta olmak üzere, mikroorganizmalar, hücreler, büyük moleküller, biyopsi örnekleri, dahil olmak üzere çok çeşitli tıp ve biyolojik araştırmalarda, endüstride, kalite kontrol ve hata analizlerinde, arkeolojik araştırmalarda, adli tıpta, elektronik sanayinde ve araştırma laboratuvarlarında sıklıkla kullanılmaktadır.

Atomları incelemeye imkan kılan geçirimli elektron mikroskobu ve sıklıkla yüzey analizlerinde kullanılan taramalı elektron mikroskobu en önemli iki türüdür. Her iki mikroskop türü aşağıda gösterilmiştir.



Solda geçirimli elektron mikroskobu sağda ise taramalı elektron mikroskoplarının Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Laboratuvarındaki fotoğraflarını görüyoruz.

Geçirimli elektron mikroskobu adından da anlaşılacağı üzere elektronların incelenen numunelerin içerisinden geçmesi sonucu ortaya çıkan verilerin incelenmesine olanak sağlayan mikroskop türüdür. Taramalı elektron mikroskobu ise elektronların incelenen numunelerin yüzeylerini taraması sonucu oluşan verilerin incelenmesine olanak sağlar. Geçirimli elektron mikroskobu ile atomik düzeyde analiz yapmak mümkün iken taramalı elektron mikroskobu ise özellikle mühendislik ve temel bilimlerde incelenen malzemelerin yüzeylerini detaylı incelemek için kullanılır.

Her iki elektron mikroskobu da şu temel kısımlardan oluşur: (i) elektron tabancası, (ii) vakum sistemi, (iii) elektromanyetik lensler, (iv) numune tutucu ve (v) detektörler. şimdi elektron mikroskobunu daha iyi tanımak üzere bunlardan kısaca bahsedelim.

Elektron Tabancası: Bu kısım elektron mikroskoplarının en üstünde bulunur. Görevi malzemelerin incelenmesi sırasında kullanılan elektron demetini oluşturmaaktır. Elektronlar elektron tabancasında yer alan filamentin 2500 C mertebesinde çok yüksek derecelere ısıtılması ile oluşturulur. Elektron tabancasında oluşturulan elektronlar geçirimli elektron mikroskobunda ortalama 200.000 elektronvolt, taramalı elektron mikroskobunda ise 20.000 elektronvolt enerjiye sahiptirler. Filamentler yüksek enerjiye dayanabilen tungsten elementinden üretilmekte ve sa tokası şeklinedirler. Bazı elektron mikroskop türlerinde filamentler nanometre mertebesinde inceltirir. Bu durumda ısıtmaya gerek kalmadan gerilim altında elektron demeti oluşabilmektedir. Aşağıdaki fotoğraflarda elektron üreten bir filament örneğini görebilirsiniz.



ErwinMeier - https://en.wikipedia.org/wiki/Field_emission_gun#/media/File:Schottky-Emitter_01.jpg

Vakum Sistemi: Elektron tabancasından çıkan elektronların incelenecek malzemeye sonrasında da detektöre ulaşana kadar havadaki gaz molekülleri ile etkileşime girmemesi için elektron mikroskopları vakum yani olabildiğince en az sayıda gaz moleküllerinin olduğu bir ortamda çalıştırılırlar. Oldukça detaylı bir vakum pompa sistemleri vardır. Mikroskobun farklı yerleri farklı değerlerde vakum derecelerinde tutulurlar. En yüksek vakum ortamı elektron demetinin oluşturulduğu elektron tabancasıdır. Buradaki vakum bazı mikroskop çeşitlerinde ayın yüzeyindeki vakum derecesi ile aynıdır.

Elektromanyetik Mercekler: Elektron demeti, elektron tabancası içerisinde vakum ortamında oluşturulduktan sonra, incelenecek malzemeye bir lens sistemi ile iletilir. Bunlar optik mikroskoplarda kullanılan camdan üretilmiş mercekler benzer işlevleri olmasına karşın elektromanyetik prensipleri doğrultusunda çalışmaktadır. Elektronlar eksi yüklü parçacıklardır. Bu sebeple manyetik alan içerisinde kontrol edilebilirler. Işığın cam mercek içerisinde kırılarak odaklanması, elektronlarda manyetik alan içerisinde gerçekleştirilir. Merceklere sağlanan elektrik akımı manyetik bir alan oluşturur ve elektron demetinin büyüklüğü ve odaklanması kontrol edilir.

Numune Tutucu: Elektron mikroskoplarında incelenecek inorganik ve organik numuneler numune tutucu adı verilen kısımlara takılır. Geleneksel taramalı elektron mikroskobu ile elektron katı ve elektrik iletken numuneler incelenebilir. Elektrik iletkenliği olmayan polimer ve seramik gibi malzemelerin yüzeyleri çok ince altın kaplama ile iletken hale getirilebilirler. Aşağıdaki örnekte altınla kaplanmış bir arı örneğini görüyoruz. Arı elektrik iletkenliği çok düşük olduğu için özel bir kaplama cihazı ile dış yüzeyi nanometre seviyesinde altınla kaplanmış. Geleneksel elektron mikroskopları vakum ortamında çalıştıkları için sıvı örneklerin incelenmesi mümkün değildir. Sıvı örnekler, bu konuda özelleştirilmiş elektron mikroskopları ile incelemek mümkündür.



Nanometre mertebesinde altınla kaplanmış arı örneği.

https://en.wikipedia.org/wiki/Electron_microscope#/media/File:Golden_insect_01_Pengo.jpg

Detektörler: İnsanlarda var olan duyu organları gibi elektron mikroskoplarının da numuneden gelen sinyalleri algıladıkları detektörleri vardır. Gözlerimizle görünür ışığı, kulaklarımızla ses dalgalarını, dermimizle sıcaklığı algılarız. Mikroskoplar da üzerlerine yerleştirilen detektörler sayesinde nano ve atomik dünyayı görüntülememizi, kimyasal ve kristal yapıyı analiz etmemizi mümkün kılarlar. Elektron mikroskoplarında birçok detektör bulunabilir. Bunlar arasında iki tanesi oldukça temeldir. Biri görüntü almamızı sağlayan ETD detektörü diğeri ise kimyasal analiz yapmamızı sağlayan EDS detektörüdür.

Aşağıdaki videoda elektron mikroskobun temel donanımlarını inceleyebiliriz.

