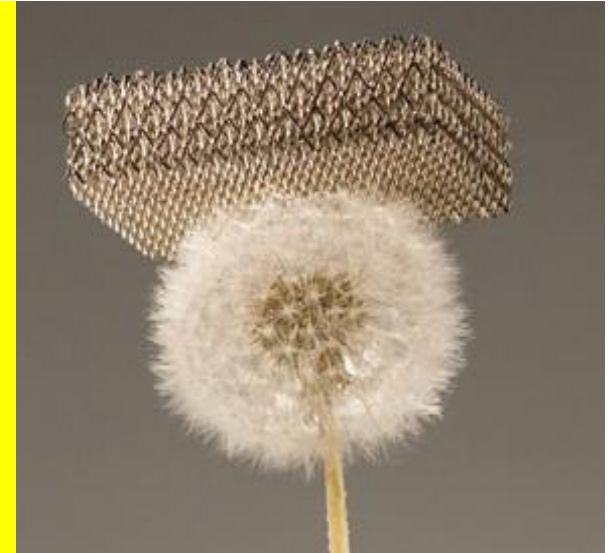
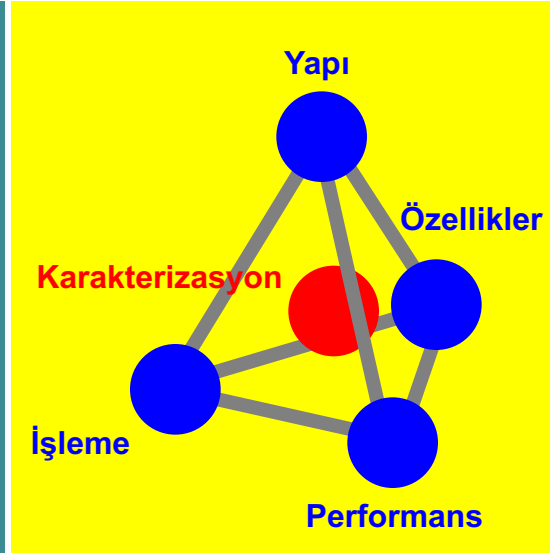
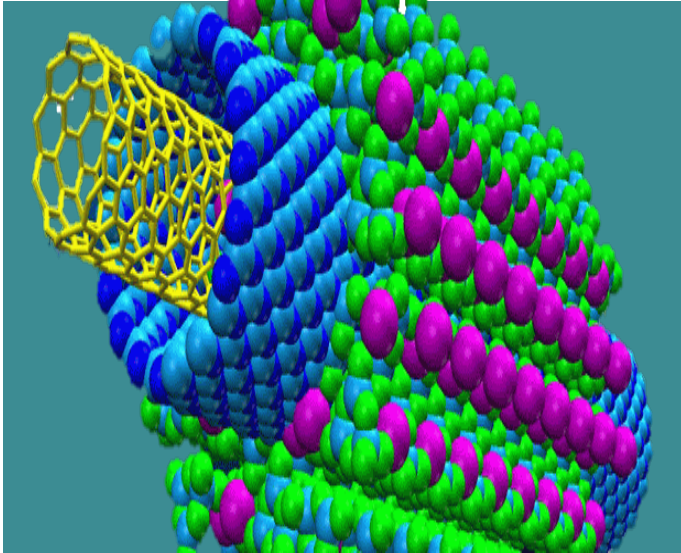


# FZM 220

## Malzeme Bilimine Giriş



Prof. Dr. İlker DİNÇER  
Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Fizik Mühendisliği Bölümü

## Ders Hakkında

### FZM 220 Malzeme Bilimine Giriş Dersinin Amacı

Bu dersin amacı, fizik mühendisliği öğrencilerine, malzemelerin yapısal özellikleri ile mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkileri tanıtmak ve tasarımlarındaki malzeme seçiminin önemini lisans düzeyinde öğretmektir.

