

*Evrenin gizemini anlamak
istiyorsanız enerji, frekans ve
titreşim yasalarıyla düşünün.
Nikola Tesla*

YAPI MALZEMELERİ

ÖĞR. GÖR.

HÜSAMETTİN NAS

husamettin.nas@siirt.edu.tr

GİRİŞ

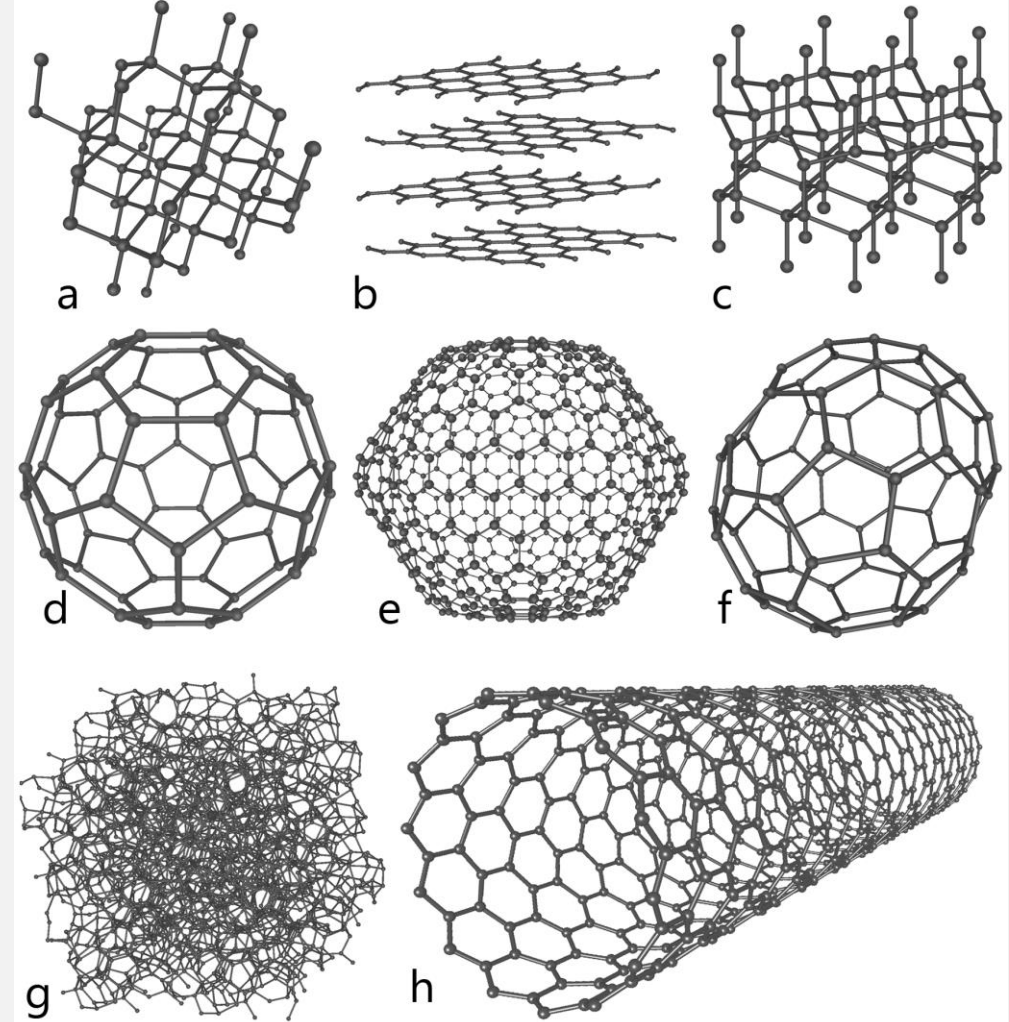
- MADDE NEDİR?**

Kütlesi hacmi ve eylemsizliği olan her şeye madde denir. Maddeler katı, sıvı ve gaz olarak üç değişik halde bulunur. (Şimdilik!)

Örneğin, buz katı, su sıvı, su buharı ise gaz halindedir. Bütün maddelerin eylemsizlik özelliği vardır. Bütün maddelerin hacmi ve kütlesi vardır. Bütün maddeler tanecikli bir yapıya sahiptir.

Maddenin kaynağı tüm evrende olduğu gibi Karbon atomudur.

Kültür Notu: Antimadde hakkında fikir edinin.



Karbonun bazı allotropları: a) elmas; b) grafit; c) altıgen elmas; d-f) fullerener (C₆₀, C₅₄₀, C₇₀); g) amorf karbon; h) karbon nanotüp.

MADDE NEDİR?

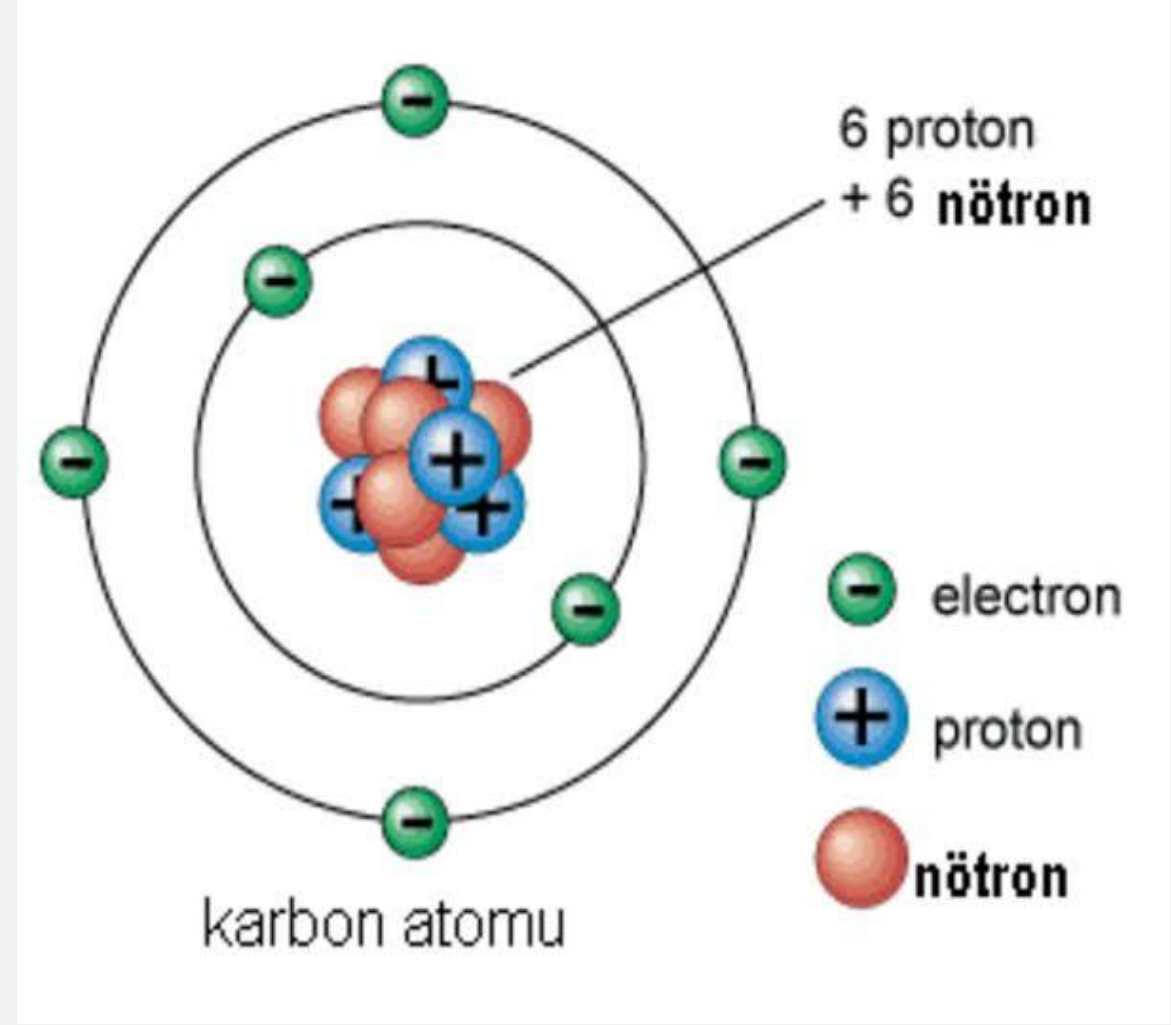
- **ATOMİK DÜZEYDE MADDE**

Şu anki kültür düzeyimiz maddenin en küçük yapı taşının atom olduğunu ispat edebiliyor.

"Atom" terimi, Yunanca'dan gelir ve "bölünemez" manasını taşır.

Çünkü atomun varlığı keşfedildiğinde, evrendeki en küçük şey olduğu ve asla bölünemeyeceği düşünülmüştü.

Daha sonraki çalışmalar atomun daha küçük parçacıklardan meydana geldiğini gösterdi. Bazı ekstrem durumlarda atomun parçalandığı da ortaya çıktı.



Karbon Atomunun Yapısı

MADDE NEDİR?

- **ATOMİK DÜZEYDE MADDE**

Artık atomların üç parçadan meydana geldiğini biliyoruz. Atomu oluşturan üç temel yapı şöyledir:

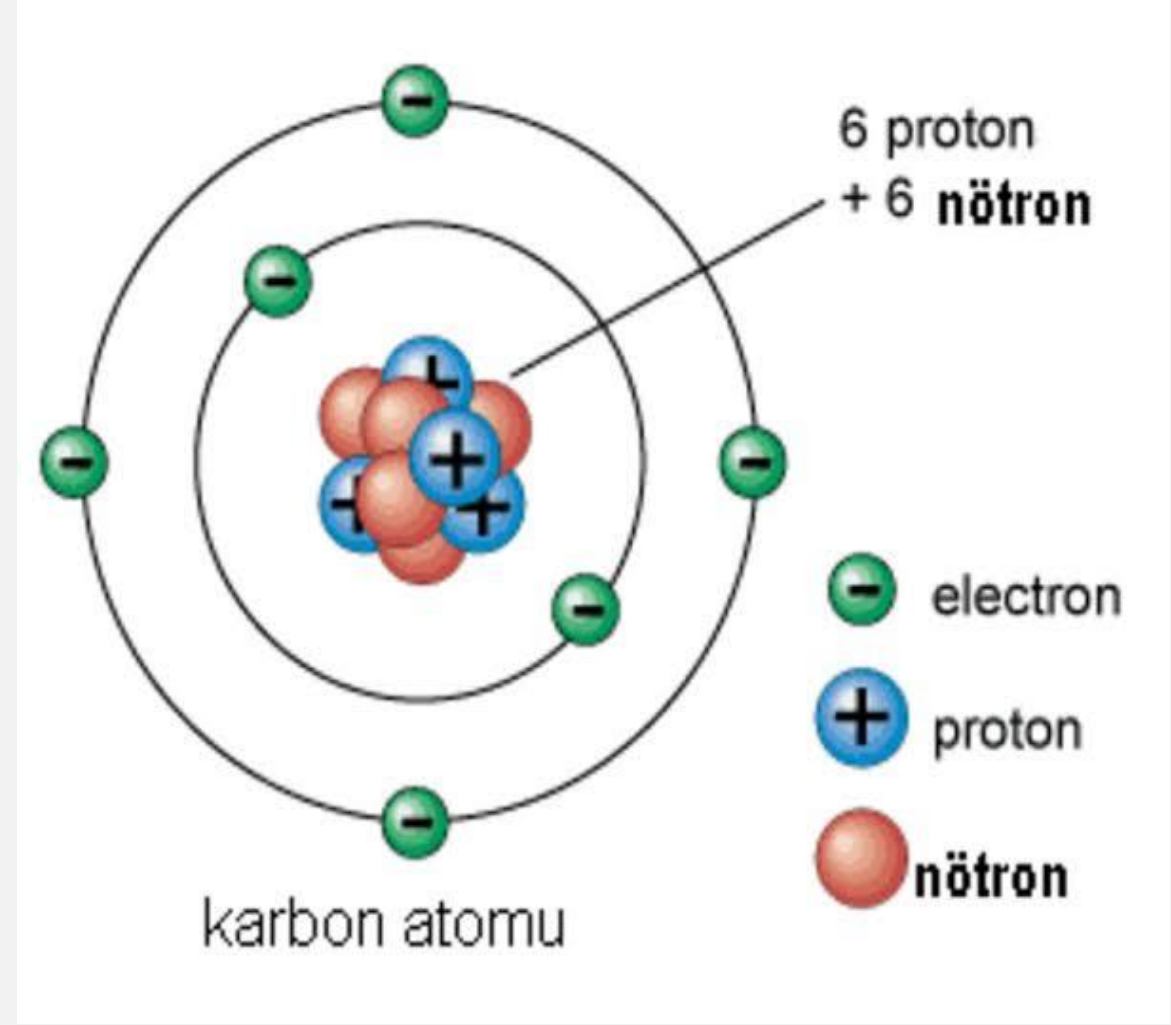
Proton (+)

Nötron (0)

Elektron (-)

Zamanla bu temel yapıların da kuark gibi daha küçük parçacıklardan oluştuğu ortaya çıkmıştır.

Kültür Notu: CERN' de ne yapıldığı hakkında fikir edinin.



Karbon Atomunun Yapısı

MADDE NEDİR?

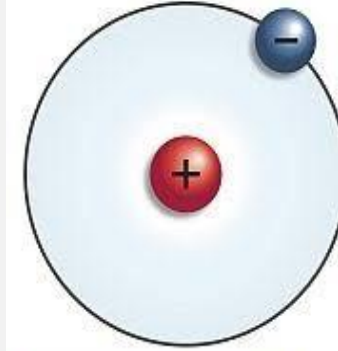
- **ATOMİK DÜZEYDE MADDE**

Protonlar:

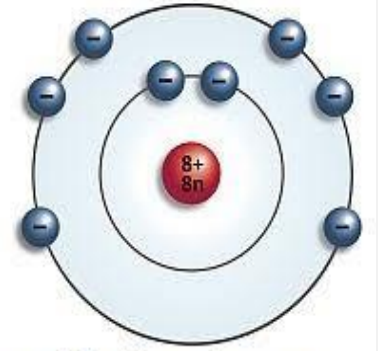
Protonlar atom çekirdeğinde bulunan pozitif yüklü parçacıklardır. Rutherford bunları 1911 ve 1919 yılları arasında gerçekleştirilen katot ışınli t p deneyleriyle keşfetti. Protonun kütlesi 0.9986 akb (nötronun kütlesi 1'e kıyasla) veya 1.673×10^{-27} kg'dır ve nötronlardan biraz daha azdır.

Bir atomdaki proton sayısı, hangi element olduğunu tanımlar.

Örneğin, karbon atomlunun 6 protonu, hidrojen atomunun 1 protonu ve oksijen atomunun 8 protonu vardır. Bir atomdaki protonların sayısı, o elementin atom numarası olarak adlandırılır. Bir atomdaki proton sayısı elementin kimyasal davranışını da belirler. Elementlerin periyodik cetveldeki sıralanışı, artan atom numarasına göredir.



Hidrojen atomu evrendeki en basit element



Oksijen atomu

Hidrojen ve Oksijen Atomlarının Temsili Görseli

MADDE NEDİR?

- **ATOMİK DÜZEYDE MADDE**

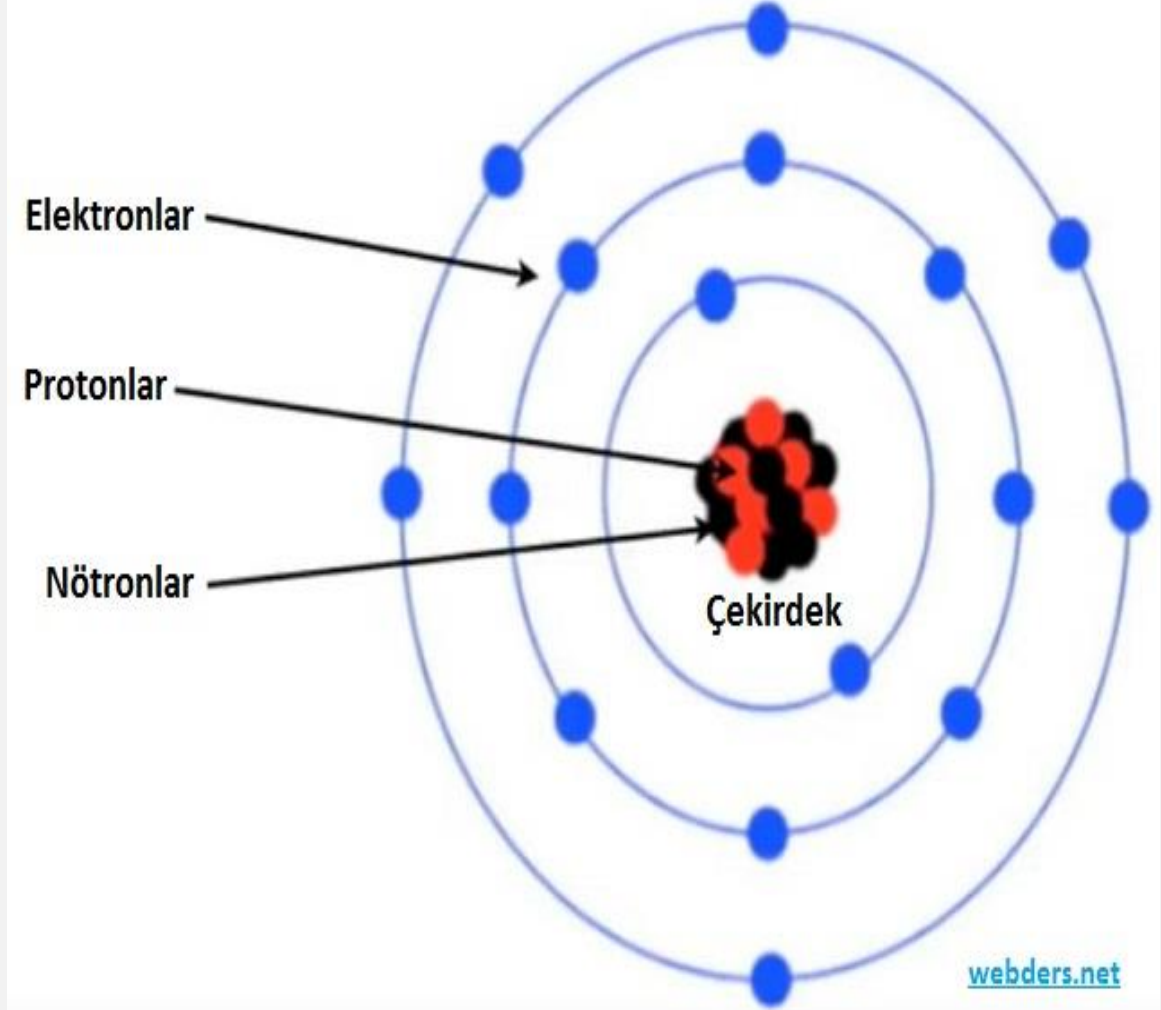
Nötronlar:

Atom çekirdeğinde bulunan yüksüz parçacıklar nötronlardır. Nötron, protonların ve elektronların göreceli kütlelerini bulmak için sabit kütle birimi olarak kullanılır. Nötron 1 amu veya 1.6749×10^{-27} kg'lık bir fiziksel kütleye sahiptir. Nötronun varlığı 1920'de Rutherford tarafından «teorize» edildi ve 1932'de Chadwick tarafından keşfedildi.