Elektron Mikroskobunu Tanıyalım

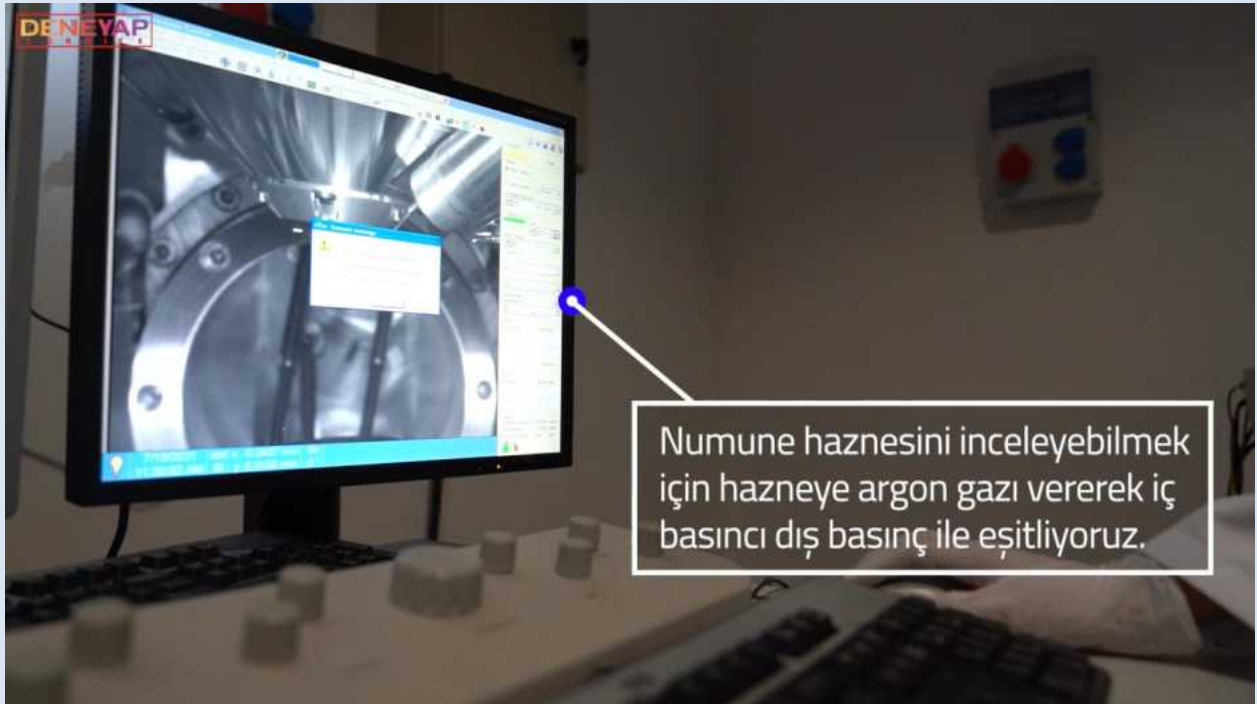


Bu videomuzda ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümünde yer alan Taramalı Elektron Mikroskobunu inceleyeceğiz. Ders kısmında bahsedilen elektron mikroskobunun önemli kısımlarını bu video’da izleyebiliriz.

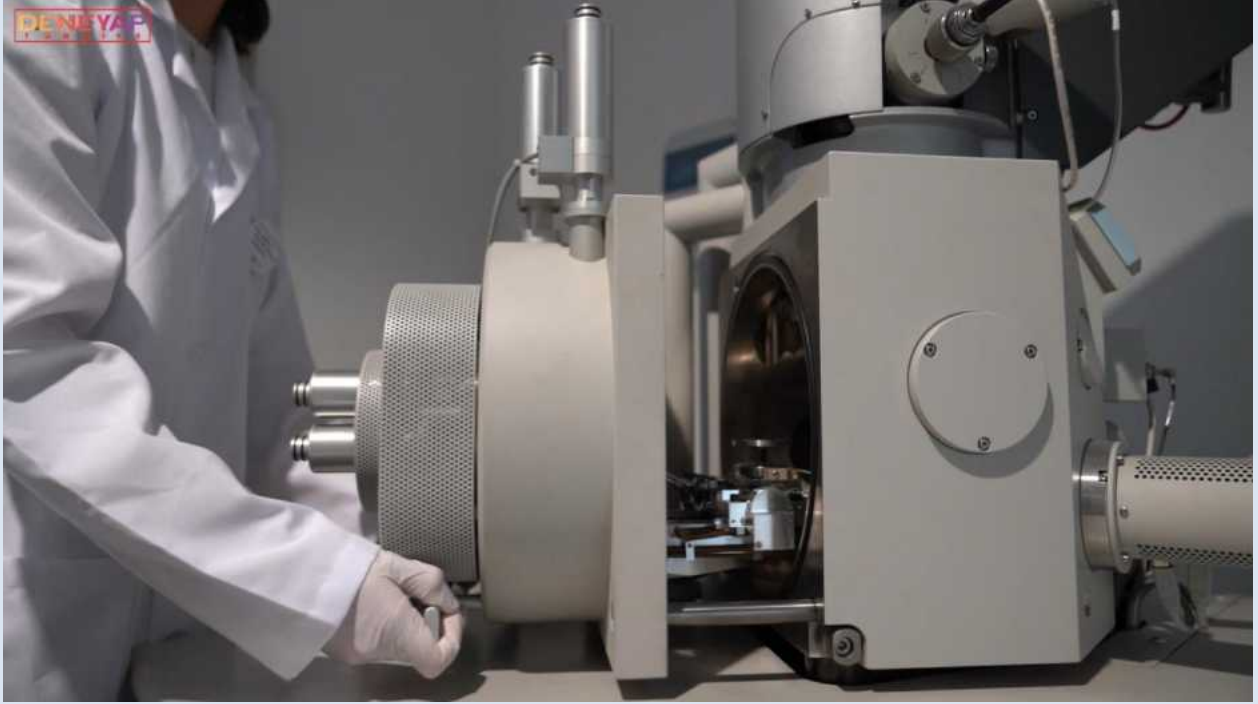
Deneyin Uygulanışı



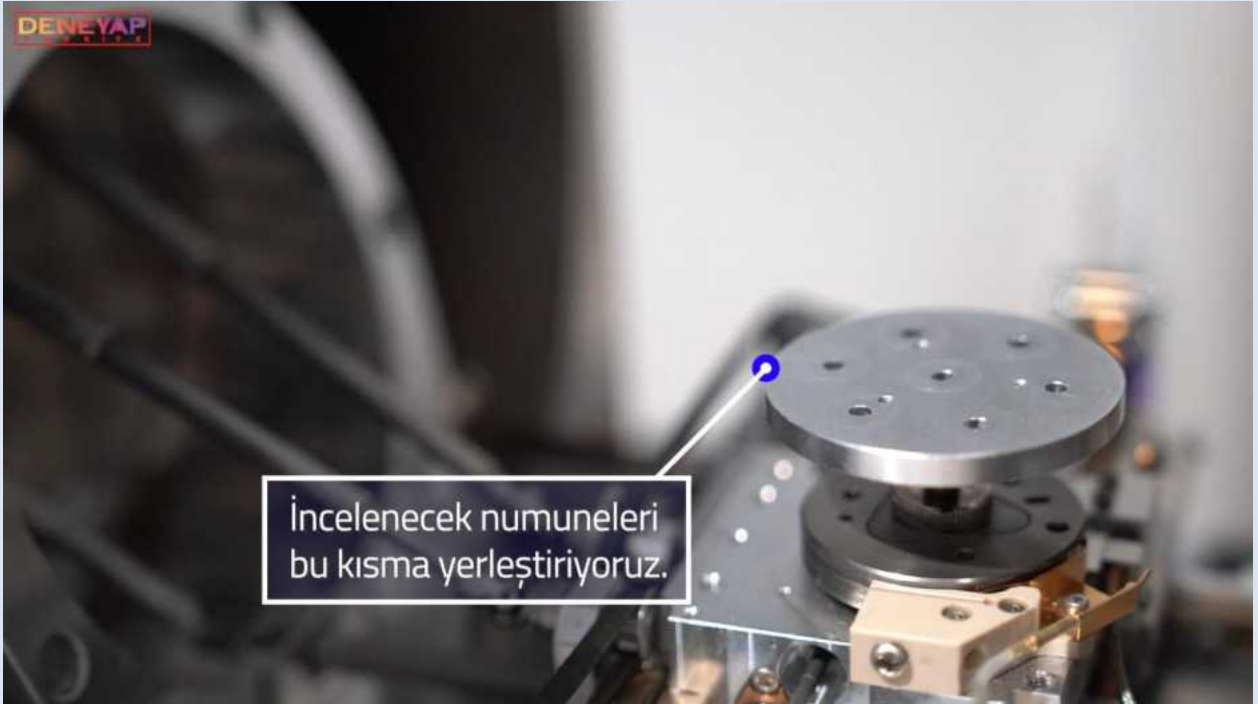
1. Haydi elektron mikroskopunu inceleyelim. Videoda izleyeceğimiz elektron mikroskopu çeşitli malzemelerin yüzeylerini incelememize imkan kılın taramalı elektron mikroskopudur.