## Dersin İçeriği

Hafta	Konu
1. Hafta	Giriş: Malzeme Bilimi ve Mühendisliğinin Önemi ( <u>Ön Çalışma: Dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )
2. Hafta	Atomal Yapı ve Atomlararası Bağ-1 ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )
3. Hafta	Atomal Yapı ve Atomlararası Bağ-2 ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )
4. Hafta	Katılarda Kristal Yapılar-1 ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )
5. Hafta	Katılarda Kristal Yapılar-2 ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )
6. Hafta	Katılarda Kusurlar ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )
7. Hafta	Katılarda Kusurlar-2 ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )
8. Hafta	Vize Sınavı ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftaların konularını gözden geçirip Vize Sınavına hazırlanınız.</u> )
9. Hafta	Yayınma-1 ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )
10. Hafta	Yayınma-2 ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )
11. Hafta	Metallerin Mekanik Özellikleri-1 ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )
12. Hafta	Metallerin Mekanik Özellikleri-2 ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )
13. Hafta	Dislokasyonlar ve Dayanım Arttırıcı Mekanizmalar ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )
14. Hafta	Hasar ( <u>Ön Çalışma: Önceki haftanın konusunu gözden geçirin ve dersten önce ders kitabın ilgili kısımlarını okuyunuz.</u> )

## **Ders Hakkında**

### **FZM 220 Malzeme Bilimine Giriş Dersinin Amacı**

Bu dersin amacı, fizik mühendisliği öğrencilerine, malzemelerin yapısal özellikleri ile mekanik, fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkileri tanıtmak ve tasarımlarındaki malzeme seçiminin önemini lisans düzeyinde öğretmektir.

### **Değerlendirme**

Ara sınav: % 40

Final sınavı: % 60

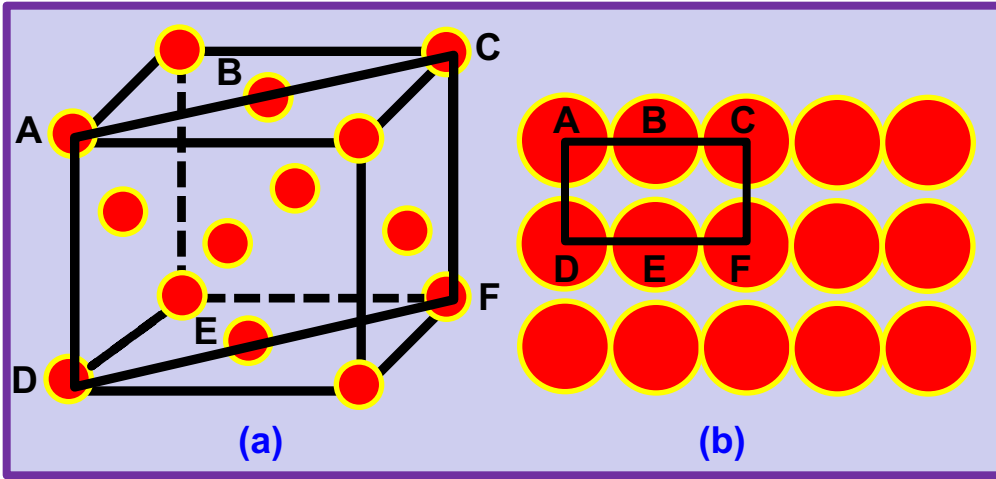
### **Kaynaklar**

1. Malzeme Bilimi ve Mühendisliği, Yazarlar: W.D. Callister ve D.G. Rethwisch (Ç.E.: K. Genel), Nobel Akademik Yayıncılık