Elektronlar:

Kütlesi ihmal edilecek kadar az olan negatif (-) yüklü atom parçacıklarıdır.

Bir elektronun kütlesi 9.109×10^{-31} kg şeklindedir. Elektronlar atomun çekirdeğinde değil yörüngelerinde bulunurlar. Sürekli hareket eden elektronların bir an için nerede bulunduğunu keşfetmek zordur.



Atom Çekirdeğinin Temel Temsili Görseli

MADDE NEDİR?

- **ATOMİK DÜZEYDE MADDE**

Elektronlar, özellikle dış yörüngedekiler, atomun:

Elektriksel

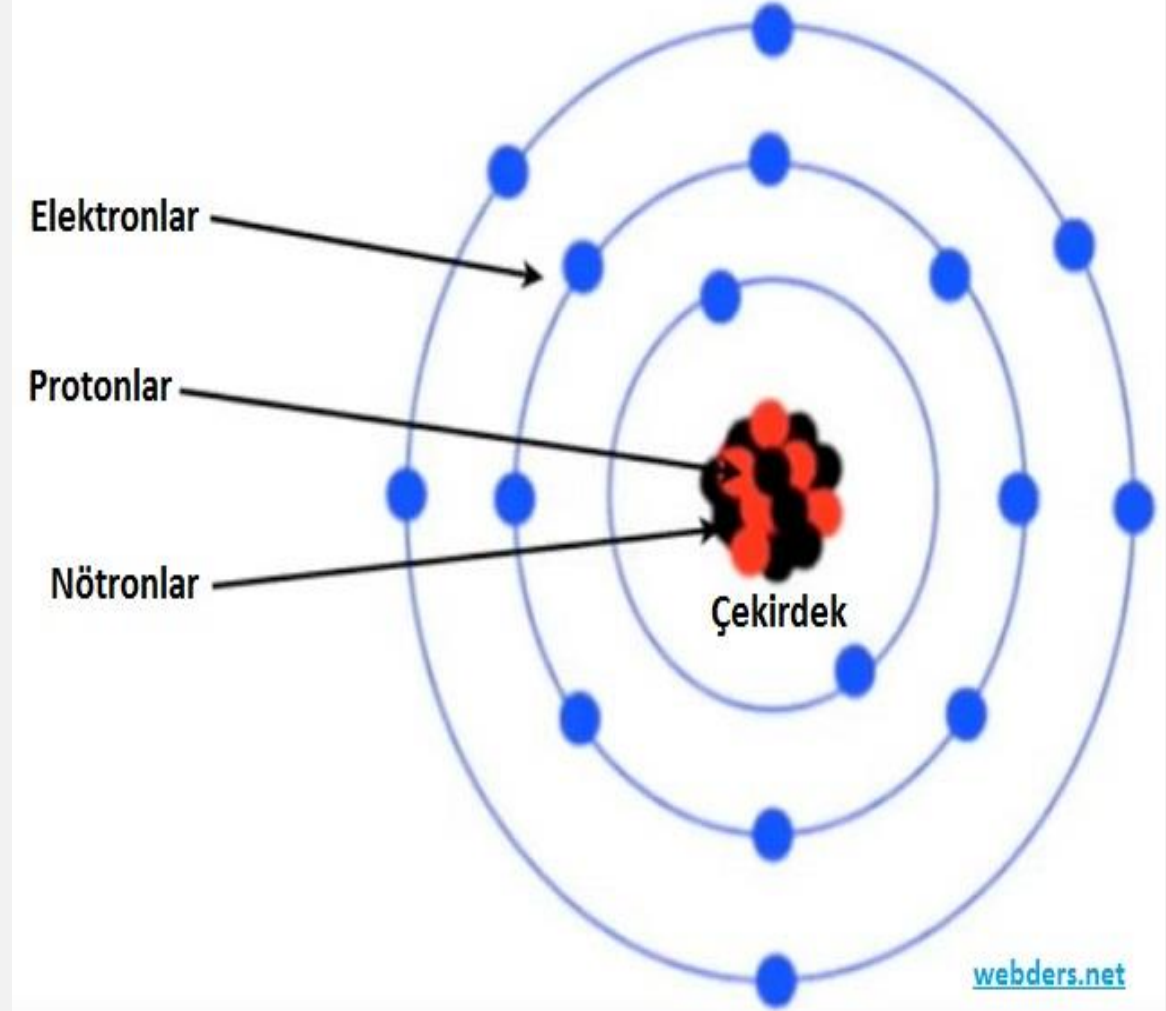
Mekanik

Kimyasal

Isıl

Özelliklerini belirlediğinden atom yapısının bilinmesi mühendislik malzemelerini incelemeye önem taşır.

Kültür Notu: CRT tüpü (TV TÜPÜ) hakkında fikir edinin.



Atom Çekirdeğinin Temel Temsili Görseli

MADDE NEDİR?

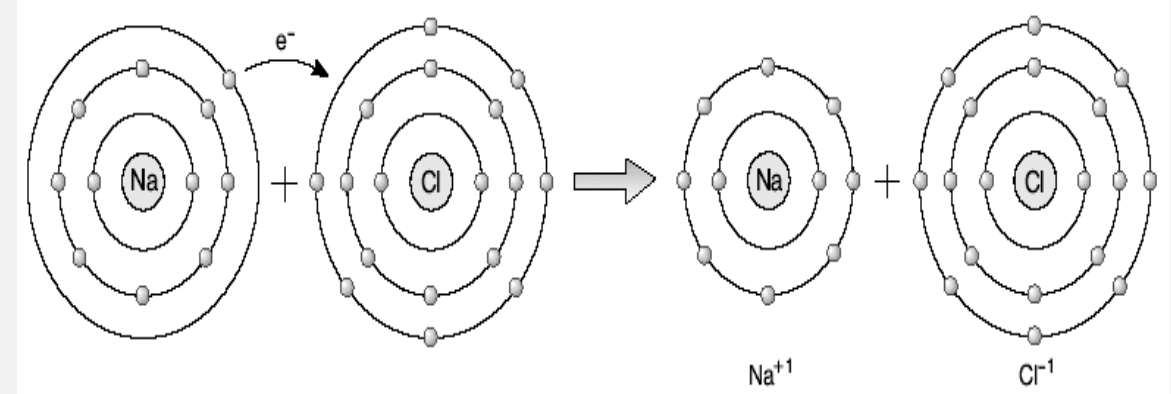
- ATOMLAR BİR BİRİNE NASIL TUTUNUR**

İyonik bağ:

İyonik bağın temelinde, zıt elektrik yüküne sahip iyonlar arasındaki elektrostatik çekim kuvveti yatıyor.

Bu bağın doğasını anlamak için iki element düşünelim. Birinin en dış yörüngesinde bir elektron (mesela sodyum, Na, gibi), diğerrinin de yedi elektron olsun (mesela klor, Cl, gibi). Eğer Na atomu en dış yörüngesindeki tek elektronu Cl atomuna verebilirse, her iki atom da en dış yörüngesinde sekiz elektrona sahip olabiliyor.

Böylece her iki element de soygaz niteliği kazanarak kararlı duruma geçebiliyor.



Sodyum ve klor atomları arasında iyonik bağ oluşumu

Sodyum ve Klor Arasındaki İyonik Bağ

MADDE NEDİR?

- **ATOMLAR BİR BİRİNE NASIL TUTUNUR**

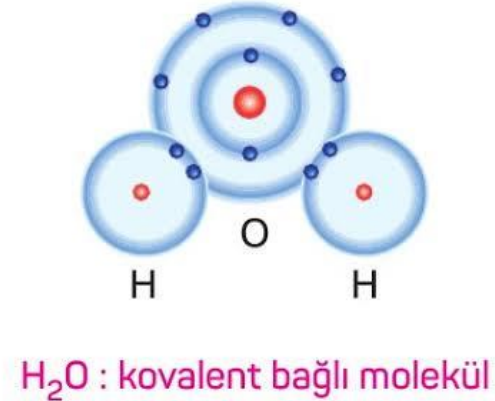
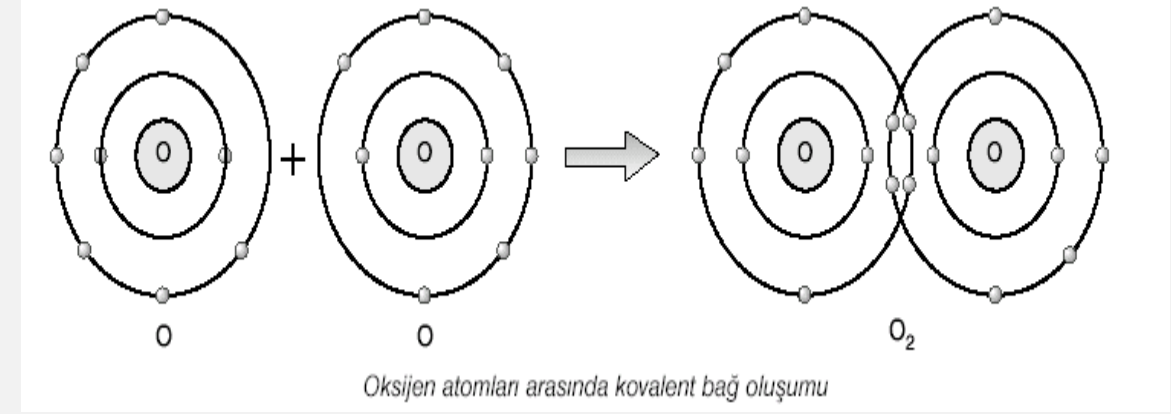
Kovalent bağ:

Elektron ortaklaşması sonucunda oluşan bağa kovalent bağ ve böyle oluşan moleküllere kovalent bağlı moleküller denir.

Molekülü oluşturan elementler aynı ise oluşan moleküle element molekülü, farklı ise bileşik molekülü adı verilir. Kovalent bağlı tanecikler molekül yapılıdır.

Kovalent bağlı molekül oluşması için elementlerin ametal olması gerekir.

Örneğin iki oksijen atomu kovalent bağ oluşturacak şekilde bir araya geldiğinde, her ikisinin de en dış yörüngelerinde sahip oldukları altı elektronun yanında diğerinden gelecek iki elektronun da bulunabilme olasılığı doğuyor.



Kovalent Bağ Oluşumu

MADDE NEDİR?

- **ATOMLAR BİR BİRİNE NASIL TUTUNUR**

Metallik bağ:

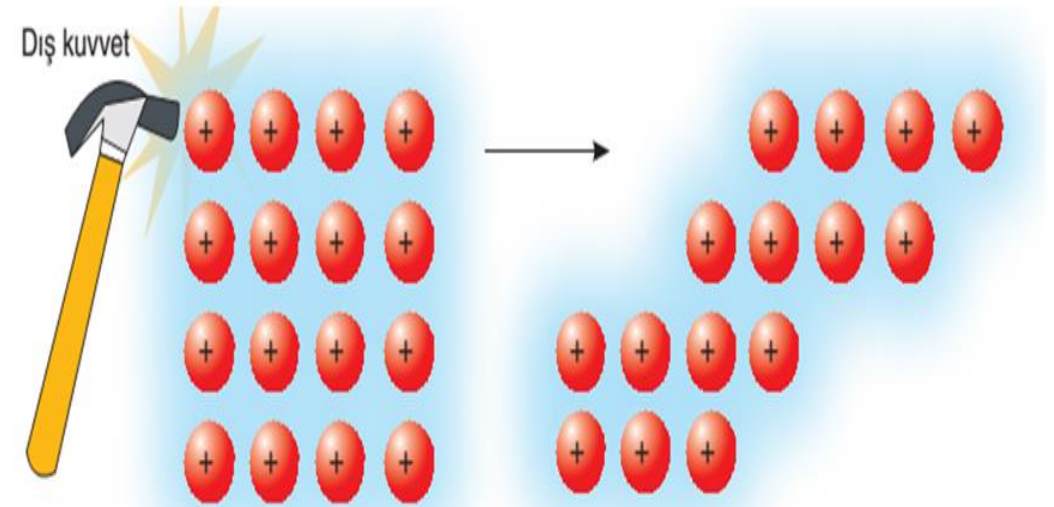
Bir atomun en dış yörüngesinde dörtten daha az sayıda elektron bulunuyorsa, diğer atomlarla bir ya da birkaç çift elektron paylaşarak soygaz niteliği kazanması, yani en dış yörüngesine sekiz elektron alabilmesi mümkün olmuyor.

Çünkü sekiz elektrona ulaşabilmesi için o kadar çok atomla bağ kurması gerekiyor ki, o kadar çok sayıda atomu çevresine sığdıramıyor.

Pozitif yüklü atomlar arasında oluşan, serbest elektronların yer değiştirerek paylaşıldığı bir kimyasal bağ türüdür.

Kovalent ve iyonik bağlardan farklı olarak metallik bağlar, metal atomları arasında oluşan kimyasal bağdır.

Metallik katyonları, elektron denizi ile sarılı olduğu için bir çekiç darbesiyle bazı katyonların yeri değiştirildiğinde hareketli elektronlar da katyonlarla birlikte kayar. Böylece elektron denizi atomların dağılmayıp yeni yerlerinde kalmalarını sağlar



Metallik Bağ Oluşumu

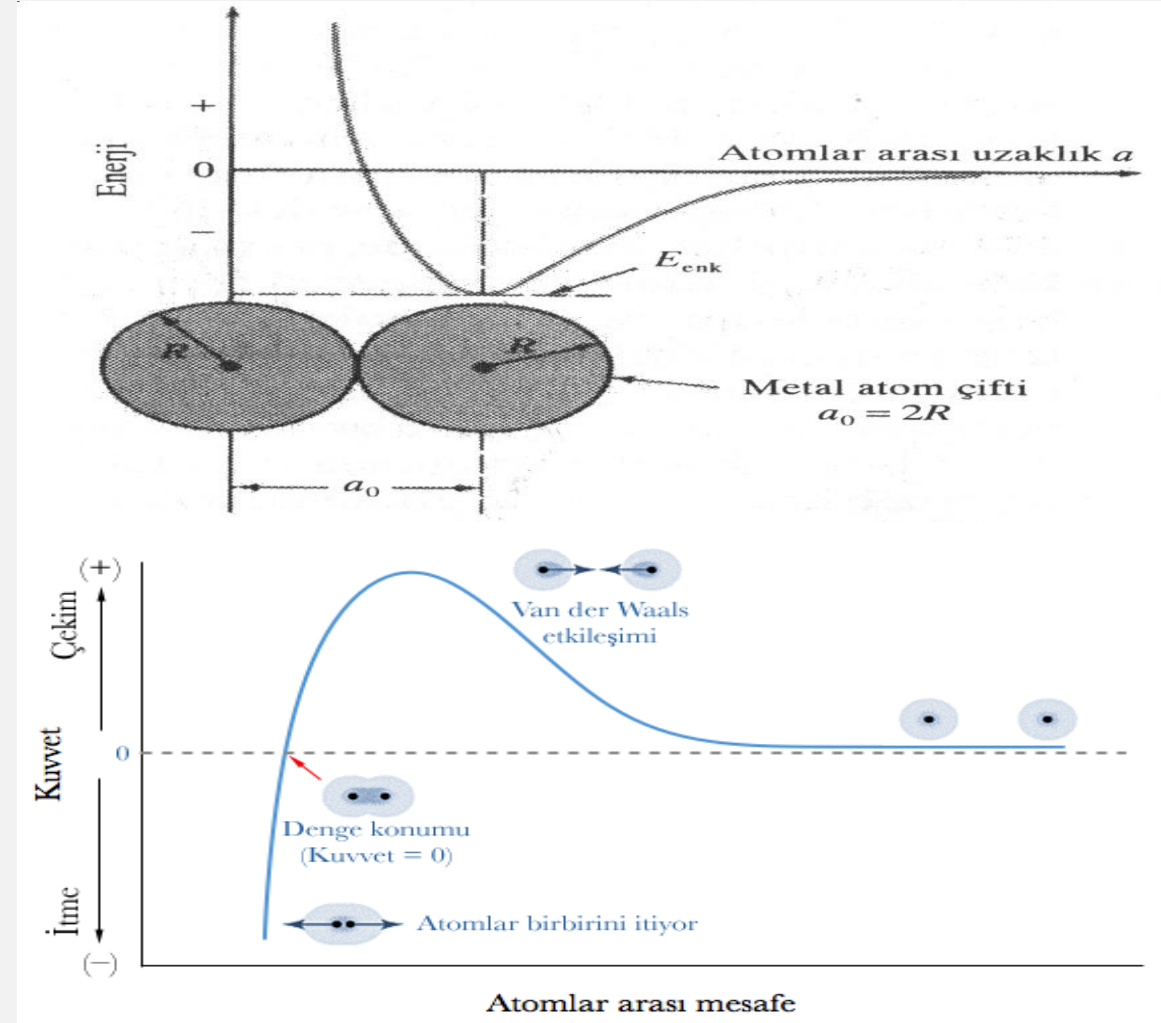
MADDE NEDİR?