2. Tüm elektron mikroskopları vakum ortamında çalışır. İnceleme yapılmadan önce mikroskopun haznesini açıp incelenecek numuneleri mikroskoba yükleyebilmek üzere öncelikle içeriye argon gazı vererek iç basıncı dış basınca eşitliyoruz. Böylece numune haznesinin olduğu yerdeki vakumu bozarak, kapağı açılabilir hale getiriyoruz. Bunu bilgisayardaki yazılım ile gerçekleştirebiliyoruz.



İç basıncı dış basınca eşitleyince mikroskobun numune haznesini kolayca açabiliyoruz.



3. İncelemek istediğimiz numuneleri numune tutucu adını verdiğimiz bu kısma yerleştiriyoruz.



4. Elektron mikroskop haznesi içerisinde farklı detektörleri görebiliyoruz. Bu fotoğrafta kimyasal analizlere imkan veren EDS detektörü görülmektedir.



5. Bu fotoğrafta mavi nokta ile gösterilen ise görüntüleri elde etmemizi sağlayan ETD detektörüdür.



6. Bu fotoğrafta mavi nokta ile gösterilen yer ise elektron demetinin elektromanyetik lensleri geçtikten sonra numuneye çarpmadan önce mikroskobun kolonundan ayrıldığı bölgedir.



7. İnceleyeceğimiz numuneleri yerleştirdikten sonra numune haznesini kapatarak ortamı tekrar vakum ortamına alıyoruz. Daha önceki kısımlarda bahsettiğimiz üzere mikroskobun farklı bölgeleri farklı vakum değerlerinde tutulur. Bu kısımlar vakum pompalarına bağlıdır. Numune haznesi gereken vakum değerine ulaştığında bilgisayardaki kontrol sistemi elektron mikroskobunun kullanılmasına izin verir.

Fotoğraftaki kadar büyüklükteki bir numune haznesinin istenilen vakum değerine ulaşması ortalama 2 dakika sürmektedir.



8. Ders kısmında bahsettiğimiz elektron tabancası mikroskop üzerinde yaklaşık olarak mavi nokta ile gösterilen bölgede yer almaktadır.



9. Ders kısmında bahsettiğimiz görüntü almamıza ve kimyasal analiz yapmamıza izin veren detektörlerin elektronik parçaları bu kısımlarda bulunur.



10. Bu fotoğrafta tungstenden yapılmış bir filament görüyoruz. Bu filament 2500 °C sıcaklıklara ısıtılarak elektron saçması sağlanır. Bu filamentler de evlerde kullanılan ampüller gibi belirli bir ömürleri vardır. Yaklaşık 100 saatlik kullanım ömürlerinden sonra değiştirilirler.



- 11 Bu fotoğrafta dünyadaki ilk ticari taramalı elektron mikroskoplarından birini görüyoruz. Artık bilimsel araştırmalar için kullanılmıyor. ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Elektron Mikroskobu Laboratuvarının müze kısmında sergilenmektedir. Bu mikroskop 50 yaşından büyük

olmasına karşın günümüzde kullanılan modern elektron mikroskoplarla benzerlikler göstermektedir. Bu eski mikroskopta da elektron tabancası, vakum sistemi, elektromanyetik lensler, numune tutucu ve detektörler bulunmaktadır.



12. Bu fotoğrafta numune haznesinin içerisindeki görüntü algılama detektörünü (tel örgü şeklindeki Faraday kafesinin arkasında) görüyoruz.



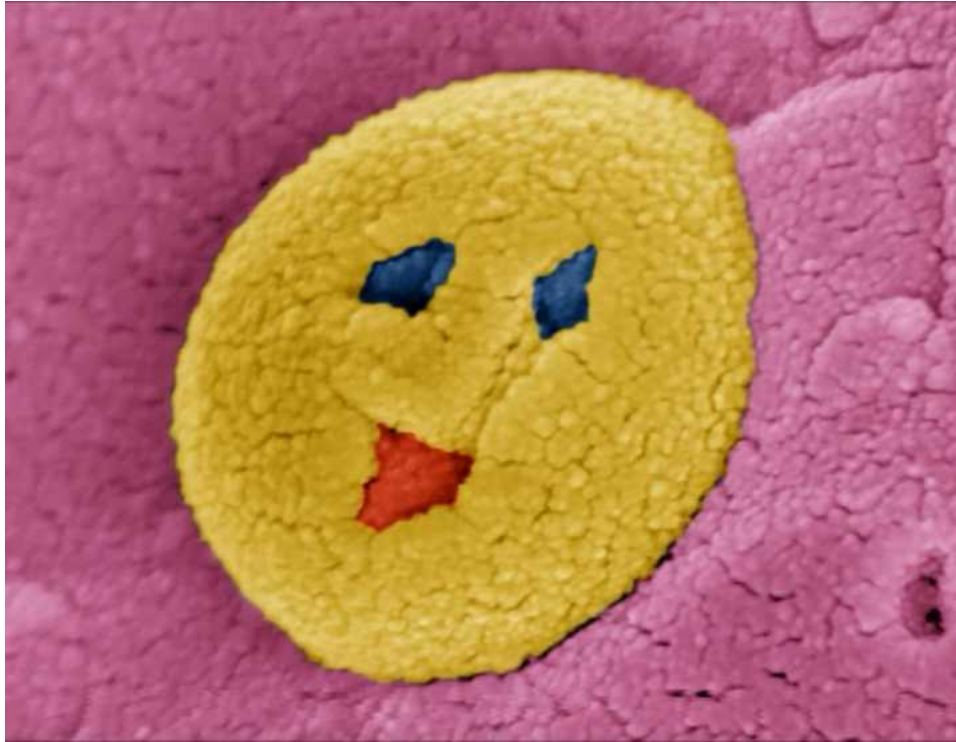
13. Bu fotoğrafta elektron tabancasının açılmış halini görüyoruz. Elektron tabancası içerisindeki filamenti değiştirmek istediğimizde bu kısmı açarak eskisini çıkararak yenisini takabiliyoruz.



14. Bu fotoğraflarda elektron tabancasının içerisindeki kullanılmış filament görüyoruz. Bu kullanılmış ve kırılmış filamenti yeni filamentle değiştirmek gerekmektedir.

Elektron mikroskopları ile etrafımızı saran inorganik ve organik dünyanın gizemli dünyasını inceleyebilir, bilimsel araştırmalarımızda kullanabiliriz.

Elektron mikroskoplarında doğası gereği gri tonlarda fotoğraf çekilir. Numunelerden detekörlere çarpan elektronların sayısının fazla olduğu bölgeler beyaz tonlarda az olduğu yerler siyah tonlarda görülür. Fakat çeşitli bilgisayar programları kullanarak bu fotoğraflar yapay olarak renklendirebilir. Aşağıdaki örnekte ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği doktora öğrencisi Aydın Ruşen tarafından renklendirilmiş bakır cürufa ait renklendirilmiş elektron mikroskobu görünütüsü sunulmuştur.



Aşağıda öğrencilerle hoş zaman geçirerek dünyaya bakış açılarını geliştirecek etkinliği paylaşıyoruz.