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

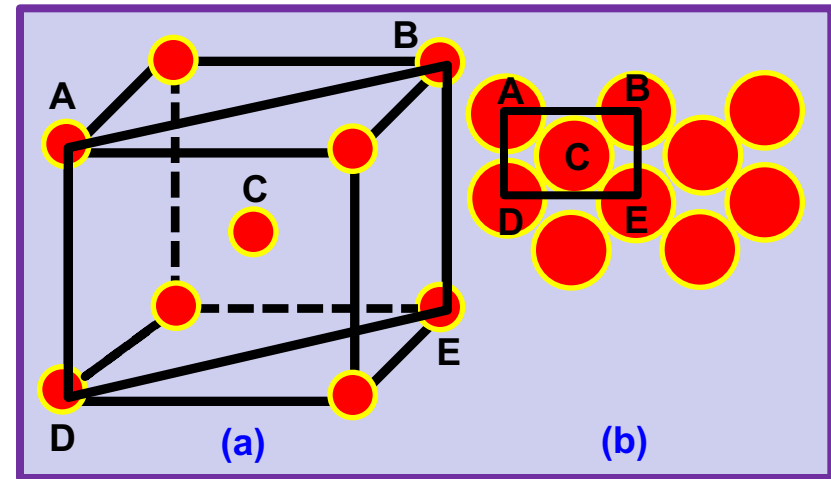
## Atom Dizilişleri

- Kristal kafes düzlemlerinde atom dizilişleri kristal yapılara göre farklılık gösterir. Aşağıdaki şekillerde YMK ve HMK yapıları için (110) düzlemindeki atom dizilişleri gösterilmiştir.



(a) Küçük-küre YMK birim hücreesinde (110) düzlemi

(b) YMK (110) düzleminin atomsal dizilişi.



(a) Küçük-küre HMK birim hücreesinde (110) düzlemi.

(b) HMK (110) düzleminin atomsal dizilişi.

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Doğrusal ve Düzlemsel Atom Yoğunlukları

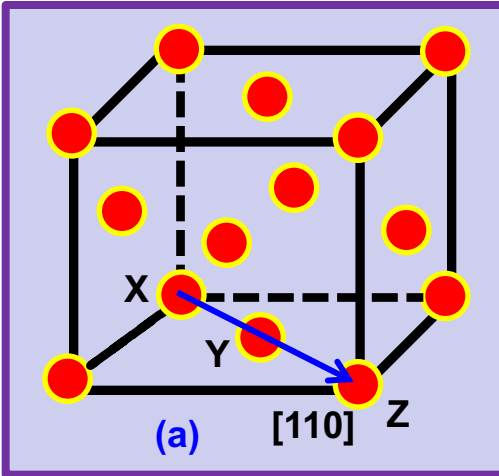
- Paralel olmayan doğru ve düzlemler eşdeğer değildir. Doğrultuları eşdeğer olmaları doğrusal atom yoğunluğuna bağlıdır. Yani **doğrusal atom yoğunlukları** aynı olan doğrultular eşdeğerdir. Benzer şekilde **düzlemsel atom yoğunlukları** aynı olan düzlemler eşdeğerdir.
- **Doğrusal Atom Yoğunluğu DAY**, birim uzunluk başına atom sayısı olarak tanımlanır. Bu hesaplamada sadece merkezleri söz konusu doğrultu vektörünün üzerinde bulunan atomlar göz önüne alınır.

$$\text{DAY} = \frac{\text{Merkezleri Doğrultu Vektörünün Üzerinde Bulunan Atom Sayısı}}{\text{Doğrultu Vektörünün Uzunluğu}}$$

- **DAY**'ın birimi nm<sup>-1</sup>, m<sup>-1</sup> gibi uzunluk biriminin tersidir.

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

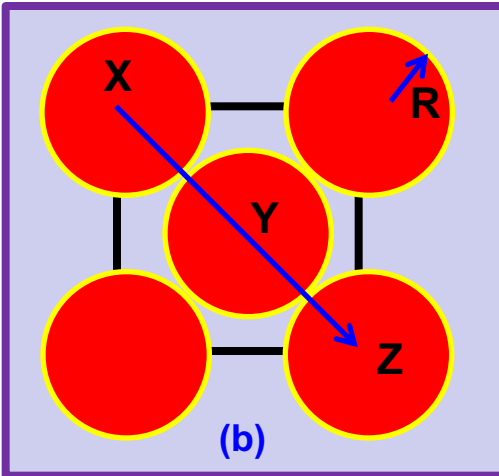
## Doğrusal ve Düzlemsel Atom Yoğunlukları



(a) YMK birim hücresi ve [110] doğrultusu.

- **[110]** doğrultusu boyunca Y atomunun tamamı birim hücre içinde kalırken X ve Z harfleri gösterilen köşe atomları bitişik iki birim hücre tarafından paylaşılmaktadır. Yani, doğrultu vektörü boyunca X ve Z atomlarının sadece yarıları birim hücre içinde kalmaktadır.
- Sonuç olarak, bir birim hücre için [110] doğrultu vektörü üzerinde toplam iki atom vardır. Doğrultu vektörü 4R uzunluğunda olduğuna göre:

$$DAY_{110} = \frac{2 \text{ atom}}{4R} = \frac{1}{2R}$$



(b) YMK birim hücresi üzerindeki atomlar ve [110] doğrultusu ile taban düzlemi.