• ATOMLAR BİR BİRİNE NASIL TUTUNUR

Birbirinden (kendi ebatlarına kıyasla) uzak duran iki atom düşünelim. Aralarındaki mesafe nedeniyle elektron paylaşamayan bu iki atom arasında sadece Van der Waals etkileşimi mümkün olabiliyor. Bu etkileşim nedeniyle iki atomun birbirine doğru hareket etmeye başladığını, bir noktadan sonra en dış yörüngelerindeki elektronları paylaşabilecek kadar yakınlaştığını ve aralarında bir bağ kurulduğunu farz edelim.

Bağ kurulduktan sonra iki atom eğer daha da yakınlaşırsa, atomların elektron yörüngeleri üst üste binmeye başlayacağı için bu sefer birbirlerini itmeye başlayacaklar; yani daha fazla yakınlaşmak istemeyecekler.

Fakat aralarında bir bağ kurulduğu için birbirlerinden tekrar ayrılmaları da mümkün olmayacak. Sonuç olarak atomlar zıt etki gösteren bu iki kuvvet tarafından dengelenerek, birbirlerinden belli bir uzaklıkta konumlanmak zorunda kalacaklar. Bu mesafeye iki atom arasındaki denge mesafesi adını veriyoruz.



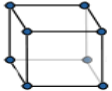
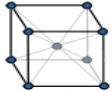
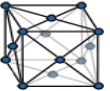
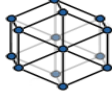
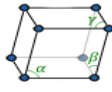
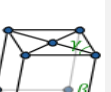
Atomlar Arası Çekim Enerjisi ve Mesafe İlişkisi

MADDE NEDİR?

- ATOMLAR BİR BİRİNE NASIL TUTUNUR**

Metalik bağın herhangi bir yöne doğru kurulabiliyor olmasının sağladığı bir kolaylıktan bahsederek başlayalım. Metalik bağın bir yön kısıtlamasının olmaması sayesinde, atomları üç boyutlu düzen içerisinde birer küre olarak tarif edebiliyoruz.

Bu tasvir atomların yapısını her ne kadar çok basite indirgiyor olsa da, kristal yapıları kolay bir şekilde tarif edebilmemiz açısından büyük kolaylık sağlıyor. Bu ve ilerleyen konularda biz de bu basitleştirmeden faydalanarak, atomları birer küre olarak göstereceğiz.

7 Kafes Sistemi	14 Bravais Kafes Yapı			
	Temel yapılar	Hacim merkezli yapılar	Yüzey merkezli yapılar	Taban merkezli yapılar
Kübik				
Hegzagonal (altıgen)				
Rombohedral				
Tetragonal				
Ortorombik				
Monoklinik				
Triklinik				

Metallerin Kristal Yapı Varyasyonları

MADDE NEDİR?

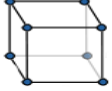
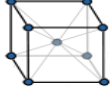
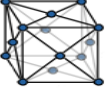
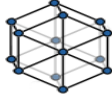
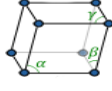
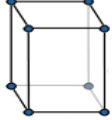
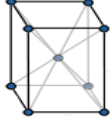
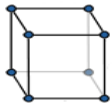
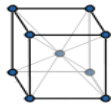
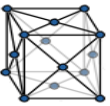
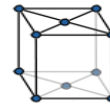
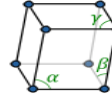
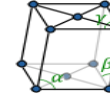
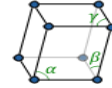
- ATOMLAR BİR BİRİNE NASIL TUTUNUR**

Metaller toplam yedi farklı kristal yapı düzeninde karşımıza çıkıyorlar.

Bu yapıların her biri, üç boyutlu atom düzeninin indirgenebildiği en küçük simetriyi tarif ediyor. Bu indirgenmiş yapılara malzeme biliminde birim hücre (İngilizce: unit cell) adını veriyoruz.

Bu kristal sistemlerden bazıları kendi içlerinde de ufak varyasyonlar gösterebiliyor.

Bu varyasyonlara, bu yapıları ilk tarif eden Fransız fizikçi Auguste Bravais'e ithafen Bravais kafes yapı adını veriyoruz. Aşağıdaki resimde yedi ana kristal sistemi ve on dört Bravais kafes yapıyı görebilirsiniz.

7 Kafes Sistemi	14 Bravais Kafes Yapı			
	Temel yapılar	Hacim merkezli yapılar	Yüzey merkezli yapılar	Taban merkezli yapılar
Kübik				
Hegzagonal (altgen)				
Rombohedral				
Tetragonal				
Ortorombik				
Monoklinik				
Triklinik				

Metallerin Kristal Yapı Varyasyonları

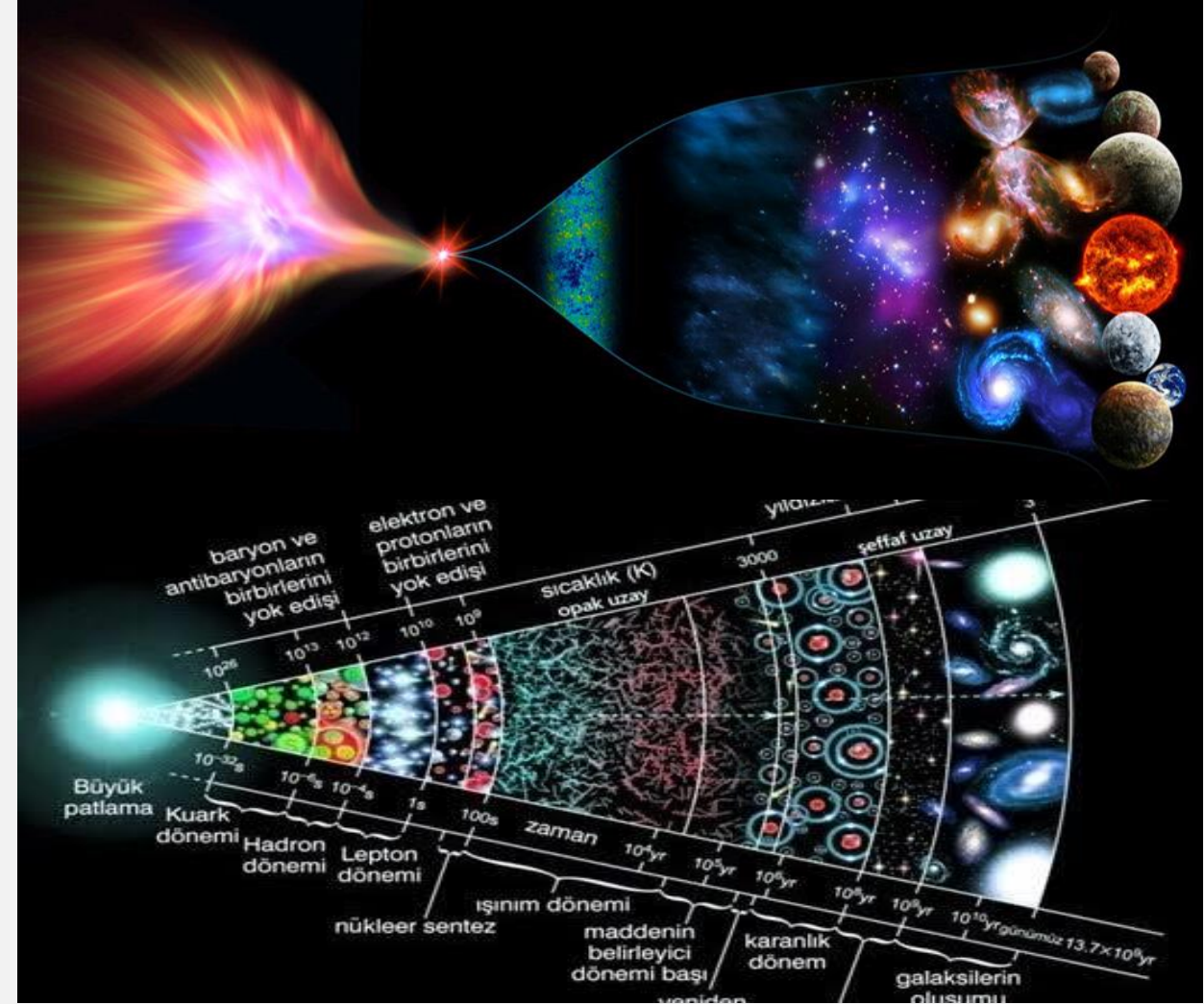
MALZEME NEDİR?

- **GENEL ANLAMDA MALZEME KAVRAMI**

Madde ve davranışı hakkında teknik anlamda yorumlamamızı sağlayan en önemli kriterin, maddeyi atomik düzeyde anlamamız gerektiği gerçeğini kabul etmeliyiz.

Ancak mikro düzeyde anlayabildiğim bir yapının makro boyuttaki davranışı temellendirebiliriz.

Atomlar maddenin, maddeler de malzemelerin temel yapı taşı oluşturduğuna göre, bu yaklaşım malzemeyi de daha iyi anlamamızı sağlayacaktır.



Mikro Yapıdan Makro Yapıya Maddenin (Evren) Oluşumu

YAPI MALZEMESİ NEDİR?

- ÖZEL ANLAMDA YAPI MALZEMESİ KAVRAMI

İnsanlık var olduğu müddetçe geçmişte olduğu gibi gelecekte de yapılara ve *bu yapıları meydana getiren yapı malzemelerine* gereksinim duyulacaktır. Yapı inşaatı için kullanılan malzemelere de bu yaklaşımla yapı malzemesi demek yanlış olmaz.

Bu durumda insanların korunma, barınma, ulaştırma ve depolama amaçlı yapılarda kullanacağı yapı malzemesinin teknik özellikleriyle beraber en iyi şekilde tanınması gerekmektedir.

Özellikle günümüz yapı maliyetlerinin artması nedeniyle kullanılacak malzemelerin fiziksel, kimyasal, termik ve teknolojik bazı durumlarda akustik ve mekanik özelliklerinin iyi belirlenmesi önem arz etmektedir.



Genel Hatlarıyla Yapı Malzemesi ve Yapı Görseli

YAPI MALZEMESİ NEDİR?

- **YAPI MALZEMESİ BİLİMİ**

Yapı malzemelerinin fiziksel, mekanik ve kimyasal özelliklerini, üretim şekillerini, kullanım sırasındaki davranışlarını, amaca uygun malzeme seçimini ve geliştirilmesini araştıran ve öğreten bilim dalına Yapı Malzemesi adı verilir.

Bir yapının ömrü yalnızca projesinin iyi olmasına ve işçiliğine bağlı değildir. En önemli faktör yapıda kullanılacak olan malzemelerin iyi seçilmesi, denetlenmesi, iyi işçilikle yerine konması ve bakımudur.

Genelde bir yapının inşaat bedelinin yaklaşık % 65 75'ini malzeme giderleri oluşturur. **Bu oran malzeme biliminin önemini ortaya koyar.**



Yapı Malzemesi – Tuğla ve Kum

YAPI MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

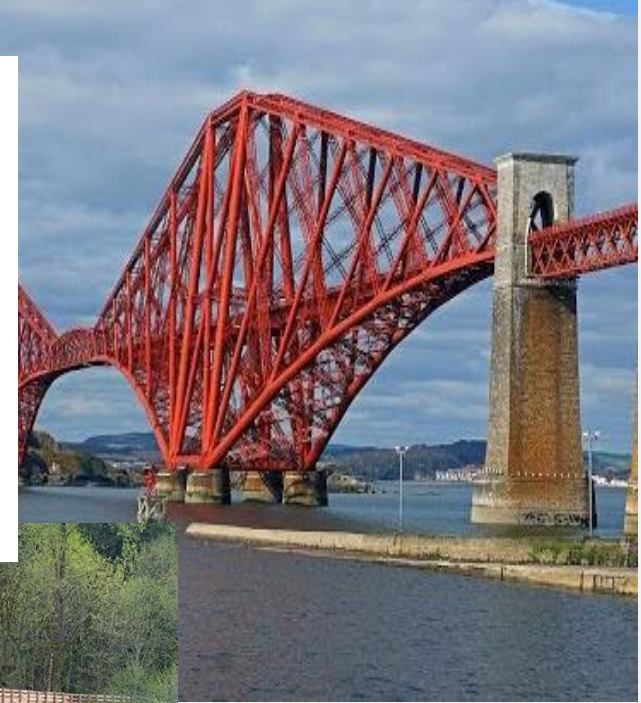
- **KULLANIŞ YER ve AMACINA GÖRE SINIFLAMA**

1. TAŞIYICI MALZEMELER

Bu gruba giren yapı malzemeleri, yapıyı ayakta tutan, yükleri karşılayan, yapının iskeletini oluşturan beton, çelik, betonarme, ahşap gibi mekanik özellikleri yüksek olan malzemelerdir.

Bu malzemeler, konstrüksiyonun ana omurgasını oluşturduğu için mühendislik özelliklerinin standartlara uygun olması gerekmektedir.

Kültür Notu: Konstrüksiyon kavramı hakkında fikir edinin.



The Great Forth Rail Bridge, Scotland

Western Wood Structures

YAPI MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

- **KULLANIŞ YER ve AMACINA GÖRE SINIFLAMA**

2. DETAY MALZEMELER

Bu malzemeler yapılarda belirli işlevleri olan ve dekoratif amaçlarla kullanılan cilalı taş, boya gibi malzemelerdir.

Bu malzemelerin de seçiminde teknik standartlar ve azami kalite gözetilmelidir. Her ne kadar alelade bir malzeme gibi algılansa da, yapı ömrü boyunca servis hizmetini en iyi şekilde yerine getirmesi gerekir.



Duvar Kaplama Detay Malzemesi

YAPI MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

- **KULLANIŞ YER ve AMACINA GÖRE SINIFLAMA**

2. KORUYUCU MALZEMELER

Yapıyı olumsuz çevresel etkilerden koruyan, cam elyafı, perlit, bitümlü malzemeler gibi sesi, ısıyı ve rutubeti (su) izole etme yeteneğine sahip malzemelerdir.

Bazı malzemeler ise çok amaçlı olarak kullanıldığı için, bu grupta kesinlik taşımaz. Örneğin, boya malzemesi hem detay hem de izolasyon amaçlıdır.



Bitümlü Membran, Perlit, EPS Köpük, Cam Lifi (Elyafı)

YAPI MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

- **ŞEKİL DEĞİŞİMİNE GÖRE SINIFLAMA**

1. ELASTİK MALZEMELER

Dış yük etkisi altında deforme olup, dış yükten kurtulduğunda ilk formuna dönebilen malzemelerdir.

Elastik davranışı en iyi simgeleyen malzeme yaydır. Lastik ve kauçuk da elastik yapıli malzemelere örnek verilebilir.

Kültür Notu: Sismik İzolatörler hakkında fikir edinin.



Sismik İzolatör (Çelikte), Yaylar, Kauçuk, Sismik İzolatör (Betonarmede)

YAPI MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

- **ŞEKİL DEĞİŞİMİNE GÖRE SINIFLAMA**

2. PLASTİK MALZEMELER

Dış yük etkisi altında deforme olup, dış yükten kurtulduğunda ilk formuna dönemeyen malzemelerdir.

Plastik davranışı en iyi simgeleyen malzeme hamurdur.