Beyin Fırtınası

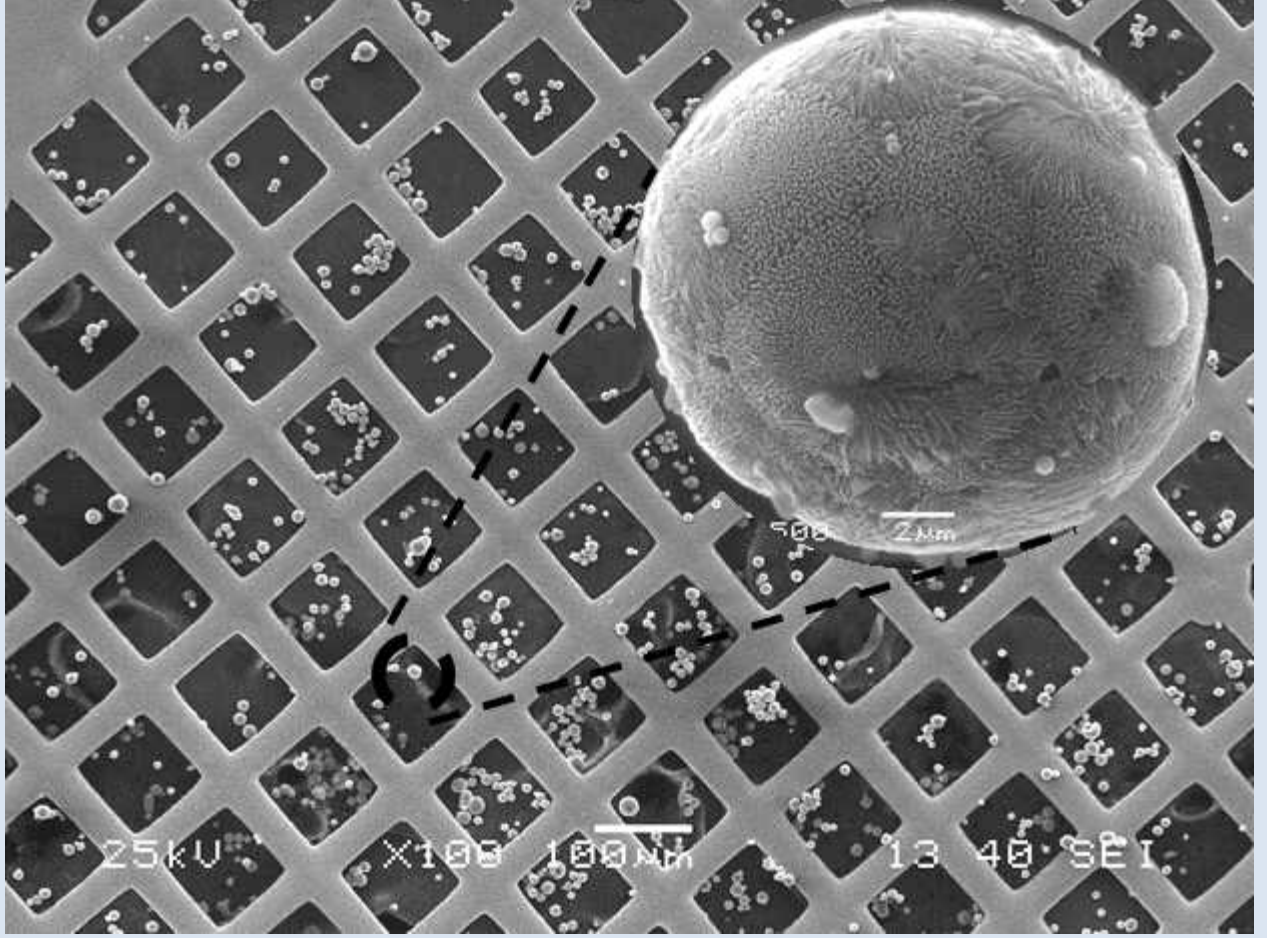
Soru: Aşağıdaki fotoğraflarda taramalı elektron mikroskobu ile çekilmiş çeşitli organik ve inorganik malzemeler verilmiştir. Öğrencilere bu görüntüler gösterilerek ne olduklarını tahmin etmeleri, fotoğraflar üzerine yorum yapmaları istenebilir.



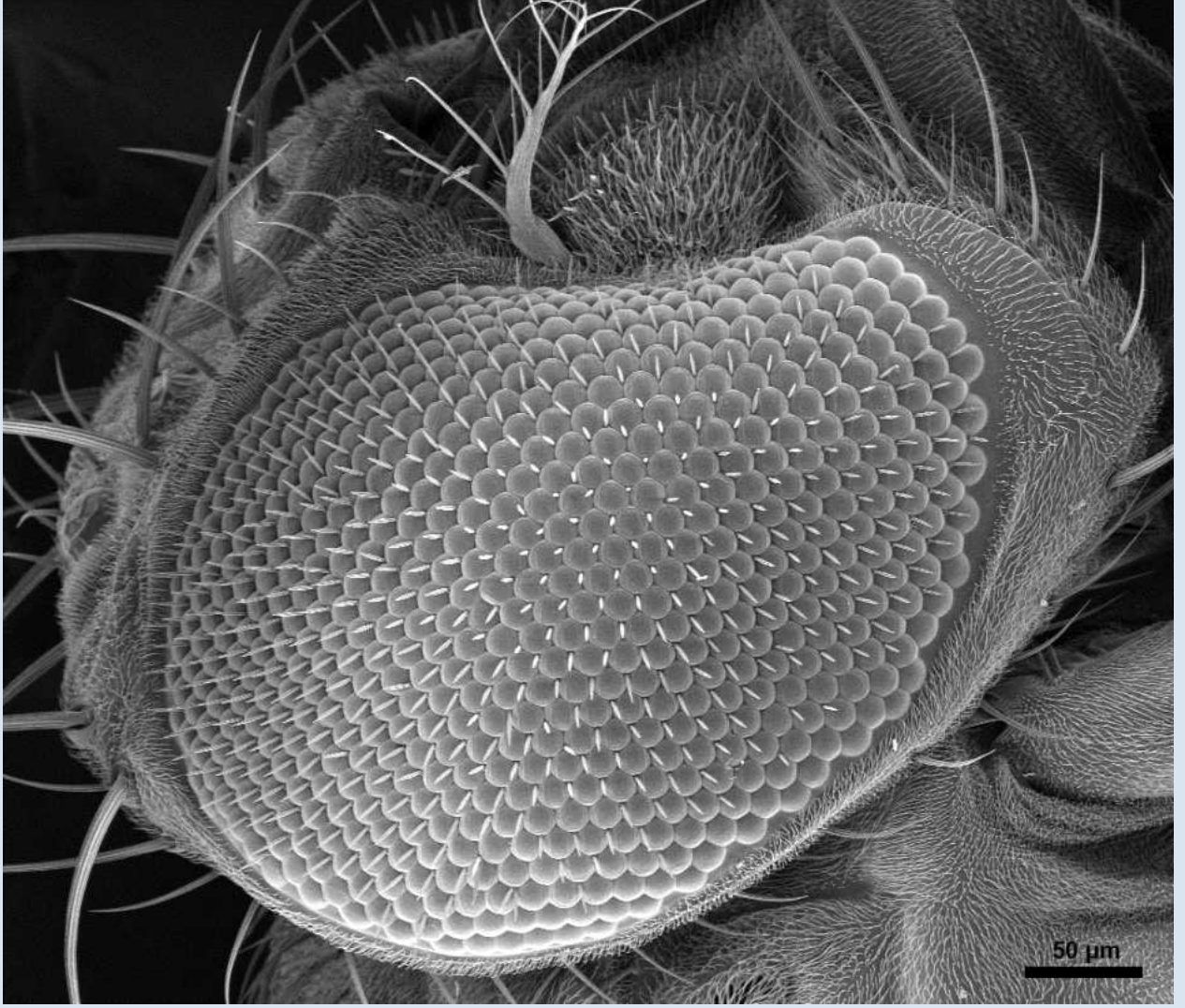
<https://www.nationalgeographic.com/animals/invertebrates/facts/tardigrades-water-bears>

Bu yapay olarak renklendirilmiş elektron mikroskonunda su ayısı ismi verilen canlıyı görüyoruz. Su ayıları boyları 0,1-1 mm arası değişen ve uzay gibi zorlayıcı koşullarda hayatta kalma becerisine sahip canlılardır. Taramalı elektron mikroskobu ile çekilmiş bu fotoğraf ile su ayısına ait tüm detayları görebiliyoruz. Bu konuda detaylı bilgiye ekteki link üzerinden ulaşabilirsiniz.