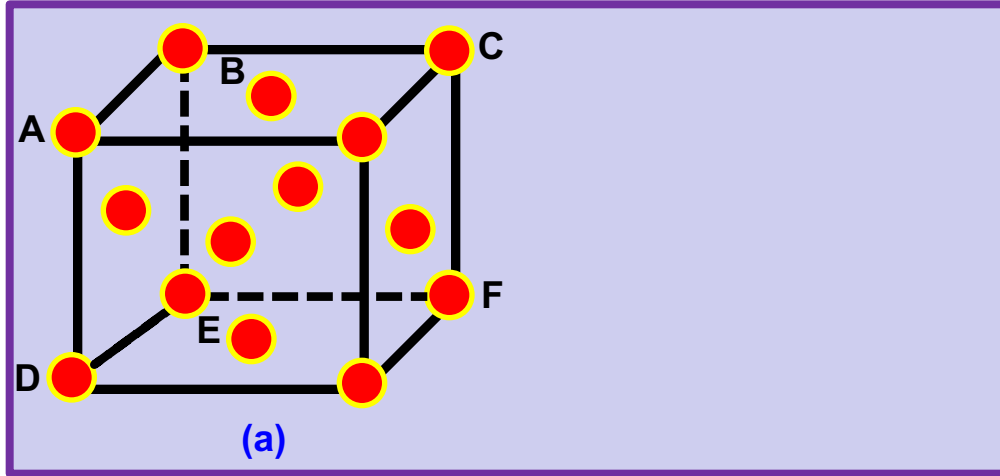
# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Doğrusal ve Düzlemsel Atom Yoğunlukları

- Benzer şekilde **DÜzlemsel Atom Yoğunluğu DÜAY**, birim alan başına atom sayısı olarak tanımlanır. Söz konusu düzlem üzerinde bulunan atomlar göz önüne alınır:

$$\text{DÜAY} = \frac{\text{Merkezleri Düzlemin Üzerinde Bulunan Atom Sayısı}}{\text{Düzlem Alanı}}$$

- DÜAY**'ın birimi  $\text{nm}^{-2}$ ,  $\text{m}^{-2}$  gibi **alan biriminin tersidir**.



(a) Küçük-küre YMK birim hücreesinde (110) düzlemi (b) YMK (110) düzleminin atomsal dizilişi.

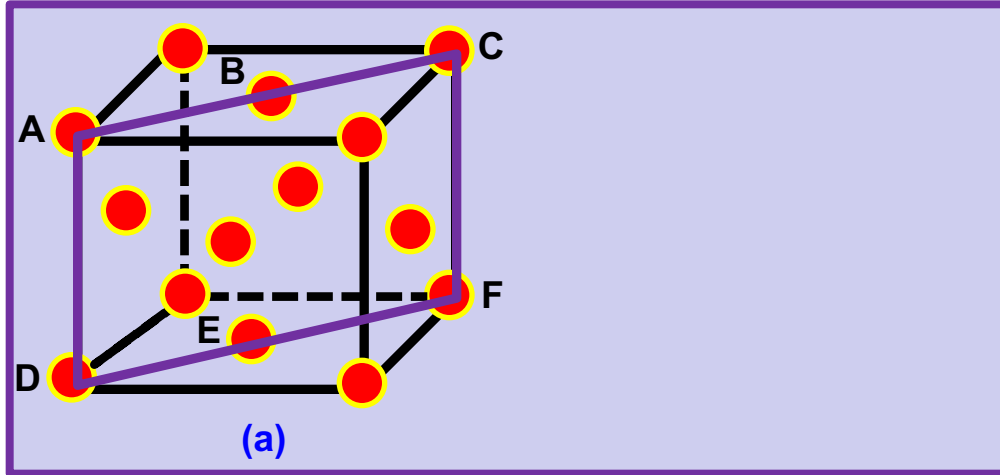
# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Doğrusal ve Düzlemsel Atom Yoğunlukları

- Benzer şekilde **DÜzlemsel Atom Yoğunluğu DÜAY**, birim alan başına atom sayısı olarak tanımlanır. Söz konusu düzlem üzerinde bulunan atomlar göz önüne alınır:

$$\text{DÜAY} = \frac{\text{Merkezleri Düzlemin Üzerinde Bulunan Atom Sayısı}}{\text{Düzlem Alanı}}$$

- DÜAY**'ın birimi  $\text{nm}^{-2}$ ,  $\text{m}^{-2}$  gibi **alan biriminin tersidir**.