Betonarme Kirişte ve Kil Hamurunda Plastik Davranış

YAPI MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

- **ŞEKİL DEĞİŞİMİNE GÖRE SINIFLAMA**

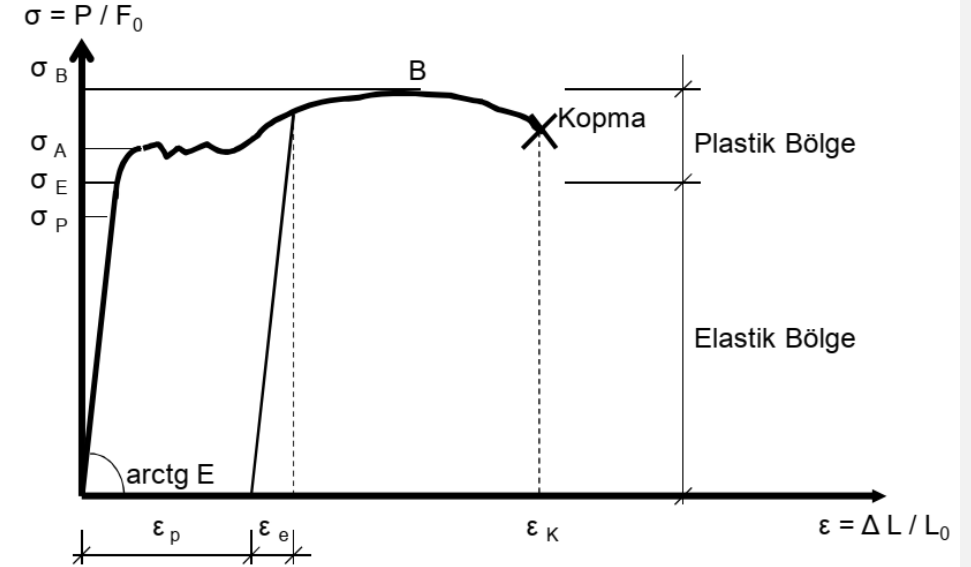
2. ELASTO – PLASTİK MALZEMELER

Yükün etki miktarına göre hem elastik hem de plastik davranış gösterebilen malzemelerdir.

Bu tip malzemeler yükün mertebesine bağlı olarak hem elastik, hem de plastik davranış gösterirler.

Yapı çeliği buna en iyi örnektir.

Gerilme - Şekildeğiştirme Diyagramı



σ_P : Orantılılık Sınırı

σ_E : Elastiklik Sınırı

σ_A : Akma Sınırı

σ_B : Kopma Sınırı

ϵ_K : Kopma Uzaması

ϵ_e : Elastik Şekil Değiştirme

ϵ_p : Plastik Şekil Değiştirme

E : Elastiklik Modülü

Yumuşak Yapı Çeliği Davranışı

YAPI MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

- **BÜNYE BAKIMINDAN SINIFLAMA**

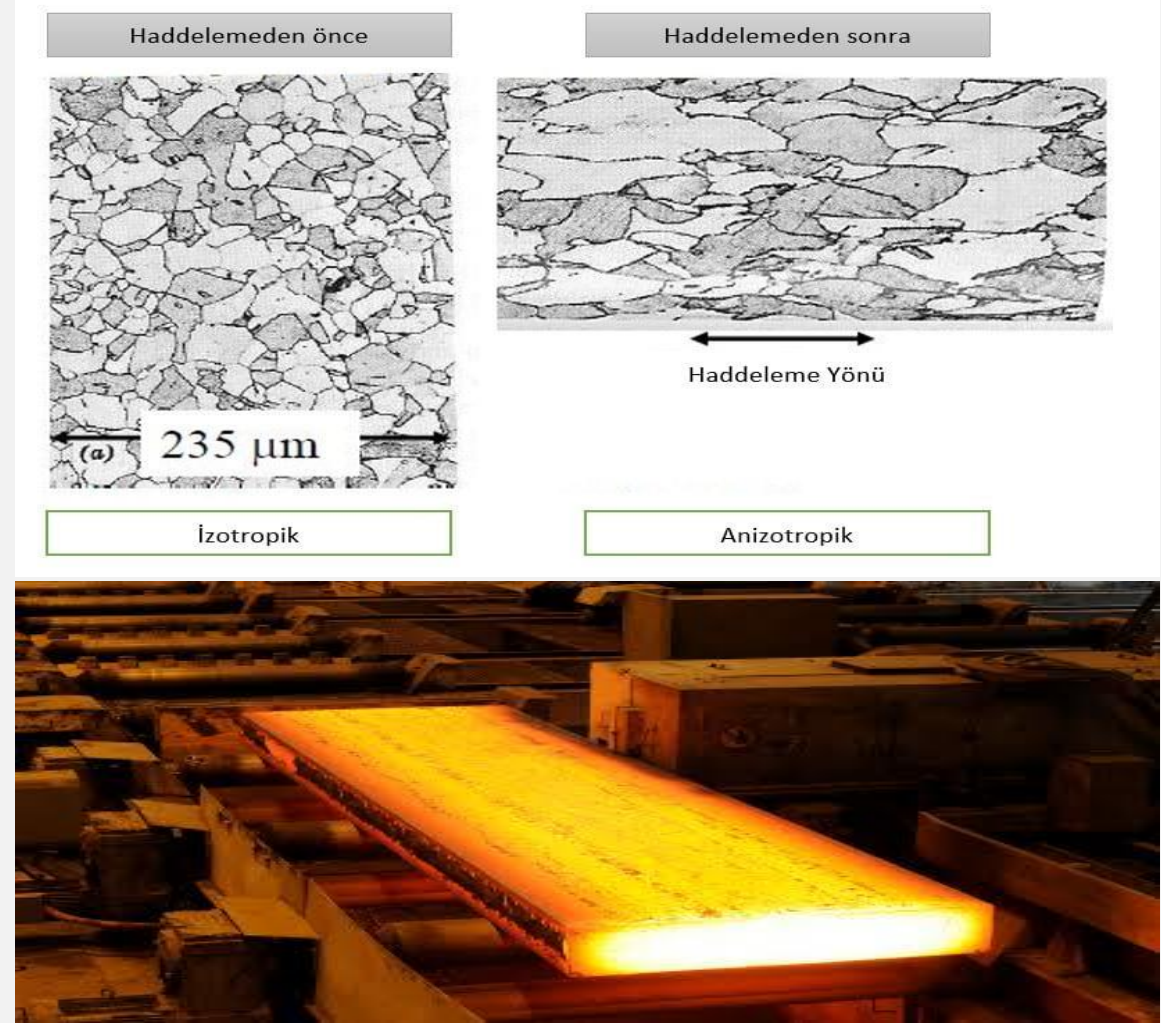
1. FİZİKSEL YAPI

Fiziksel özellikleri açısından malzemeler homojen, heterojen, izotrop ve anizotrop malzemeler şeklinde gruplandırılabilir.

İzotropik Malzemeler: İzotropik malzemelerin özellikleri, yönden bağımsızdır.

Anizotropik Malzemeler: Anizotropik malzemelerin özellikleri yöne bağlıdır.

Bir malzemenin makroskobik ölçüde haddelenmeden önce ve sonra tane oryantasyonları değişebilir.



İzotropiye ve Anizotropiye Örnek Haddelenmiş Metal

YAPI MALZEMELERİNİN SINIFLANDIRILMASI

• BÜNYE BAKIMINDAN SINIFLAMA

2. KİMYASAL YAPI

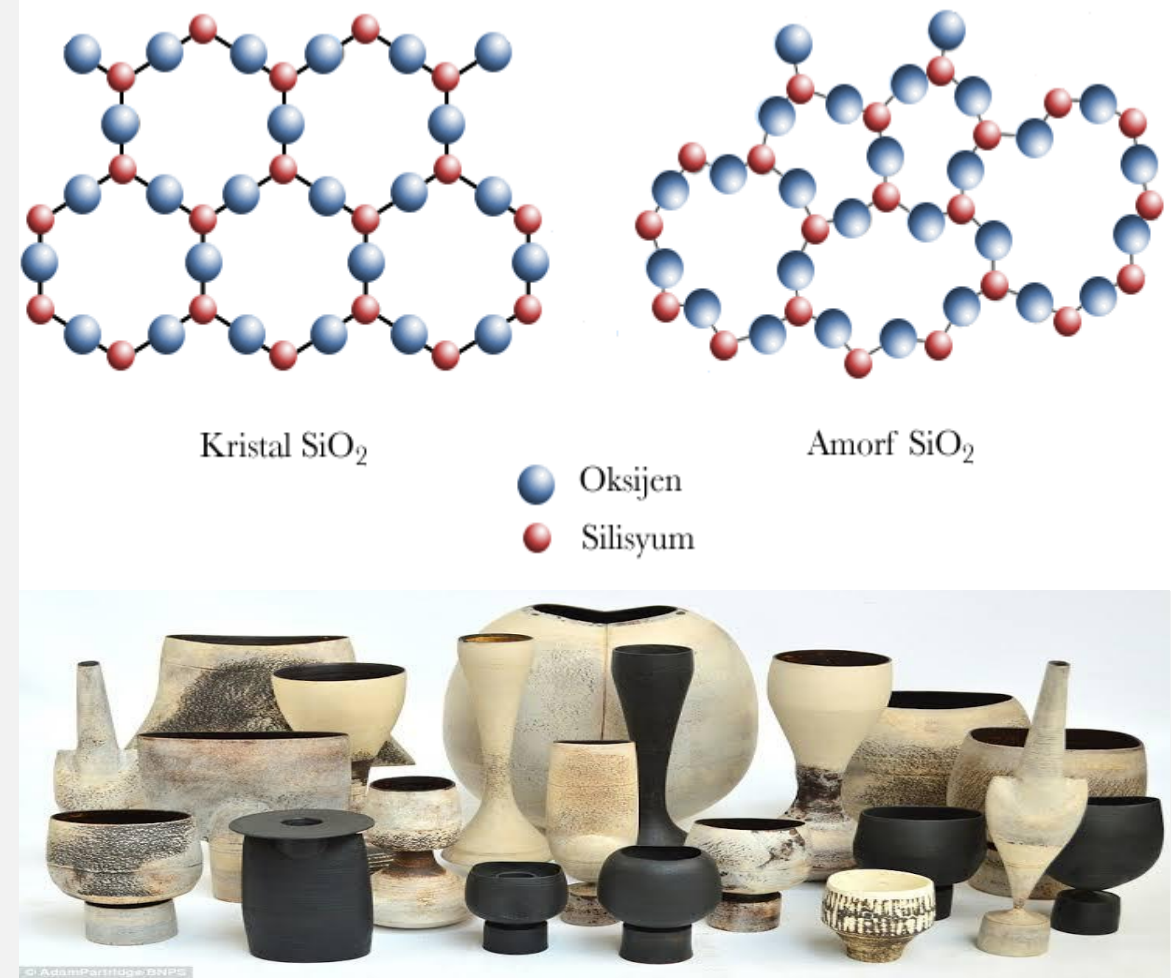
Kimyasal açıdan ise malzemeler metalik (kristal), amorf, bileşik, kolloidal ve seramik yapı şeklinde sınıflandırılabilir.

Metaller: Doğada çoğunlukla oksit, kükürt ve karbonatlı cevherler halinde bulunurlar.

Amorf: Belirli bir kararlı kristal düzene sahip olmayan yapılardır.

Kolloidal: Kolloid, gerçek çözelti ile heterojen karışımlar arasında yer alan ara karışımların adıdır.

Seramik: Seramik bir veya birden fazla metalin, metal olmayan element ile birleşmesi ve sinterlenmesi sonucu oluşan inorganik bileşik.



Kristal ve Amorf Yapı – Seramik Türleri

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- **YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI**

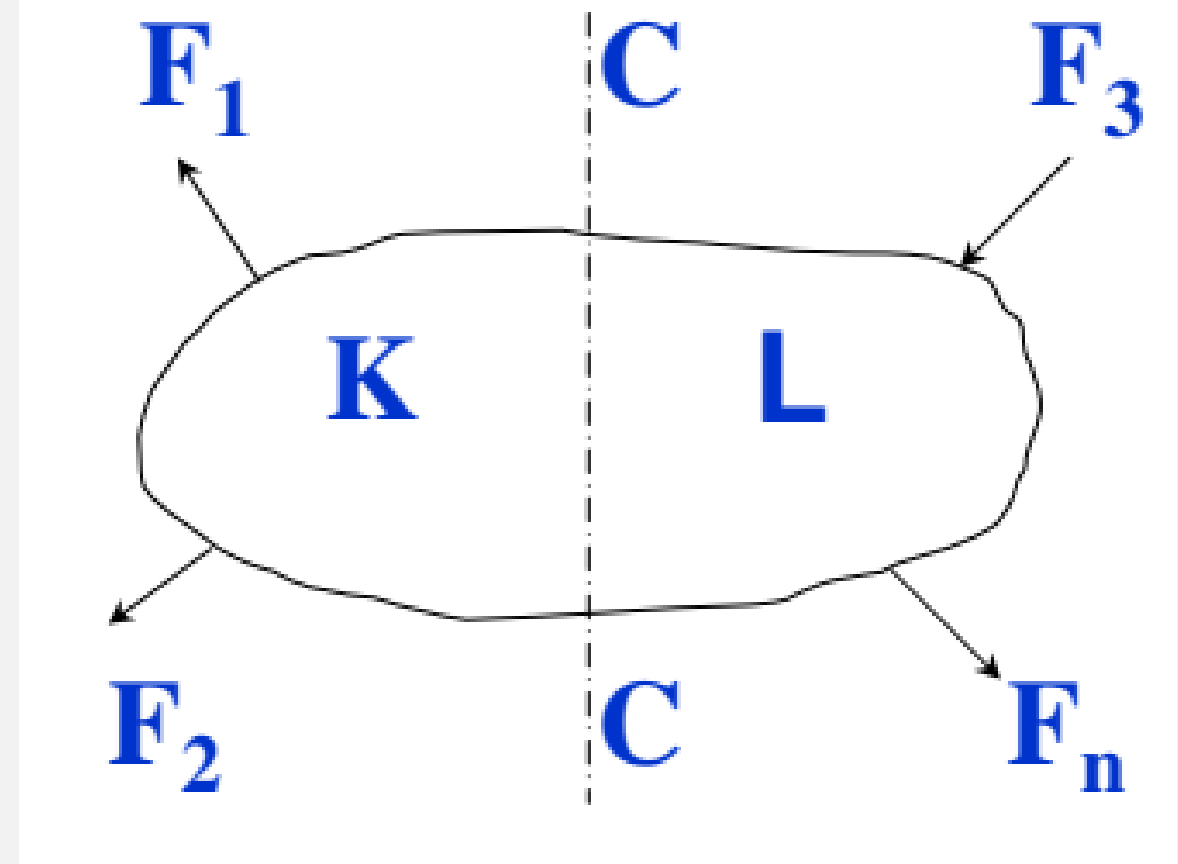
MEKANİK ÖZELLİK NEDİR?

Dış kuvvetlerin etkisi altında değişik zorlamalar karşısında, malzemede oluşan şekil değişiklikleri ve bu etkiler altında malzemenin gösterdiği dayanma gücü özelliklerine mekanik özellikler adı verilir.

Dış kuvvetler altında dengede olan katı bir cisim düşünelim.

Dış kuvvetler cisim içinde her atoma etkiyen yayılı iç kuvvetler oluştururlar.

Bu cisim hayali bir CC kesiti ile K ve L parçalarına ayrılсын ve kesilen iki parça dengede kalsın.



Dış Kuvvet Altında Katı Bir Cisim

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

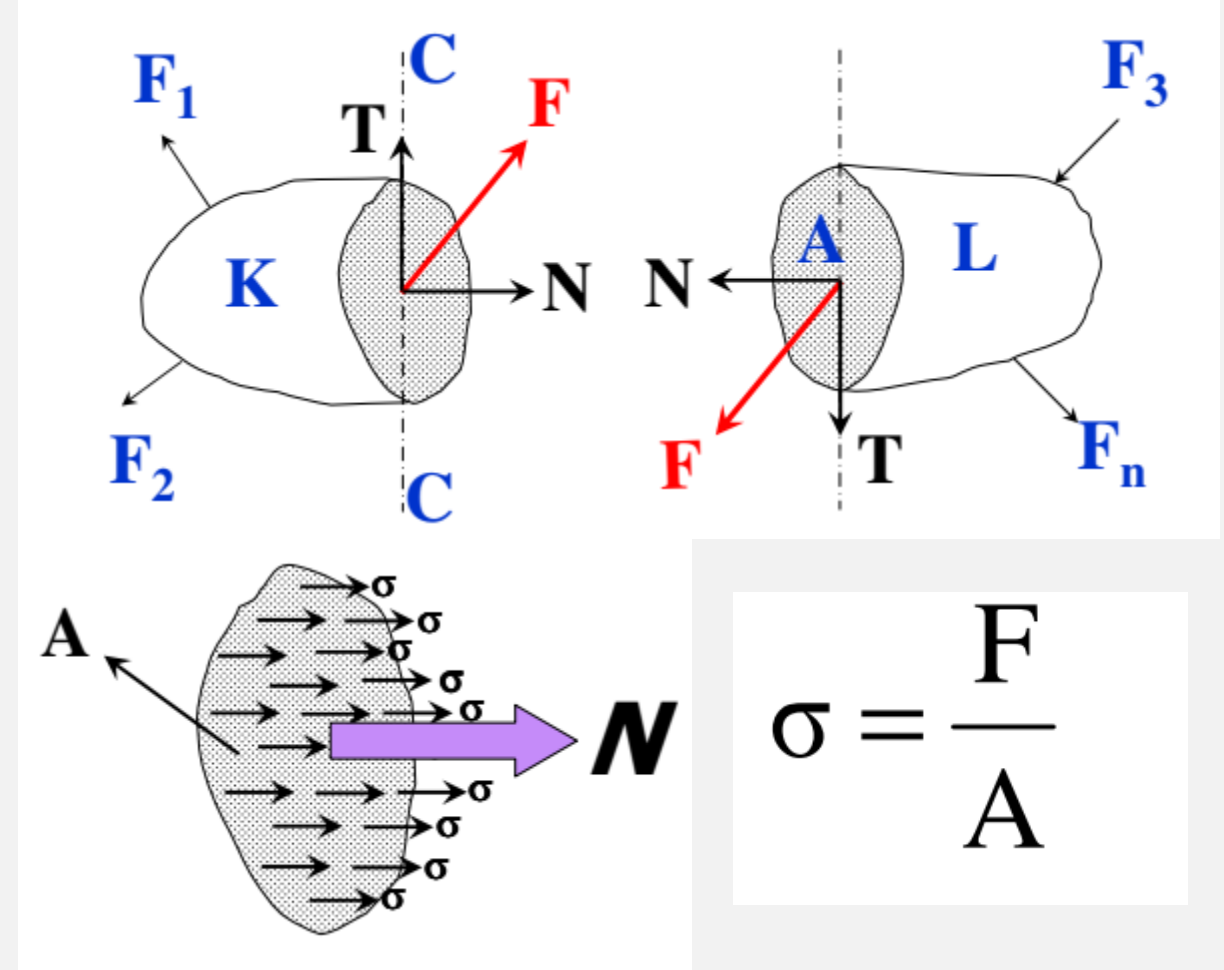
- YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI
MEKANİK ÖZELLİK NEDİR?