<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/su-ayilari-tardigradlar>



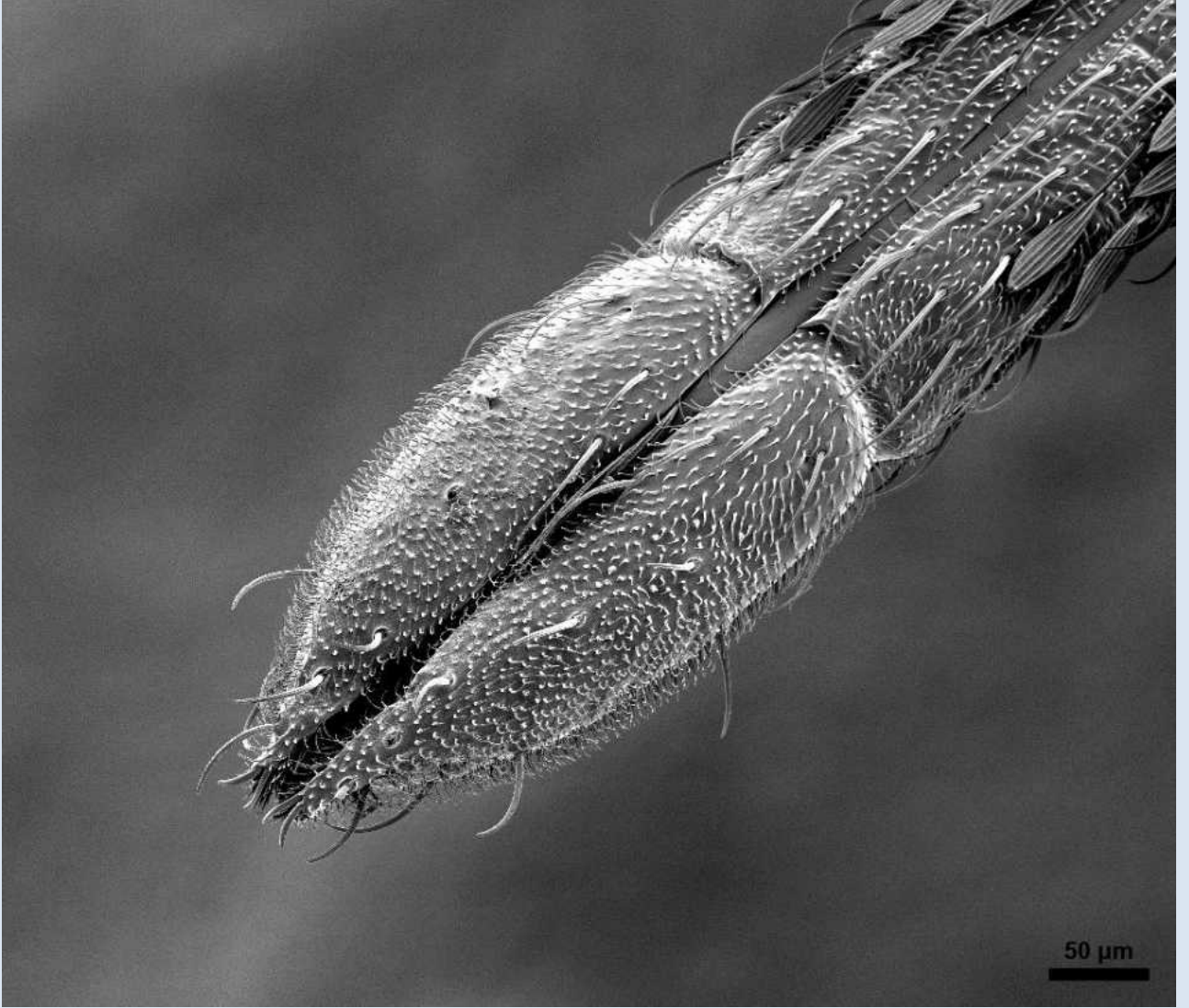
Bu fotoğrafta kare boşluklardan oluşmuş bir ızgara üzerine serpiltirilmiş metal tozları görüyoruz. Bunun gibi metal tozlar sıklıkla 3-boyutlu yazıcılarda alaşımları basmak için kullanılırlar. Bu metal tozlardan herhangi bir tanesini seçip ekli küçük fotoğrafta gösterildiği şekliyle 5.500 defa büyüttüğümüzde tek bir metal toz tanesinin yüzey detaylarını görebiliyoruz.



<https://emlab.uconn.edu/gallery/compound-eyes-of-fruit-fly/#>

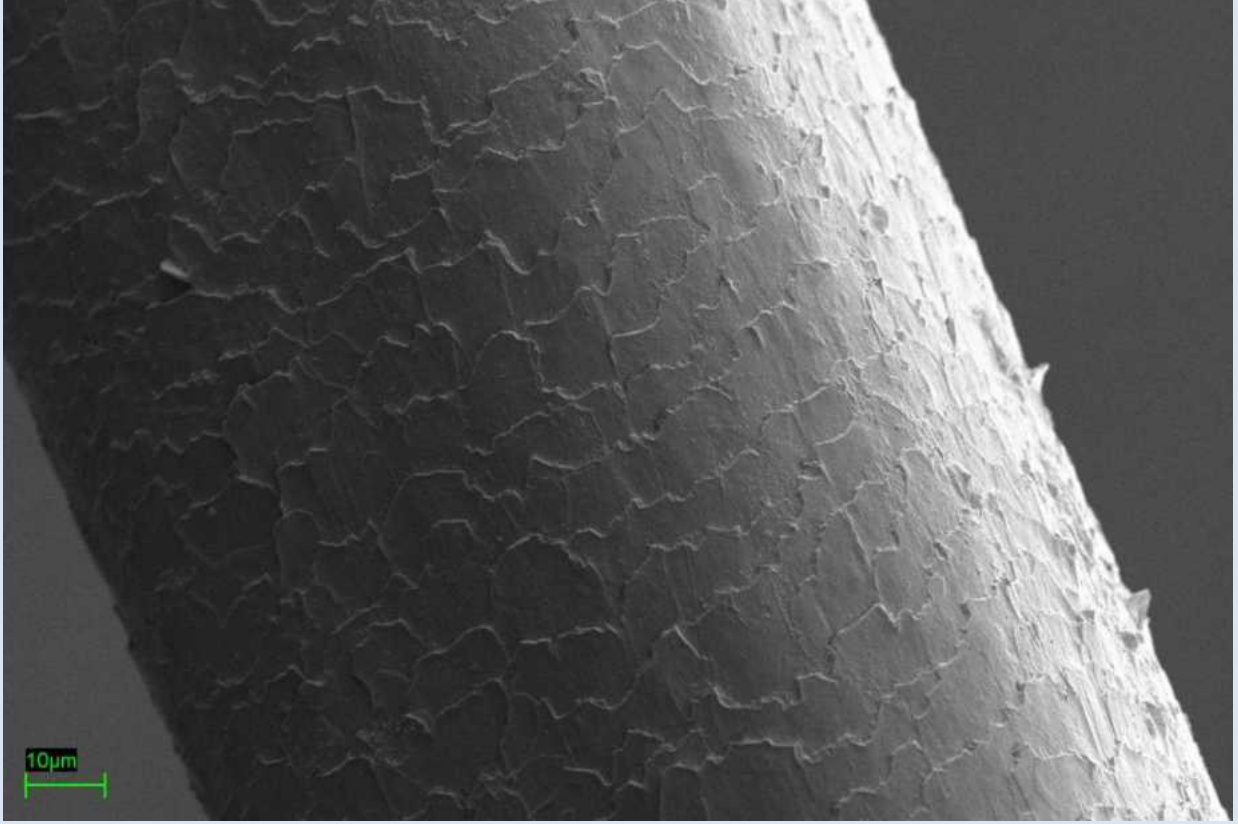
Bu fotoğrafta meyve sineğinin gözlerine ait elektron mikroskobu fotoğrafını görüyoruz. Sinek gibi eklembacaklılarda görünen bileşik gözler yüzlerce hatta binlerce bireysel gözden oluşurlar. Bireysel arasındaki küçük tüycükler bireysel gözlerin temiz kalmasını ve üzerlerinden nem olmamasını sağlar. Meyve sinekleri ile ilgili ilginç bir yazıya ekteki link üzerinden ulaşabilirsiniz.