(a) Küçük-küre YMK birim hücresinde (110) düzlemi (b) YMK (110) düzleminin atomsal dizilişi.



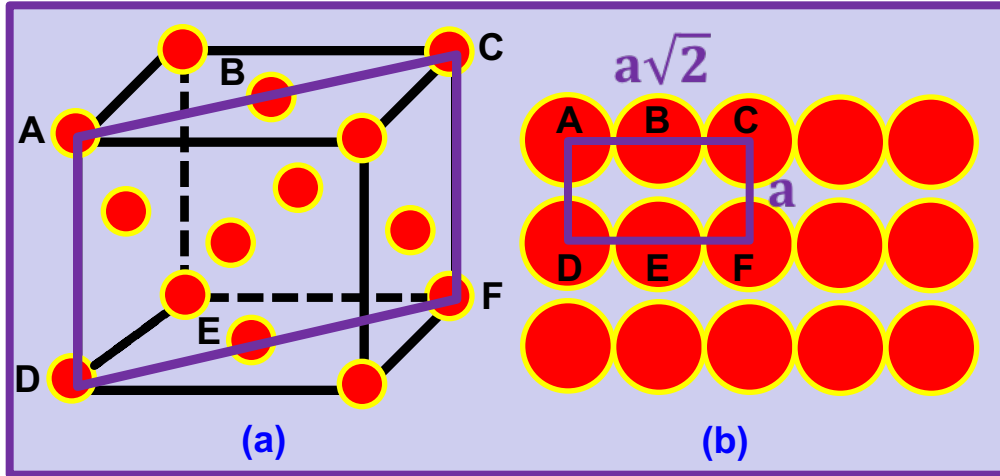
# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Doğrusal ve Düzlemsel Atom Yoğunlukları

- Benzer şekilde **DÜzlemsel Atom Yoğunluğu DÜAY**, birim alan başına atom sayısı olarak tanımlanır. Söz konusu düzlem üzerinde bulunan atomlar göz önüne alınır:

$$\text{DÜAY} = \frac{\text{Merkezleri Düzlemin Üzerinde Bulunan Atom Sayısı}}{\text{Düzlem Alanı}}$$

- DÜAY**'ın birimi  $\text{nm}^{-2}$ ,  $\text{m}^{-2}$  gibi alan biriminin tersidir.



(a) Küçük-küre YMK birim hücresinde (110) düzlemi (b) YMK (110) düzleminin atomsal dizilişi.

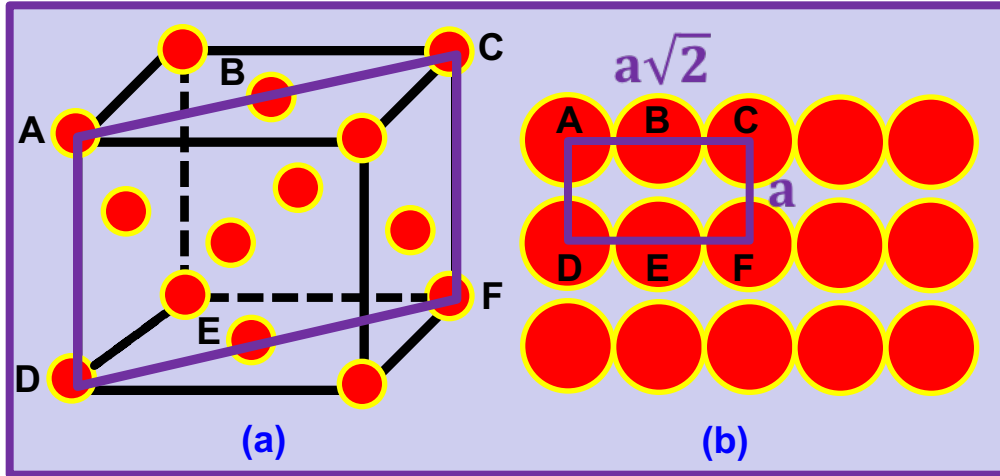
# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Doğrusal ve Düzlemsel Atom Yoğunlukları