F kuvveti kesite dik normal N ve kesit yüzeyine teğet T bileşenlerine ayrılabilir.

Gerçekte N ara kesit düzleminde her atoma etkiyen normal yayılı kuvvetlerin toplamına, T ise yayılı teğetsel (kesme) kuvvetlerinin toplamına eşittir.

Kuvvetler yerine parça boyutundan bağımsız zorlama şiddetini belirten **GERİLME** tanımı kullanılır.

Gerilme en basit şekliyle birim alana gelen kuvvet olarak tanımlanabilir.



$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dış Kuvvetlerin İç Tesirleri
Birim Alana Düşen Kuvvet Miktarı

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

MEKANİK ÖZELLİK NEDİR?

Normal Gerilme:

Çekme veya basınç gerilmesi olarak da tarif edilen gerilme kuvvetidir. Kesme yüzeyine dik etkir.

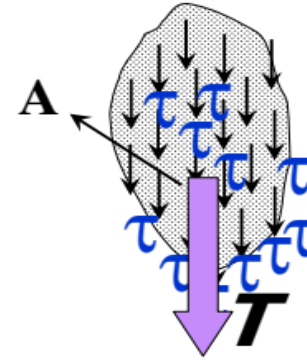
Teğetsel gerilme:

Kesme, kayma veya makaslama gerilmesi olarak da adlandırılan bu gerilme kuvveti kesme yüzeyine paralel etkir.

NORMAL GERİLME:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

**TEĞETSEL GERİLME
(kesme, kayma, makaslama) ise,**



$$\tau = \frac{T}{A}$$

Normal Gerilme
Teğetsel Gerilme

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

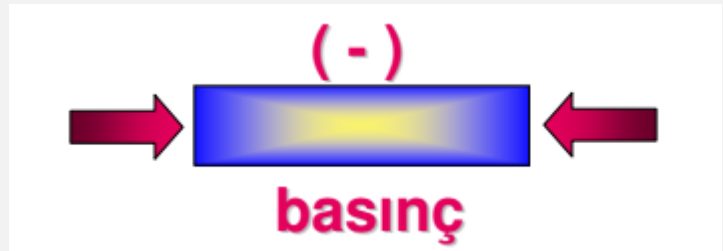
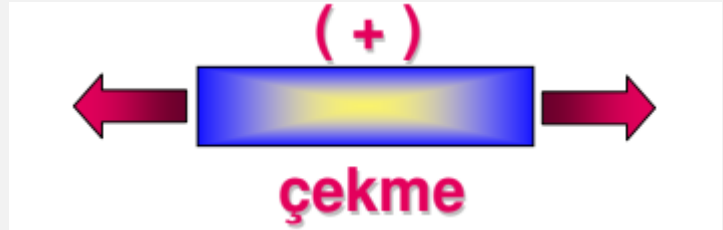
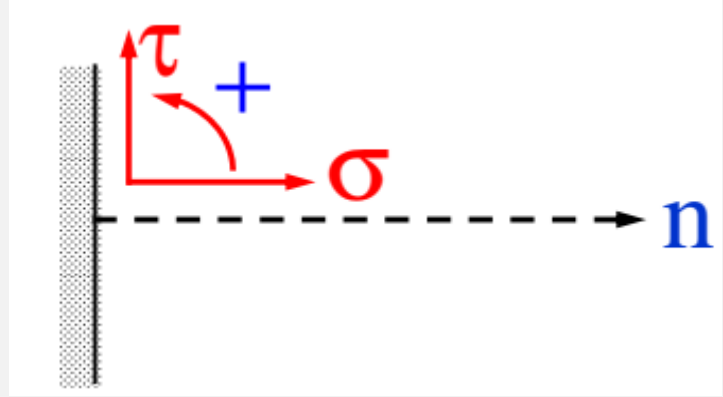
- **YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI**

MEKANİK ÖZELLİK NEDİR?

Pozitif Kayma ve Normal Gerilmeleri

Kesitten uzaklaşan gerilmelere «çekme» gerilmesi denir ve işaret olarak (+) ile gösterilir.

Kesite doğru gelen gerilmelere ise basınç gerilmesi olarak adlandırılır ve işaret olarak (-) ile gösterilir.



Teğetsel ve Normal Gerilme Durumu
Çekmek ve Basınç Gerilmesi

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- **YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI**

MEKANİK ÖZELLİK NEDİR?

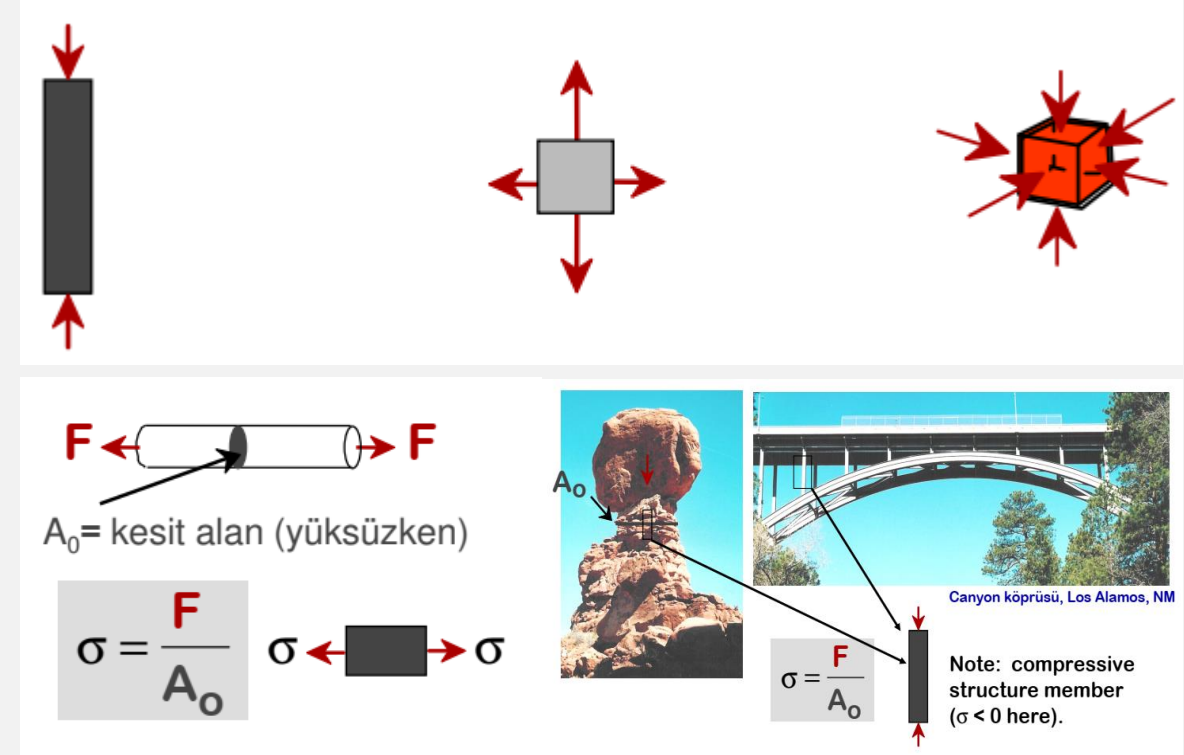
Gerilme bir, iki ve üç eksenli olmak üzere çeşitli şekillerde cismi etkileyebilir.

Basit çekme hali (kablo):

Kablolar yüksek çekme mukavemetine sahip gerilme elemanlarıdır.

Basit basınç hali (kafes):

Düzlem ya da uzay kafes sistemler basit basınç ve çekme elemanlarından meydana gelir.



Bir, İki ve Üç Eksenli Gerilme Hali
Kablo Kesitinde Gerilme Durumu

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- **YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI**

ÇEKME DAYANIMI ve ŞEKİL DEĞİŞTİRME

Bir malzemeye gerilme uygulandığında şekli değişir.

Gerilme kalkınca malzeme eski durumuna geliyor ise elastik şekil değiştirmeye, gelmiyor ise plastik şekil değiştirmeye uğramış denilir.

Dış kuvvetlerin tesiri altında bulunan herhangi bir cismin şeklinde bazı değişiklikler olur. Çok küçük büyüklüklerde olan bu değişiklikler cismin boyut ve açılarında meydana gelir. Bu değerler ancak özel aletlerle ölçülebilir. Ölçüm teknikleri ve şekil değişimi-gerilme ilişkilerinin deneysel olarak incelenmesi ayrı bir bilim dalı (deneysel gerilme analizi) olarak gelişmiştir.



Elastik ve Plastik Şekil Değişirme

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

• YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

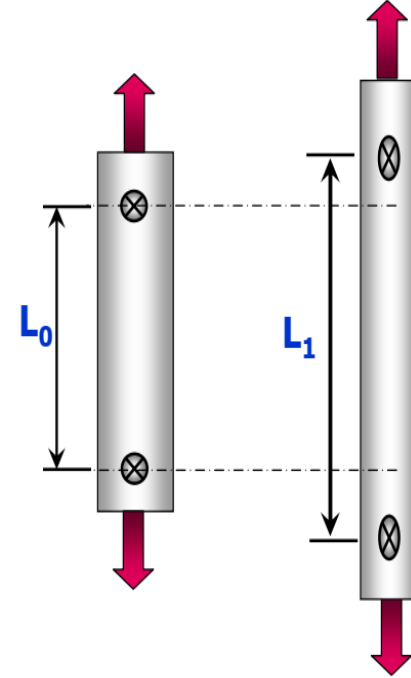
ÇEKME DAYANIMI ve ŞEKİL DEĞİŞTİRME

Boy Değişimi:

Dış kuvvet altına çekmeye uğrayan cisimler boy değişimine uğrarlar.

Akma gerilmesi bilinen bu cisimlerin boy değişim oranı sayesinde Elastisite yetenekleri hakkında bilgi edinilebilmektedir.

BOY DEĞİŞİMİ



✓ Uzama miktarı:

$$\Delta L = L_1 - L_0$$

✓ Birim şekil değiştirme:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$
$$\Rightarrow \varepsilon = \frac{(L_1 - L_0)}{L_0}$$

Boy Değişimi ve Şekil Değiştirme Oranı

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

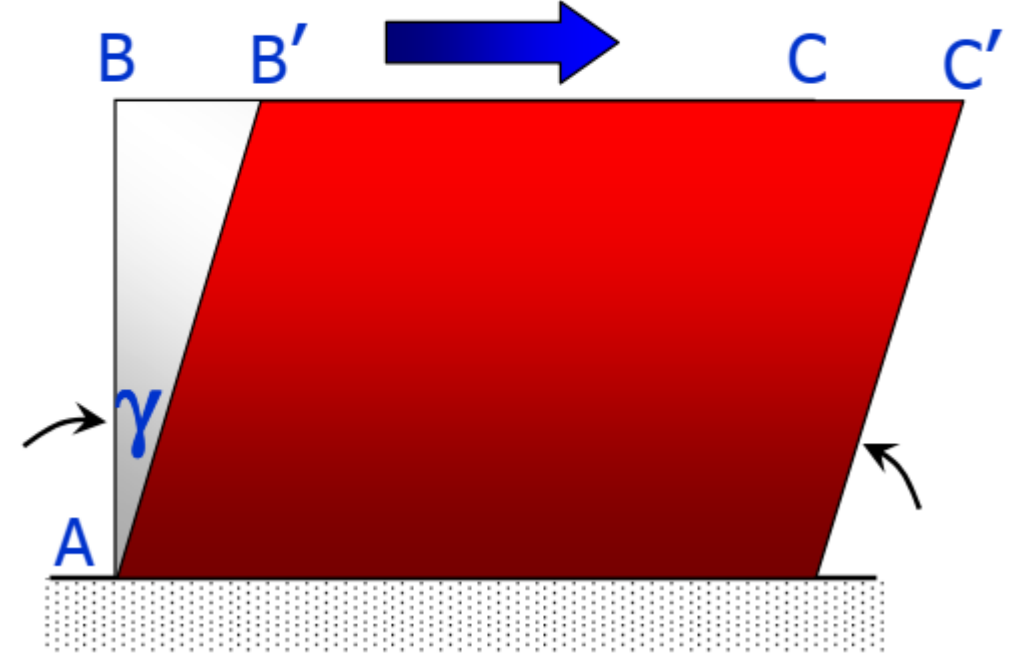
- YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

ÇEKME DAYANIMI ve ŞEKİL DEĞİŞTİRME

Açı Değişimi:

Dik açı olan ADC açısı, kuvvet uygulaması sonucunda 90°'den γ açısı kadar fark eder. Bu değişim miktarına « kayma açısı » denir.

AÇI DEĞİŞİMİ



$$\gamma = \tan (\gamma) = \frac{|CC'|}{|CD|}$$

Kayma Açısı Değişimi

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

YAPISAL MALZEMELERİN GERİLME - ŞEKİL DEĞİŞTİRME EĞRİLERİ

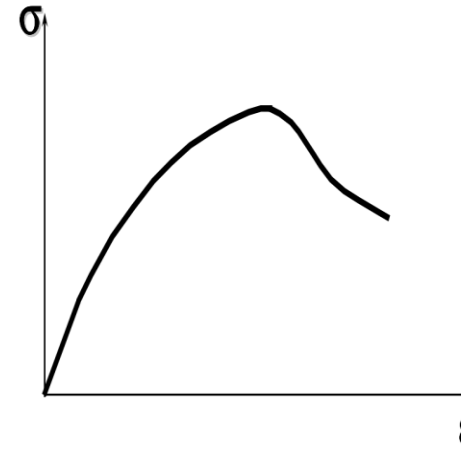
Beton Basınç Dayanım Testi:

STANDART BASINÇ DAYANIMI: Suda saklanmış (laboratuvar şartlarında), 28 günlük standart numunenin eksenel basınç altında ulaşabildiği en büyük gerilmedir. Standart numune silindir (çap: 15 cm, yükseklik: 30 cm) ise silindir basınç dayanımı, küp (15cmx15 cmx15 cm) ise küp basınç dayanımı denir. Dayanım deneyi için ilgili Standardlar:

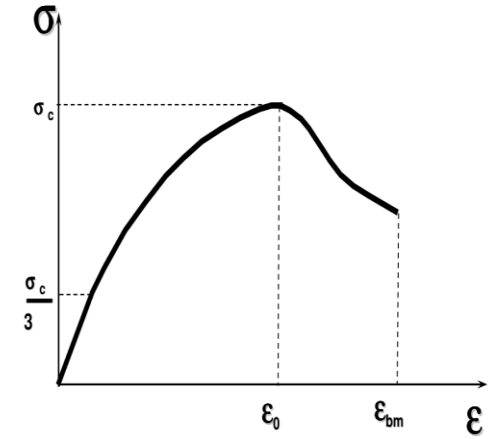
TS EN 12390 serisi.



• BETONUN σ - ϵ DAVRANIŞI



• BETONUN f - ϵ DAVRANIŞI



Betonun Gerilme Şekil Değişirme Eğrisi

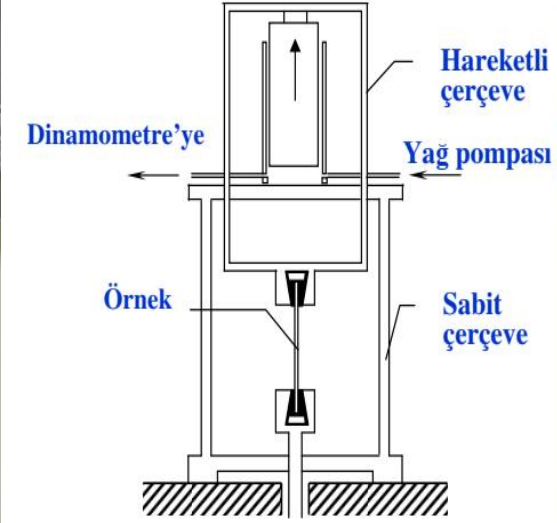
YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

• YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

ÇEKME DENEYİ

Çekme deneyi, malzemelerin eksenî doğrultusunda çekmeye zorlandığı zaman göstermiş olduğu davranışları belirlemek için yapılır.