<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/meyve-sinekleri-surucusuz-araclara-ilham-olabilir>



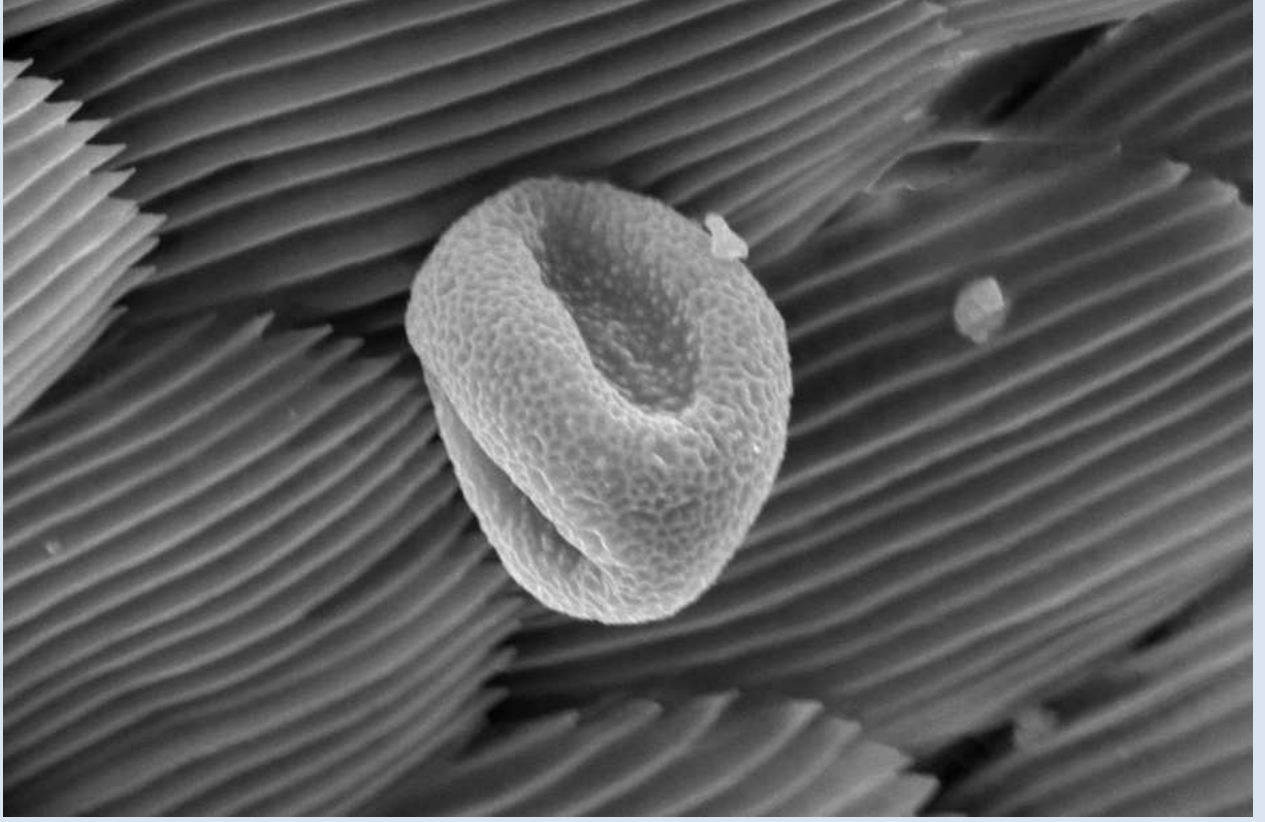
<https://emlab.uconn.edu/wp-content/uploads/sites/370/2014/10/Tip-of-Mosquito-Proboscis.jpg>

Bu fotoğrafta dişi sivrisineklerin derimizi delip kanımızı emmek için kullandığı hortumu (proboscis) görüyoruz. Bu hortum içerisinde 6 adet iğne bulunmaktadır.