- Benzer şekilde **DÜzlemsel Atom Yoğunluğu DÜAY**, birim alan başına atom sayısı olarak tanımlanır. Söz konusu düzlem üzerinde bulunan atomlar göz önüne alınır:

$$\text{DÜAY} = \frac{\text{Merkezleri Düzlemin Üzerinde Bulunan Atom Sayısı}}{\text{Düzlem Alanı}}$$

- DÜAY**'ın birimi  $\text{nm}^{-2}$ ,  $\text{m}^{-2}$  gibi alan biriminin tersidir.



$$a\sqrt{2} = 4R$$

(a) Küçük-küre YMK birim hücresinde (110) düzlemi (b) YMK (110) düzleminin atomsal dizilişi.

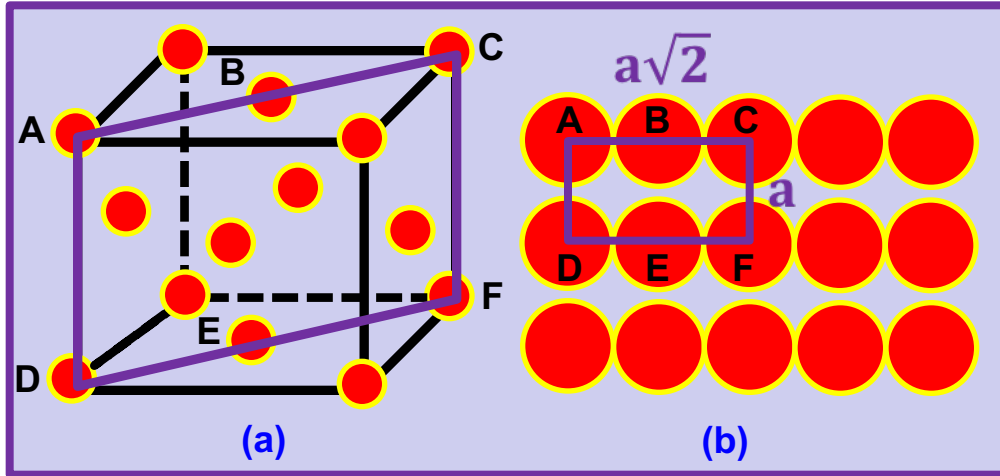
# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Doğrusal ve Düzlemsel Atom Yoğunlukları

- Benzer şekilde **DÜzlemsel Atom Yoğunluğu DÜAY**, birim alan başına atom sayısı olarak tanımlanır. Söz konusu düzlem üzerinde bulunan atomlar göz önüne alınır:

$$\text{DÜAY} = \frac{\text{Merkezleri Düzlemin Üzerinde Bulunan Atom Sayısı}}{\text{Düzlem Alanı}}$$

- DÜAY**'ın birimi  $\text{nm}^{-2}$ ,  $\text{m}^{-2}$  gibi alan biriminin tersidir.



$$a\sqrt{2} = 4R$$

$$a = 2R\sqrt{2}$$

(a) Küçük-küre YMK birim hücresinde (110) düzlemi (b) YMK (110) düzleminin atomsal dizilişi.

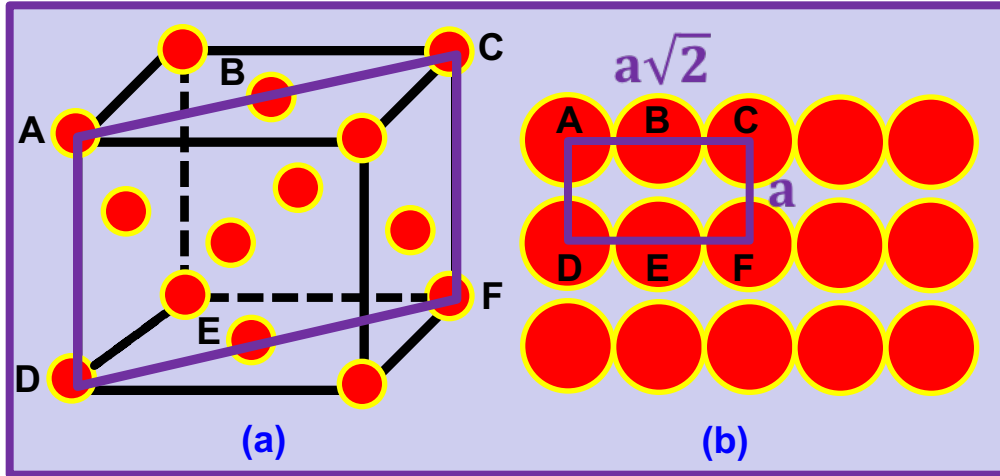
# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Doğrusal ve Düzlemsel Atom Yoğunlukları