Bir malzeme eksenî doğrultusunda çekmeye zorlandığında boyu uzar, kesiti daralır. Kuvvet uygulanmaya devam edilip plastik deformasyon bölgesine geçilir ise malzemede bazı değişiklikler olduktan sonra kopma meydana gelir.



$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$$

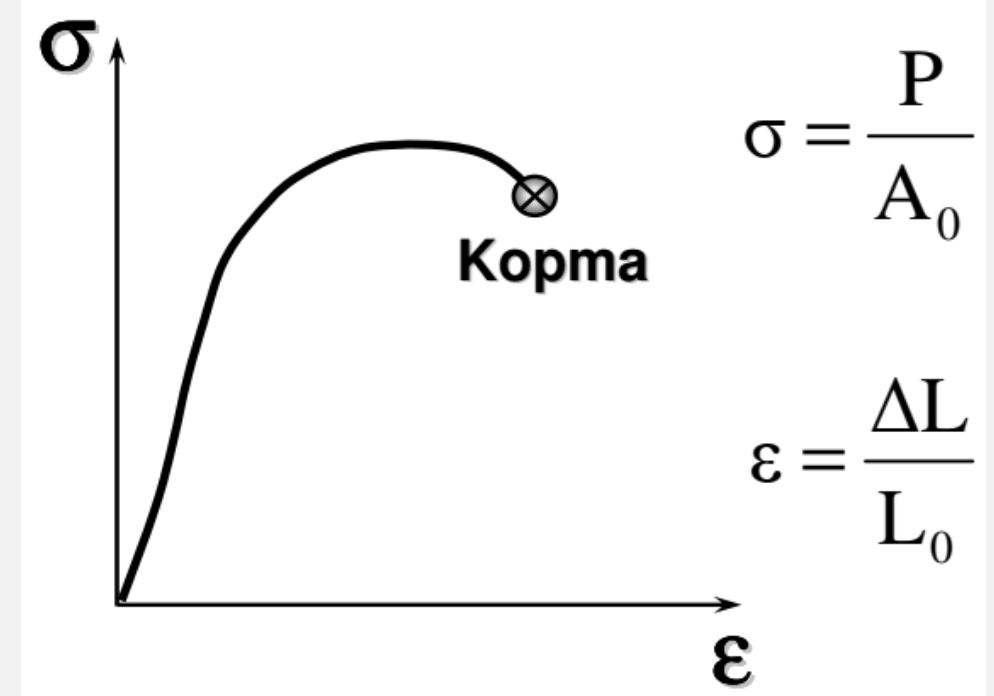
Çekme Deneyi

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- **YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI**

ÇEKME DURUMUNDA GERİLME ŞEKİL DEĞİŞTİRME EĞRİSİ - GÖRÜNÜR

Gerilme, kuvvetin orijinal kesit alanına bölünmesi ile elde edilir. Birim şekil değişimi ise kuvvet uygulanması sırasında oluşan çubuk boy değişiminin, kuvvet uygulanmadan önceki ilk çubuk boyuna bölünmesi ile elde edilir.



Çekme Durumunda Oluşan Görünür Eğri – Çelik İçin

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

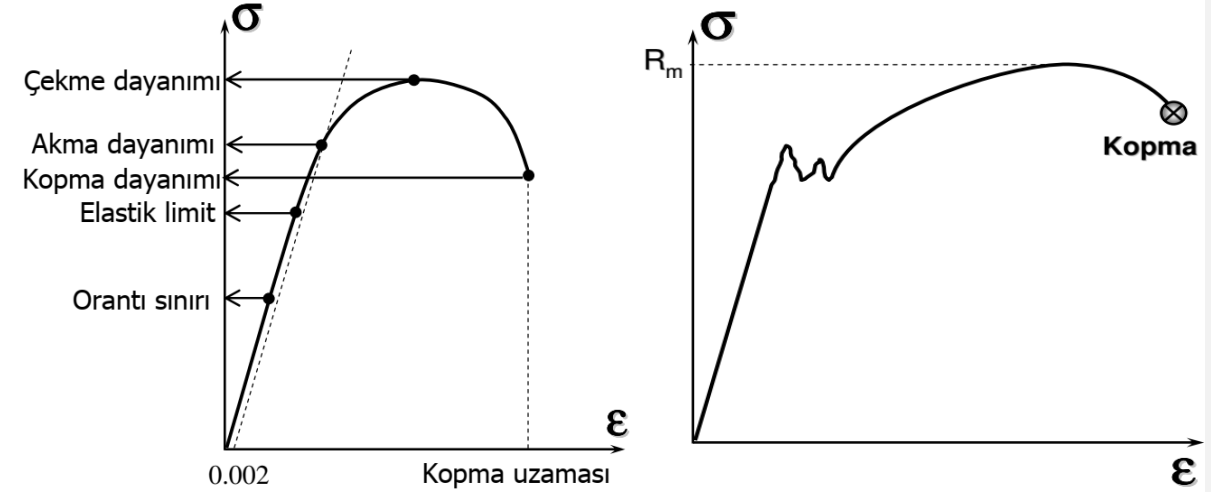
• YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

ÇEKME DURUMUNDA GERİLME ŞEKİL DEĞİŞTİRME EĞRİSİ – GERÇEK

Orantı sınırı: Orantı sınırı gerilmelerin birim şekil değişimlere orantılı olduğu bölgenin en büyük gerilme değeridir. Başlangıçtan eğriye teğet çizilerek, teğetten ilk sapmanın görüldüğü yerde orantı sınırı gözlenir.

Hooke Kanunu:

Çelik malzemenin akma sınırına kadar lineer bir doğru oluşturması durumunda kırmızı art alan ile gösterilen denklemden de görüleceği üzere gerilme ve şekil değiştirme arasında E ye bağlı bir orantı vardır. Bu olaya Hooke davranışı denir. Hooke kanunu bu durumu bu eşitlik ile ifade eder.



$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

✓ Hooke yasası

✓ E: Elastisite modülü (young modülü)

Çekme Durumunda Oluşan Gerçek Eğri – Hooke Denklemi

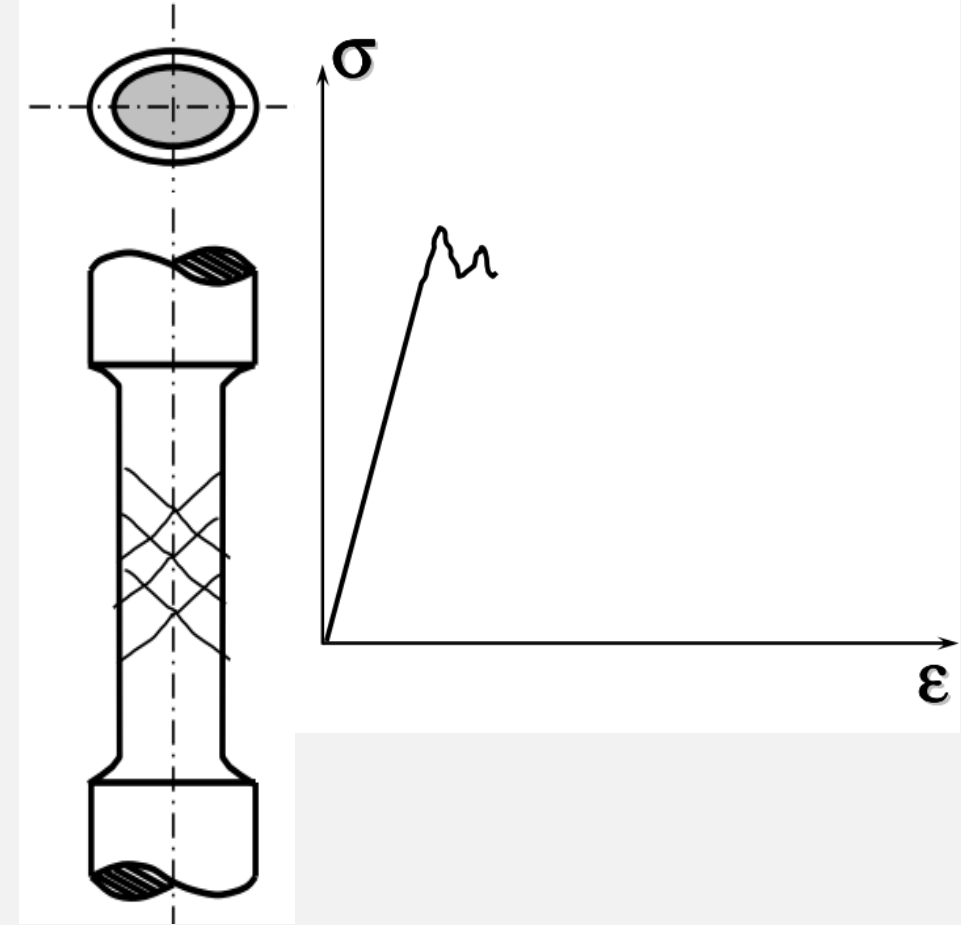
YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- **YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI**

ÇEKME DURUMUNDA GERİLME ŞEKİL DEĞİŞTİRME EĞRİSİ – GERÇEK

Akma Dayanımı - Malzemenin kalıcı şekil değişimi yapmaya başladığı gerilme değerine akma dayanımı denir. Gerilme bu değere erişince uzamaların artması için artık gerilmenin çoğalmasına gerek yoktur.

Diyagramdaki zikzaklı bölgeye akma noktası denilir. belirli bir kalıcı şekil değiştirmenin meydana geldiği duruma akma denilir.



Çekme Durumunda Akma Bölgesi

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

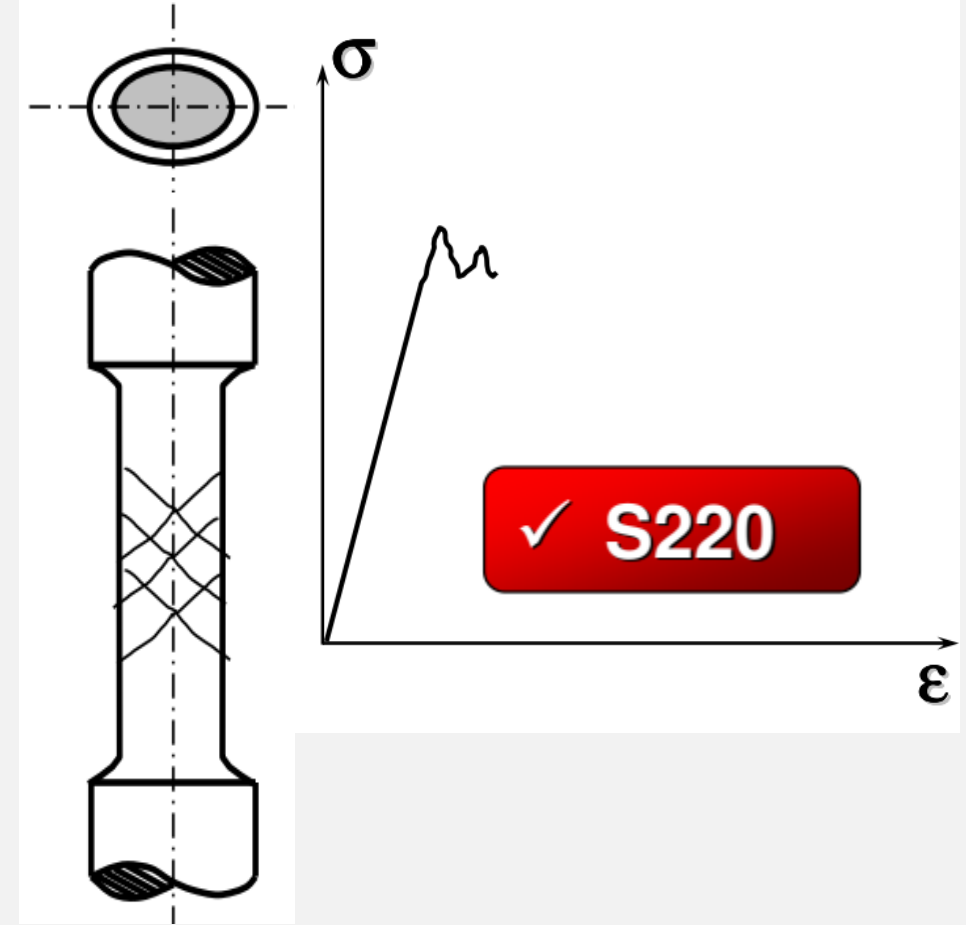
- **YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI**

ÇEKME DURUMUNDA GERİLME ŞEKİL DEĞİŞTİRME EĞRİSİ

Mühendislik açısından önem taşır, plastik davranışın başladığını belirtir.

Mühendislik dizaynı ve hesaplarında kullanılır.

Genellikle sünek malzemelerin adlandırılmasında kullanılır.



Akma Dayanımı 220 Mpa olan Çelik

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- **YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI**

SERTLİK:

Cisimlerin en önemli mekanik özellikleri basınç, çekme, kesme ve eğilme dayanımlarıdır.

İkinci derecede önem taşıyabilen bazı özellikler, çoğunlukla birinci derecedeki önemli özelliklere bağlıdır.

Örneğin, basınç dayanımı yüksek olan bir malzemenin çoğunlukla sertlik derecesi de fazladır.

Sertlik, malzeme yüzeyinin kalıcı şekil değiştirmeye gösterdiği direnç olarak tanımlanabilir.

Sertlik ölçme genellikle, konik veya küresel standart bir ucun

malzemeye batırılmasına karşı malzemenin gösterdiği direnci

ölçmekten ibarettir.



Sertlik Ölçütü Olarak Elmas

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- **YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI**

SERTLİK:

Bir cismin sertliğinin bilinmesinde şu yararlar vardır :

- a) Malzemenin kökeni hakkında bilgi verir.
- b) Malzemenin diğer özellikleri hakkında fikir verir. Örneğin, sertlik malzemenin işlenebilme özelliğini gösterebilir. Genellikle sertlik ile işlenebilme özelliği arasında ters bağıntı vardır. Diğer bir deyişle, sert malzemeleri işlemek zordur.
- c) Sertlik deneyleri basit ve tahribatsız deneyler olduğundan, malzemenin diğer özellikleri hakkında, malzemeyi elden çıkarmadan bir fikir edinilebilir. Daha sonra örnek üzerinde diğer deneyler yapılabilir.



Sertlik Testinde Kullanılan Ekipmanlar

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

• YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Cisimlerin sertliği ölçme yöntemleri üç gruba ayrılabilir:

- 1) Malzeme yüzeyini sert bir cisim ile çizerek yapılan sertlik deneyleri.
- 2) Malzemeye sert bir cismi kuvvet altında batırmak suretiyle yapılan sertlik deneyleri.
- 3) Sert bir bilyayı malzeme üzerine düşürmek ve sıçratmak suretiyle yapılan sertlik deneyleri.



Mohs Sertlik Kalemleri

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Çizerek yapılan sertlik deneyleri.

Sert bir malzeme kendisinden daha az sert olan bir malzemeyi çizer.

Bu faktörü göz önüne alarak bir seri mineral sertliğine göre sıralanarak, **MOHS SERTLİK SKALASI** olarak adlandırılan, yarı-kantitatif bir cetvel elde edilmiştir.



MOHS SERTLİK SKALASI

1. TALK

2. JİPS (ALÇI TAŞI)

3. KALSİT

4. FLORİT

5. APATİT

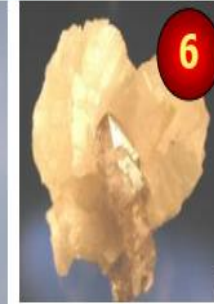
6. ORTOKLAZ

7. KUVARS

8. TOPAZ

9. KORONDEN

10. ELMAS



Mohs Sertlik Skalası

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

• YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Bu skalaya göre kuvars'ı çizebilen, topaz'ı çizemeyen bir maddenin sertliği Mohs skalasına göre 7-8 Mohs sertliğindedir.

Örneğin, sert çelik 6.5, alüminyum 2, normal cam 5.5 Mohs sertliğindedir.

Malzemenin Mohs skalasına göre sertliği belirlenirken bir mineralin diğerini çizdiğinden emin olunmalıdır.

Yüzeyi tozlu, gevşek partiküller içeren malzemeler üzerinde yapılan çizme işlemi yanıltıcı olabilir.



MOHS SERTLİK SKALASI

1. TALK

2. JİPS (ALÇI TAŞI)

3. KALSİT

4. FLORİT

5. APATİT

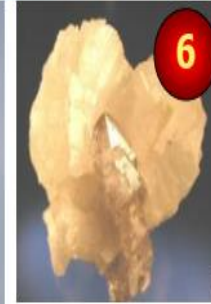
6. ORTOKLAZ

7. KUVARS

8. TOPAZ

9. KORONDEN

10. ELMAS



Mohs Sertlik Skalası

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Mohs skalası lineer değildir.

Örneğin, Kalsitten florite ilerleme yani Mohs skalasında 3'ten 4'e geçiş sertlikte yaklaşık olarak % 25'lik bir artışı gösterir.

Koronden'den elmas'a ilerleme yani Mohs skalasında 9'dan 10'a geçiş sertlikte % 300'den daha fazla bir artışı gösterir.

2.5 SERTLİK



Tırnak



Fil dişi



Amber (kechibar)

2.5-3 SERTLİK



Altın



Gümüş



Bakır

Mohs Sertlik Skalası

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

• YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Mohs skalası lineer değildir.