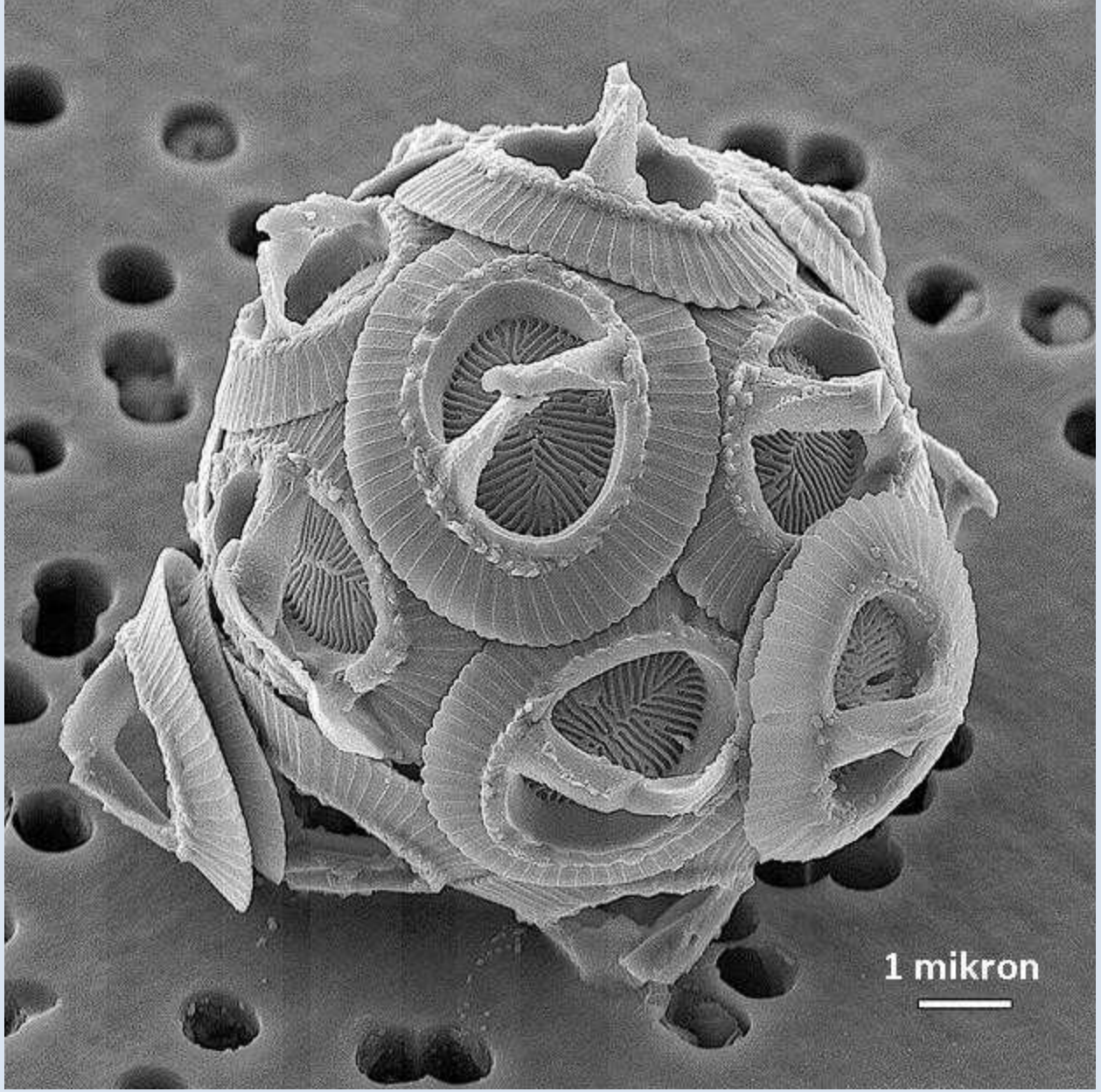


[https://en.wikipedia.org/wiki/Hair%27s_breadth#/media/File:Human_hair_2000X - SEM MUSE.tif](https://en.wikipedia.org/wiki/Hair%27s_breadth#/media/File:Human_hair_2000X_-_SEM_MUSE.tif)

Bu fotoğrafta insan saçının elektron mikroskop altında büyütölmüş halini görüyoruz. İnsan saçının çapı 17 ila 181 mikrometre arasında değişir.

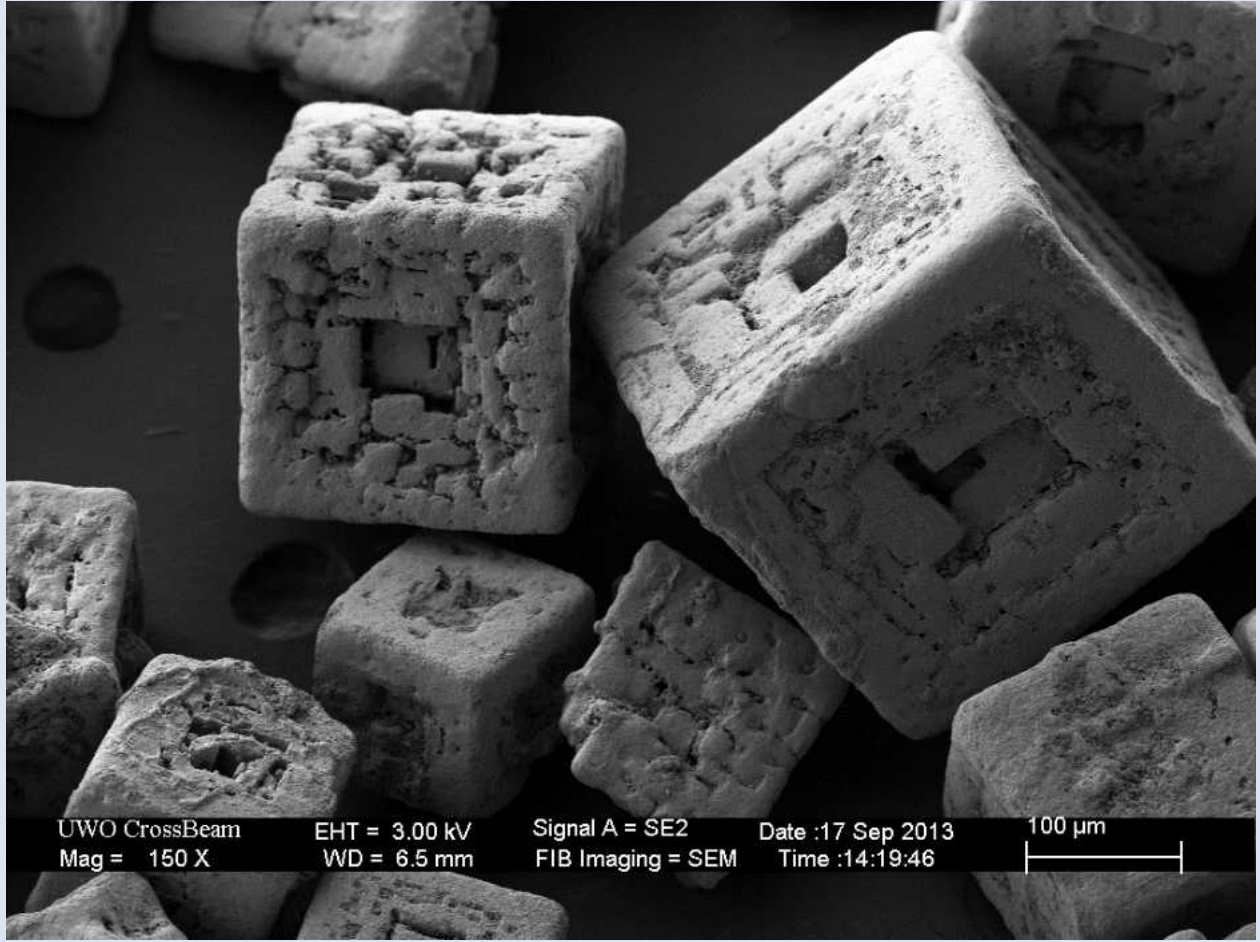


Bu fotoğrafta bir böceğin kanadına yapışmış bir poleni görüyoruz. Biyoloji derslerimizde polenlerin çiçeklerden çiçeklere böcekler tarafından taşındığını görmüştük. Bu elektron mikroskobu fotoğrafı bunu ispatlıyor.



https://en.wikipedia.org/wiki/Coccolithophore#/media/File:Gephyrocapsa_oceanica.jpg