Örneğin, Kalsitten florite ilerleme yani Mohs skalasında 3'ten 4'e geçiş sertlikte yaklaşık olarak % 25'lik bir artışı gösterir.

Koronden'den elmas'a ilerleme yani Mohs skalasında 9'dan 10'a geçiş sertlikte % 300'den daha fazla bir artışı gösterir.

5.5 - 6 SERTLİK



Opal



Turkuaz

6 - 7 SERTLİK



Cam

6.5 - 7 SERTLİK



Lal taşı



Yeşim taşı



Peridot

7.5 - 8 SERTLİK



aquamarine



Zümrüt

8 SERTLİK

Mohs Sertlik Skalası

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

BATIRILARAK YAPILAN SERTLİK DENEYLERİ

Metal endüstrisinde genellikle **Rockwell**, **Brinell** ve **Vickers** sertlik deneyleri kullanılmaktadır.

Bu deneyler belirli bir sürede belirli bir yük altında deforme olmayan bir küre veya koninin metal içine batma derinliğinin ölçülmesiyle yapılır. Farklı malzemeler için değişik deney yöntemleri olup, bunların sonuçları farklılıklar arz eder.

Bu nedenle bir malzemenin sertliğinden söz ederken, deney yönteminin de belirtilmesi gerekir.

5.5 - 6 SERTLİK



Opal



Turkuaz

6 - 7 SERTLİK



Cam

6.5 - 7 SERTLİK



Lal taşı



Yeşim taşı



Peridot

7.5 - 8 SERTLİK



aquamarine



Zümrüt

8 SERTLİK

Mohs Sertlik Skalası

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

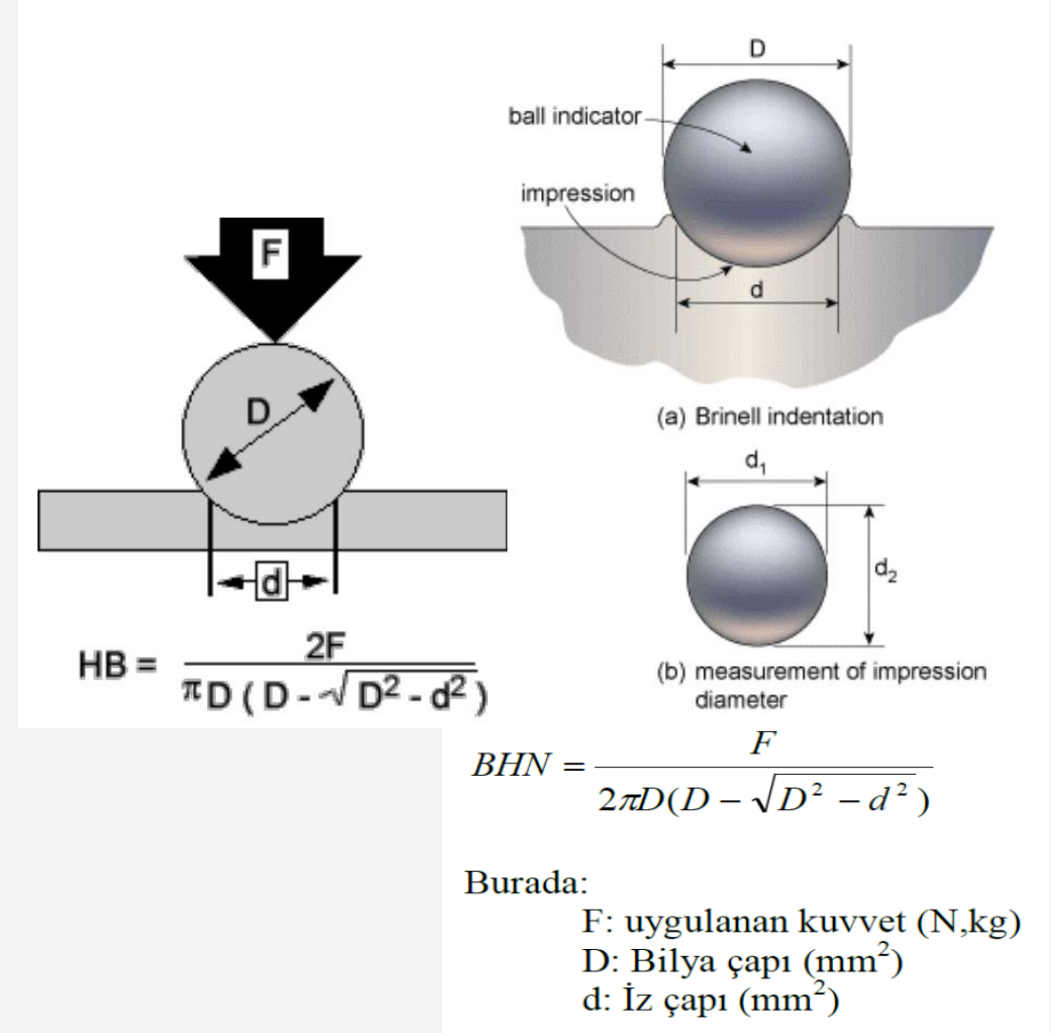
• YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Brinell sertlik ölçme yöntemi:

Yüzeye belirli bir yükün, belirli çaptaki sert bir malzemedan yapılmış bir bilye yardımıyla belirli süre uygulanması sonucunda meydana gelen iz çapının ölçülmesinden ibarettir.

Brinell sertlik değeri (BSD): Belirli çapta bir bilye ile bir malzemenin yüzeyine belirli bir süre astırmak suretiyle meydana getirilen kalıcı izin büyüklüğü ile ilgili bir değerdir. Brinell sertlik değeri, bilye üzerine uygulanan yükün numune yüzeyi üzerinde elde edilen küresel yüzey alanına bölünerek belirlenir.



Brinell Sertlik Denklemi ve Deneyi

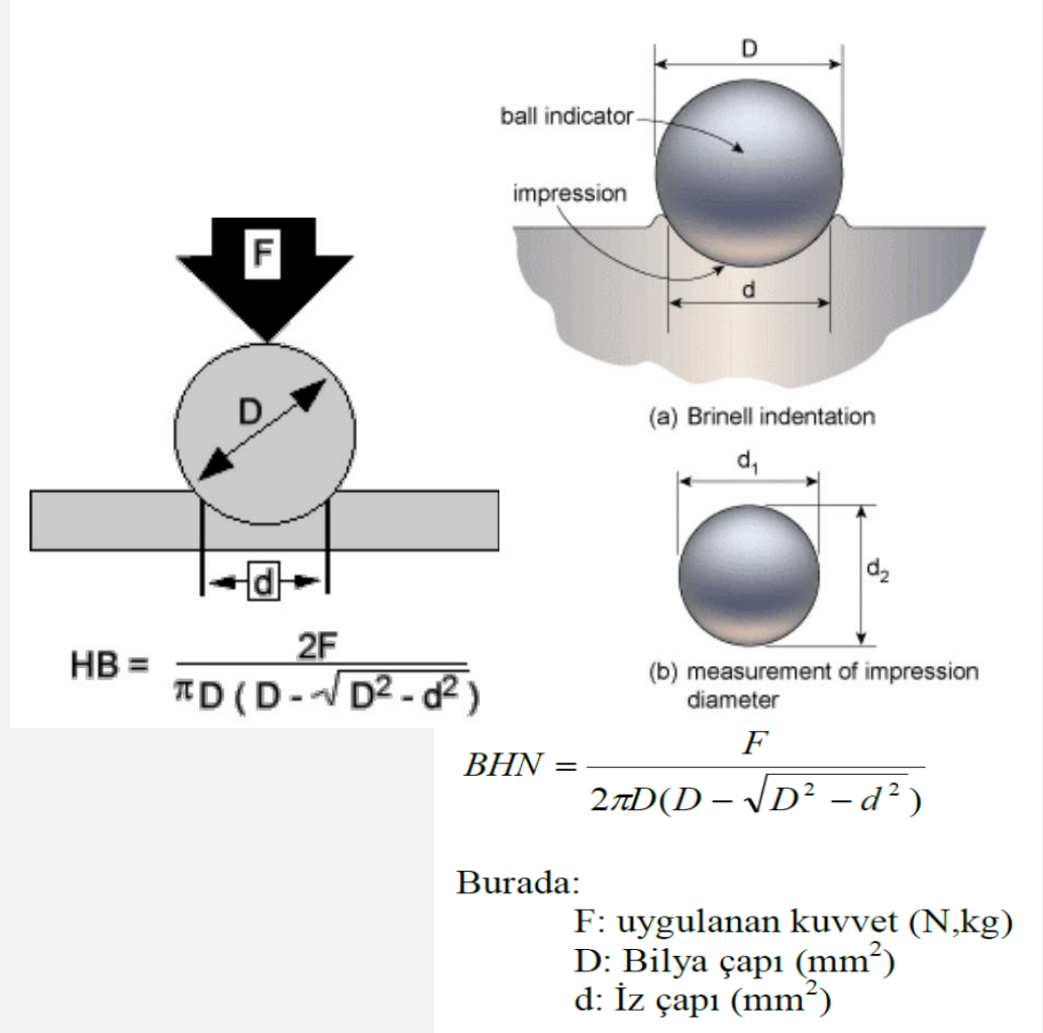
YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

• YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Brinell sertlik ölçme yöntemi:

Standart deneylerde genellikle 10 mm çapında çelik bilye, 300 kg yük ve 30 saniye bekleme süresi şartlarında yapılır. Diğer deney şartları için BSD işaretinin yanına bilye çapı/yük/süre sırasına göre bilgiler eklenir. Örneğin; 60BSD 5/500/30 şeklinde bir gösterimde, deneyin 5 mm çapında bir bilye üzerine 500 kg yükün 30 saniye süreyle tatbik edilmesi anlatılmaktadır. Ancak pratikte bu yükler çok büyük olduğu ve yüzeyde büyük ezilmeler yarattığı için daha küçük yük-bilye çapı kombinasyonları kullanılmaktadır. Bu deneyin en önemli dezavantajı ise yük-çap kombinasyonlarının malzemeye özel olarak seçilmesi gereğidir. Örneğin çelik bir malzemenin sertliği ölçülecekse, deneyde 2.5 mm çapında bir bilye kullanılırsa uygulanması gereken kuvvet 187.5 kg.f'dir. Ancak bir Al alaşımının sertliği ölçülecekse bu durumda 31.25 kgf'lik bir kuvvet uygulanması yeterli olmaktadır.



Brinell Sertlik Denklemi ve Deneyi

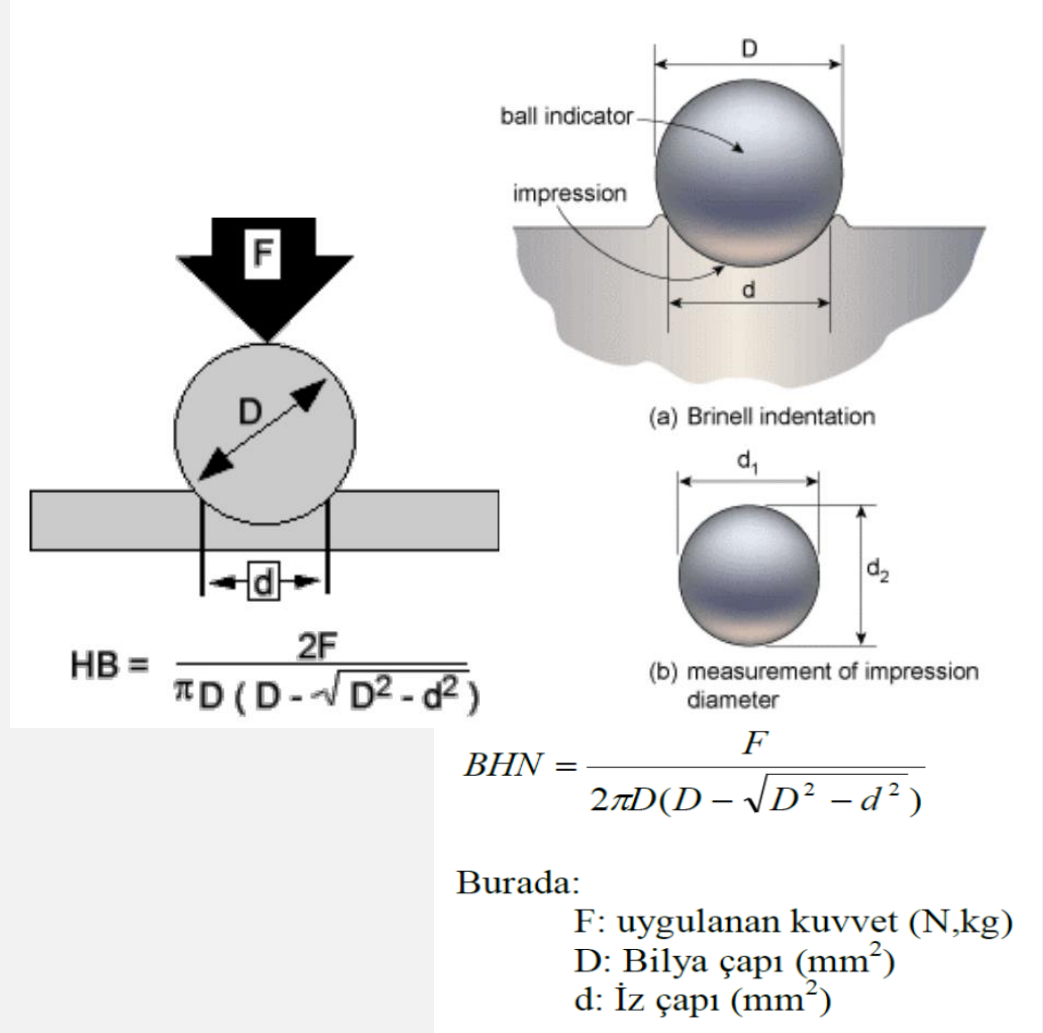
YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

• YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Brinell sertlik ölçme yöntemi:

Batıcı uç olarak kullanılan bilyeler sertleştirilmiş çelikten imal edilmektedir. Deney sırasında bilyenin de ezilebileceğini düşünerek, çelik bilyelerle en çok 400 BSD değerine kadar sertlik ölçülmelidir. 550 BSD'ye kadar sert metal (sinter tungsten karbür) bilye kullanılarak deney yapmak mümkündür. Daha yüksek sertliğe sahip metaller üzerinde Brinell deneyi yapmak uygun değildir. Bu durumda bilye ezilerek çapı büyür ve deformasyon geometrisinde yanlış ölçümlerin yapılmasına neden olur.



Brinell Sertlik Denklemi ve Deneyi

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

• YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

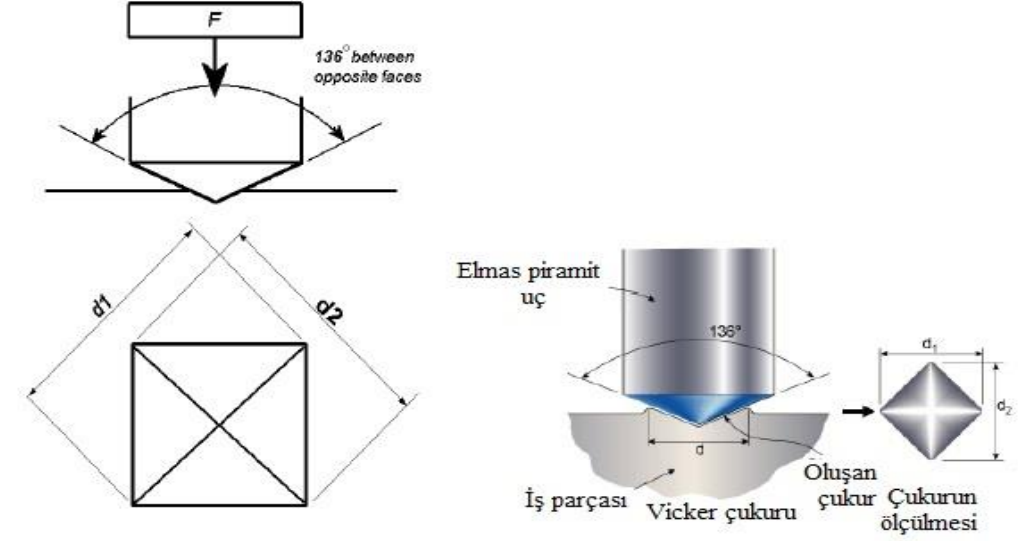
SERTLİK:

Vickers sertlik ölçme yöntemi:

Bu yöntemde, sertliği ölçülecek malzeme parçası üzerine, tabanı kare olan piramit şeklindeki bir ucun belirli bir yük altında batırılması ve yük kaldırıldıktan sonra meydana gelen izin köşegen uzunluklarının ölçülmesi sağlanır.

Vickers sertlik deneyi ASTM E-92-72, B.S. 427, DIN 50133 ve TS 207 standartlarında tanımlanmıştır ve Vickers sertlik değeri HV veya elmas piramit sertlik deneyi anlamına gelen DPH ile sembolize edilmiştir. Vickers sertlik değeri, sembolün yanında uygulanan yükü gösteren sayısal değerler ve yükün uygulama süresini gösteren ikinci sayısal değerler ilave edilerek gösterilir.

Örneğin 455 HV/30/20, 20 saniye uygulanan 30 kg yük altında ölçülen 455 Vickers sertlik değeri anlamına gelir.



Malzemede meydana gelen iz

$$VSD = \frac{2P \sin(\alpha / 2)}{d^2} = \frac{1.8544P}{d^2}$$

Burada: P=kgf cinsinden uygulanan yük
 α =Tepe açısı
d= Taban köşegen uzunluğu $[(d_1 + d_2)/2]$

Elmas Piramid Vickers Ucu
Vickers Denklemi

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

• YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

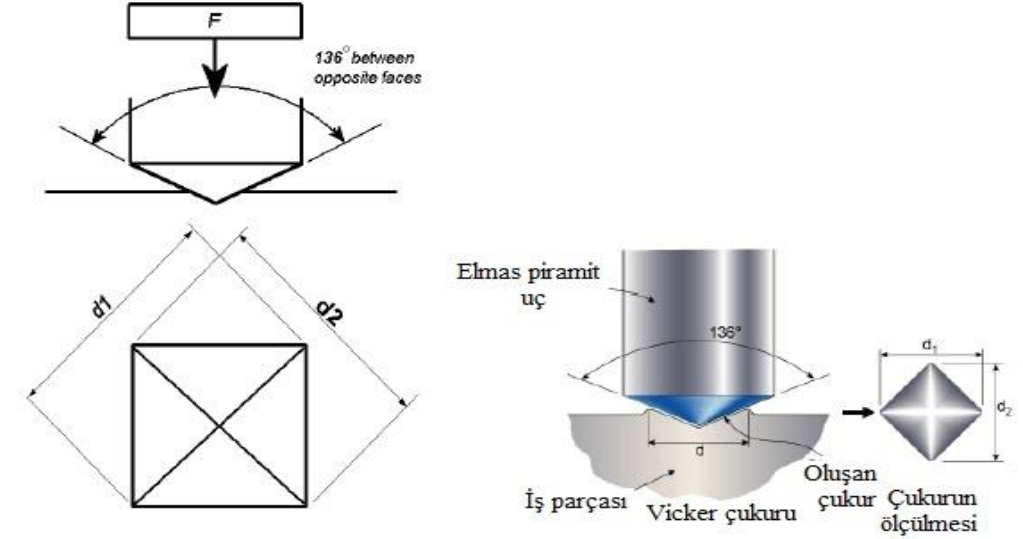
SERTLİK:

Vickers sertlik ölçme yöntemi:

Yumuşak malzemelerden (5 HV sertliğinde) sert malzemelere (1500 HV sertliğinde) geniş malzeme grubunda Vickers sertlik deneyinden yararlanır.

Vickers sertlik deneyi, çok doğru sertlik değeri veren yöntemlerden biri olmasına rağmen Brinell veya

Rockwell sertlik değeri kadar yaygın kullanılmamaktadır. Elmas piramit uç, geniş açığa sahip olmasından ve oluşturulan izin köşegenleri özellikle yüksek sertlikteki metallerde, izin derinliğinden yaklaşık olarak yedi kat büyük olduğundan Vickers sertlik deneyi, Brinell veya Rockwell sertlik deneyleri ile elde edilen değerden daha iyi doğruluk sağlamaktadır. Bu, Vickers izinin, Brinell izinden küçük olduğu gerçeğine de dayanmaktadır.



Malzemede meydana gelen iz

$$VSD = \frac{2P \sin(\alpha / 2)}{d^2} = \frac{1.8544P}{d^2}$$

Burada: P=kgf cinsinden uygulanan yük
 α =Tepe açısı
d= Taban köşegen uzunluğu $[(d_1 + d_2)/2]$

Elmas Piramid Vickers Ucu
Vickers Denklemi

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

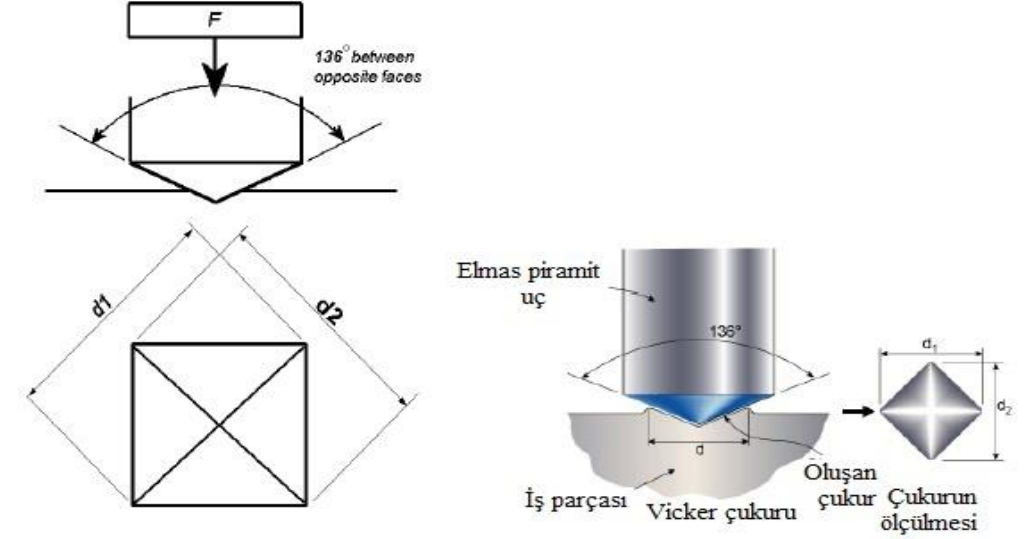
- YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Vickers sertlik ölçme yöntemi:

Çok sert malzemelerin sertliğinin ölçümünde Brinell bilyenin distorsiyonu oluşurken normal malzemelerin sertliğinin ölçümünde bilyenin biraz elastik distorsiyonu meydana gelmektedir.

Bununla birlikte Vickers piramitle yapılan deneylerde batıcı uç çok düşük derecelerde hasara uğramaktadır.



Malzemede meydana gelen iz

$$VSD = \frac{2P \sin(\alpha / 2)}{d^2} = \frac{1.8544P}{d^2}$$

Burada: P=kgf cinsinden uygulanan yük

α =Tepe açısı

d= Taban köşegen uzunluğu $[(d_1 + d_2)/2]$

Elmas Piramid Vickers Ucu
Vickers Denklemi

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Rockwell sertlik deneyi:

Rockwell sertlik deneyi (RSD), yapılmasının çok kolay olması ve özel bir ustalık gerektirmemesinden dolayı metallerin sertlik ölçümünde en yaygın kullanılan metottur. Rockwell sertliği, batma derinliğine karşı gelen birimsiz bir sayıdır. Batıcı uç, konik uçlu veya bilye şeklindedir (Şekil 2.5). Yumuşak malzemeler bilye batıcı uç ile ölçülür. Çok sert malzemeler elmas konik uç ile ölçülür.



Rockwell Batıcı Uç Modelleri

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- **YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI**

SERTLİK:

Rockwell sertlik deneyi:

Rockwell sertlik ölçümünde batıcı uç, malzeme üzerine 10 kg (100 N) ön bir yükleme ile batırılır.

Sonra batıcı uca ana yük uygulanarak elde edilen derinlik ölçülür. Ana yük Rockwell B (RB) için

100 kg, Rockwell C (RC) için 150 kg'dır.



Rockwell Batıcı Uç Modelleri

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

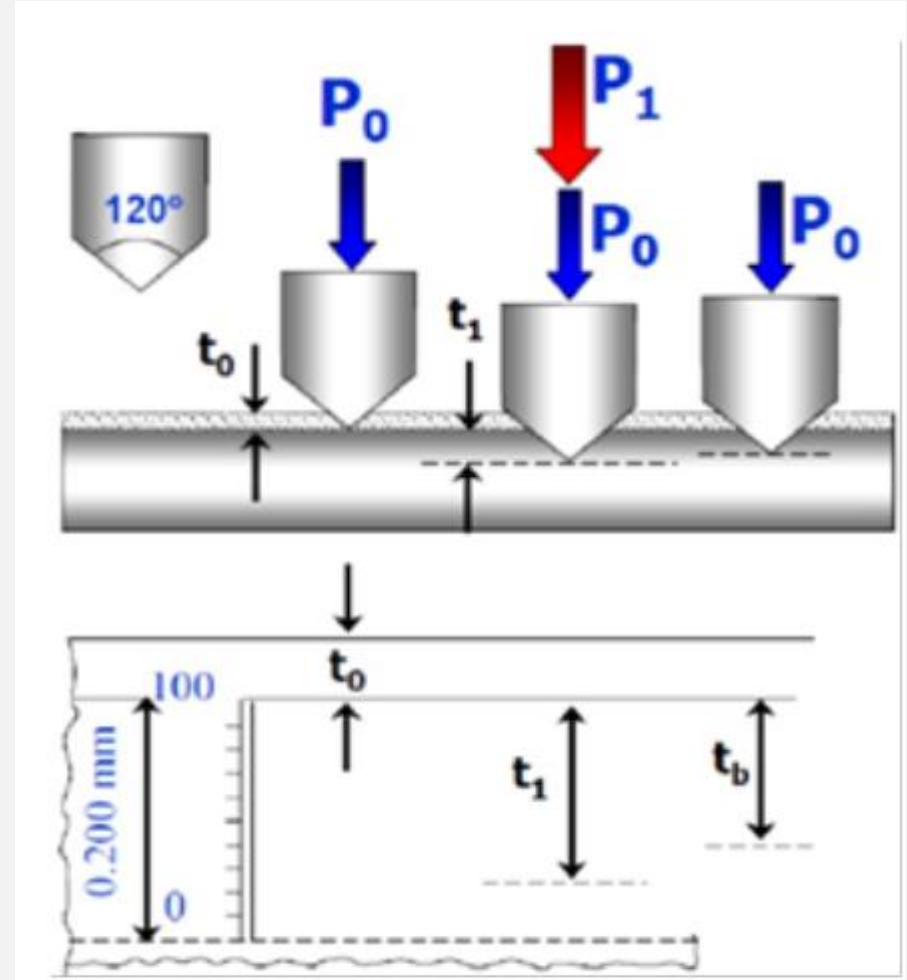
- YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Rockwell sertlik deneyi:

Bu yöntemde batma derinliği ölçüleceği için yüzey pürüzlülüğü sonuçları etkileyebilir. Bu sakıncayı gidermek için önce batıcı uç küçük bir yük (P_0 =ön yük) malzemeye daldırılarak alet sıfır düzeyine ayarlanır. Daha sonra toplam yüke tamamlanacak şekilde ana yük (P_1) uygulanır.

Son olarak ana yük (P_1) kaldırılır (Şekil 2.6.). Meydana gelen kalıcı izdeki derinlik artışı bulunarak mevcut göstergeden Rockwell sertlik değeri okunur.



Rockwell Deneyi
Rockwell Denklemi

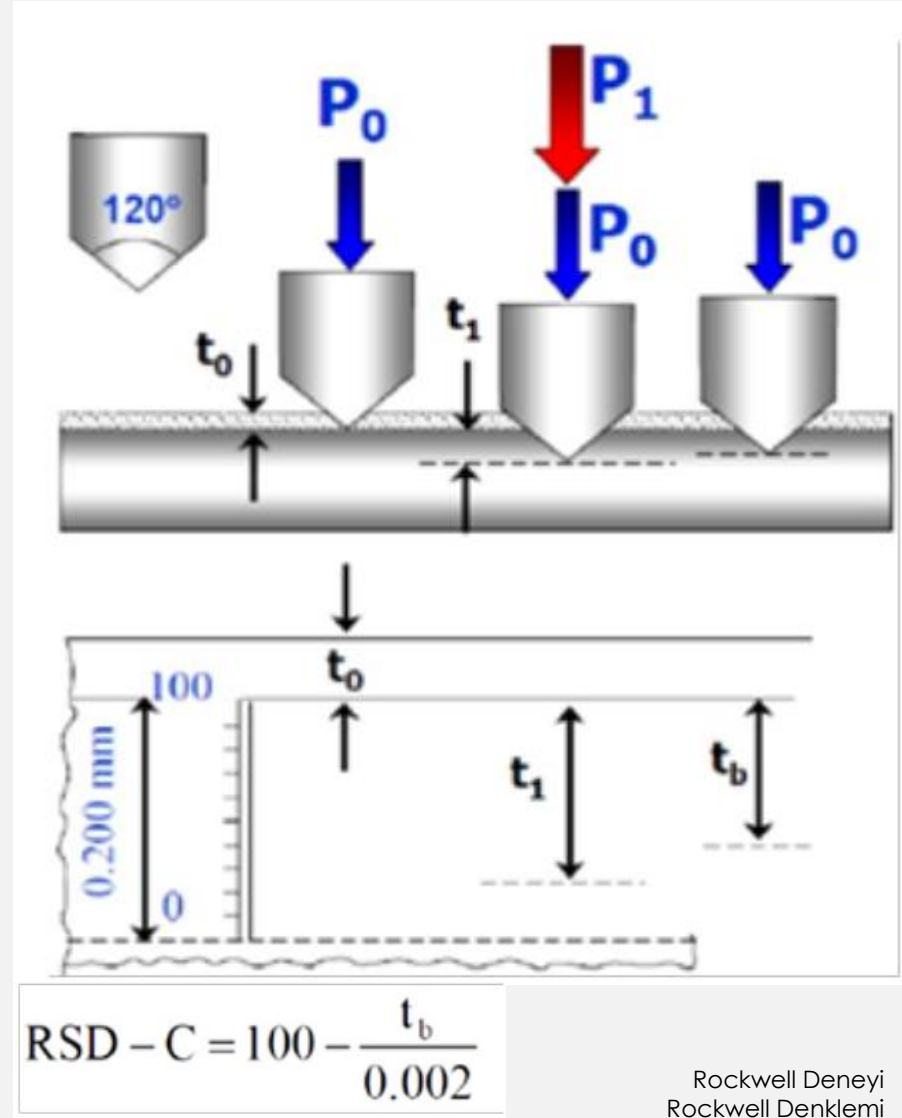
YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Rockwell sertlik deneyi:

Rockwell sertlik değeri boyutsuzdur. Uzun malzeme içine her 0,002 mm batışı bir sertlik değerinin 1 sayı düşmesi olarak alınır. Ön yük uygulandıktan sonra ucun konumu ile ana yük kaldırıldıktan sonra ucun konumu arasındaki batma derinliği t_b olmak üzere Rockwell Sertlik Değeri-C (RSD-C) yukarıdaki formülle hesaplanabilir.



Rockwell Deneyi
Rockwell Denklemi

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- YAPI MALZEMELERİNİN MEKANİK DAVRANIŞI

SERTLİK:

Rockwell sertlik deneyi:

Rockwell sertlik değeri boyutsuzdur. Uzun malzeme içine her 0,002 mm batışı bir sertlik değerinin 1 sayı düşmesi olarak alınır. Ön yük uygulandıktan sonra ucun konumu ile ana yük kaldırıldıktan sonra ucun konumu arasındaki batma derinliği t_b olmak üzere Rockwell Sertlik Değeri-C (RSD-C) yukarıdaki formülle hesaplanabilir.

Rockwell sertlik skalası

Skala sembolü	Batıcı uç	Ana yük (kgf)
A	Elmas	60
B	1/16 inch küre	100
C	Elmas	150
D	Elmas	100
E	1/8 inch küre	100
F	1/16 inch küre	60
G	1/16 inch küre	150
H	1/8 inch küre	60
K	1/8 inch küre	150

Yüzeysel R. S. Skalası

Skala sembolü	Batıcı uç	Ana yük (kgf)
15N	Elmas	15
30N	Elmas	30
45N	Elmas	45
15T	1/16 inch küre	15
30T	1/16 inch küre	30
45T	1/16 inch küre	45
15W	1/8 inch küre	15
30W	1/8 inch küre	30
45W	1/8 inch küre	45

Rockwell Sertlik Skalası

YAPI MALZEMELERİNİN DAVRANIŞI

- **BÖLÜM SONU SORULARI**

- 1) Elektronların, maddenin mekanik davranışı ile olan ilişkisini yorumlayınız.
- 2) İyonik bağ, kovalent bağ ve metalik bağı yorumlayınız.
- 3) Yapı malzemesi nedir? Yapı malzemelerinin mekanik özelliklerinin bilinmesi bize ne gibi yarar sağlar.
- 4) Taşıyıcı malzeme, detay malzeme ve koryucu malzemeyi tanımlayın ve her biri ile ilgili bir örnek verin.
- 5) Elastik, Plastik ve Elasto-Plastik davranışı açıklayınız. Bu davranışı sergileyen birer yapı malzemesi örneği veriniz.
- 6) $\sigma = \frac{F}{A}$ denkleminde yer alan ifadelerin ne anlama geldiğini kısaca yorumlayınız.
- 7) HOOKE kanununu açıklayınız.
- 8) Elastisite modülü ve şekil değiştirme oranının gerilme değeri ile olan ilişkisini denklem üzerinden tarifleyin.
- 9) Sertlik kavramını açıklayınız.
- 10) Sertlik kavramının bilinmesi, malzeme ile ilgili ne gibi faydalar sağlar? Yorumlayınız.
- 11) Cisimlerin sertliğinin ölçülmesi kaç gruba ayrılır? Neler olduğunu açıklayınız.
- 12) Mohs sertlik skalası nedir? Açıklayınız.
- 13) **Rockwell**, **Brinell** ve **Vickers** sertlik deneylerinin ne olduğunu kısaca açıklayınız.