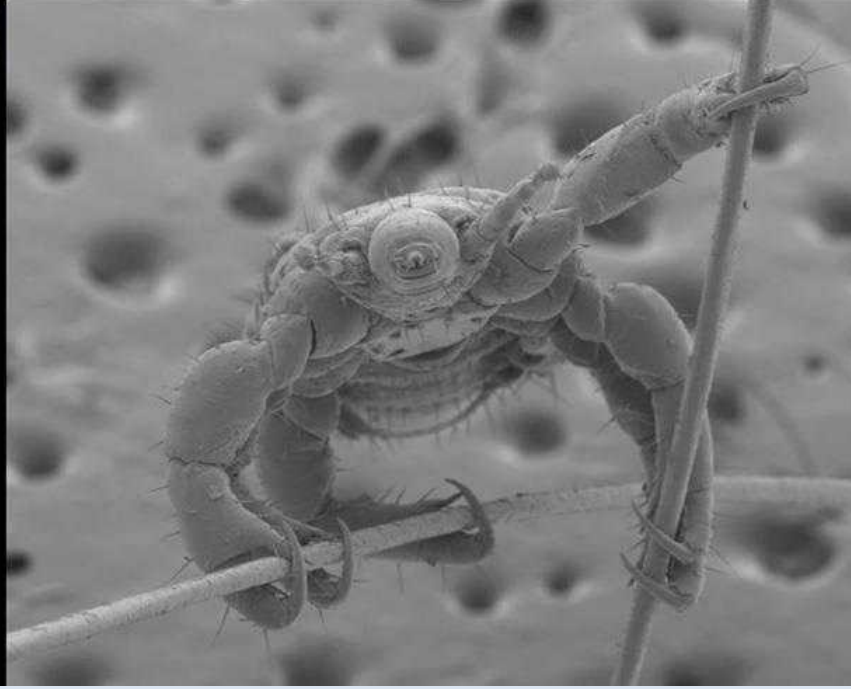
Bu fotoğrafta bir kokolitoforun elektron mikroskonu altındaki görüntüsünü inceliyoruz. Kokolitoforu, tek hücreli, ökaryotik bir fitoplanktondur. Okyanusları kaplayan bu canlılar dünyadaki oksijenin yarısını üretirler. Elektron mikroskopları ile gözle göremediğimiz bu tür canlıları çok detaylı olarak inceleyebiliyoruz.



<https://salinity.oceansciences.org/learn-more.htm?id=53>

Bu fotoğrafta bu derste de incelediğimiz tuz kristallerinin elektron mikroskobu altındaki görüntüsünü görüyoruz. Dikkatli incelediğimiz birim hücre yapısına benzer şekilde kübik bir yapıda oluştuklarını görüyoruz.

Head Louse



Lice olympics (pole vault). Head louse on two human hair.

Courtesy of Louwrens Tiedt

Taken by Quanta SEM microscope

Magnification: 200x

Detector: SE

Voltage: 5 kV

Horizontal Field Width: 1.504 mm

Working Distance: 20 mm

Spot: 4

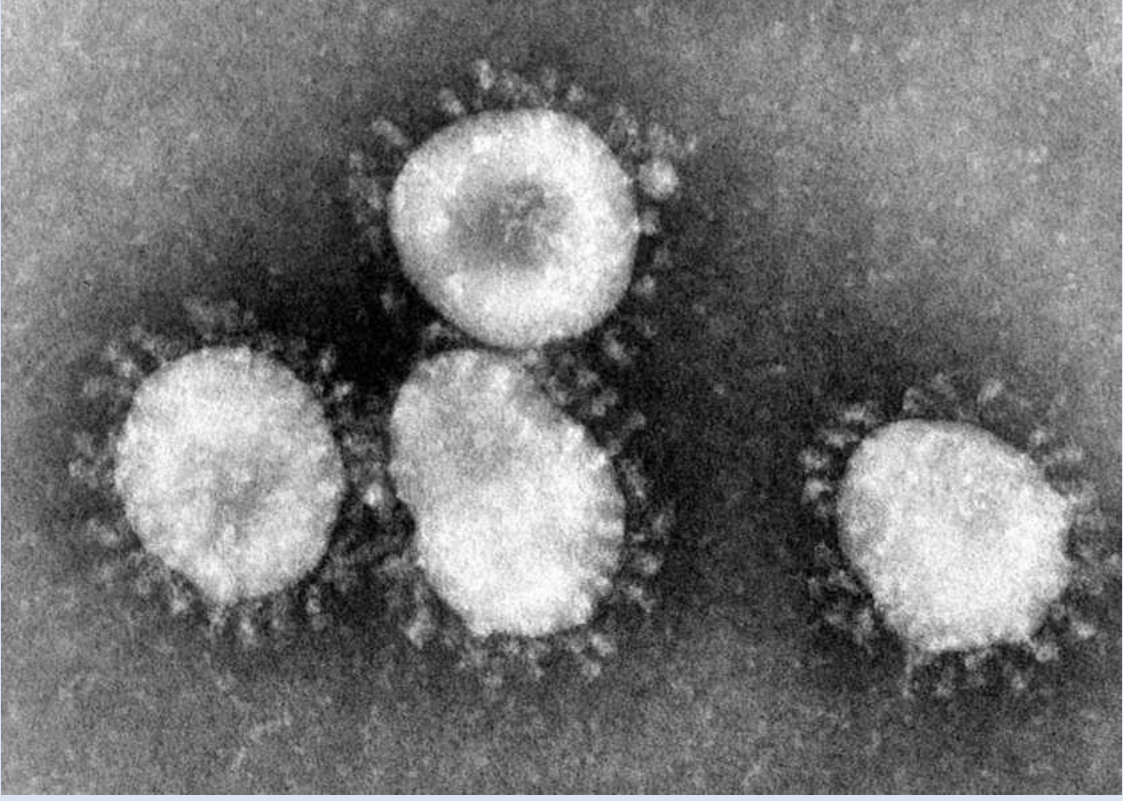
<http://www.michaelthemaven.com/?postID=4562&the-best-electron-microscope-image-you-havent-heard-of-fei>

Bu fotoğrafta saçlara tutunmuş bir biti görüyoruz. Elektron mikroskobu sayesinde saçlara tutunmak için kullandığı kanca şeklindeki uzuvlarını detaylı bir şekilde inceleyebiliyoruz.



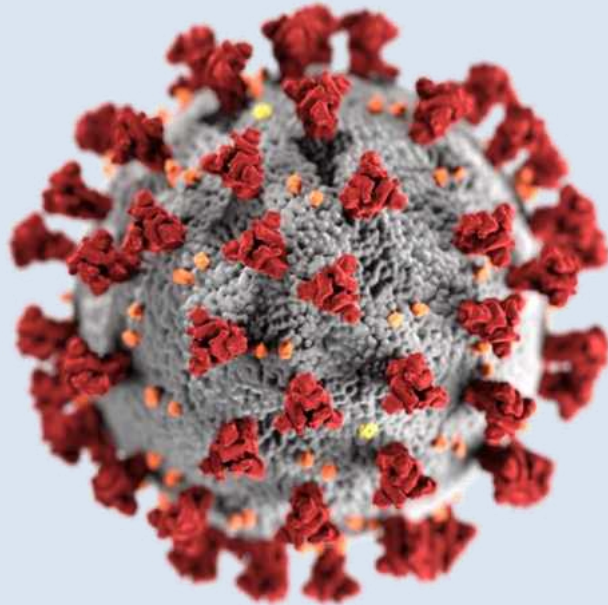
<https://sites.psu.edu/fkm5030biomimicrydesign/2015/04/11/sharkskin-swimsuit/>

Bu fotoğrafta köpekbalığı derisinin elektron mikroskobu altındaki görüntüsünü görüyoruz. Bu özel yapı sayesinde köpekbalıkları suyun içerisinde çok hızlı hareket edebilmektedir. Bu yapıyı taklit ederek üretilen mayoları kullanan profesyonel yüzücüler yeni olimpiyat rekorlarını kırmışlardır.



https://tr.wikipedia.org/wiki/%C5%9Eiddetli_akut_solunum_yolu_sendromu#/media/Dosya:Human_coronavirus_229E.png

Bu fotoğrafta insanoğlunun geçirdiği en büyük salgınlardan biri olan COVID-19 pandemisi'ne yol açan Korona virüsünün elektron mikroskobu altındaki görüntüsünü görüyoruz. Virüsün dış yapısının taça benzemesi sebebiyle latince "taç" anlamına gelen "corona" kelimesinden adlandırılmıştır. Bilim insanları bu fotoğrafları da kullanarak koronavirüsün aşağıda sunulan 3 boyutlu yapılarını modellemişlerdir.



https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SARS-CoV-2_without_background.png