- Benzer şekilde **DÜzlemsel Atom Yoğunluğu DÜAY**, birim alan başına atom sayısı olarak tanımlanır. Söz konusu düzlem üzerinde bulunan atomlar göz önüne alınır:

$$DÜAY = \frac{\text{Merkezleri Düzlemin Üzerinde Bulunan Atom Sayısı}}{\text{Düzlem Alanı}}$$

- DÜAY**'ın birimi  $\text{nm}^{-2}$ ,  $\text{m}^{-2}$  gibi alan biriminin tersidir.



$$a\sqrt{2} = 4R$$

$$a = 2R\sqrt{2}$$

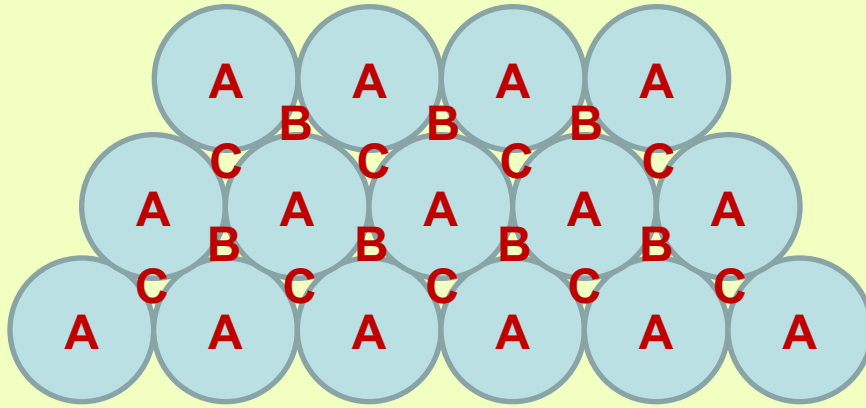
$$DÜAY_{110} = \frac{2 \text{ Atom}}{8R^2\sqrt{2}} = \frac{1}{4R^2\sqrt{2}}$$

(a) Küçük-küre YMK birim hücresinde (110) düzlemi (b) YMK (110) düzleminin atomsal dizilişi.

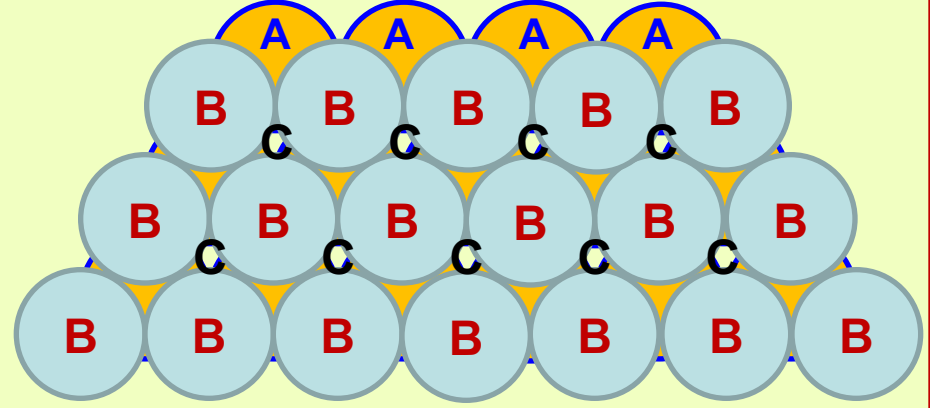
# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Sıkı Paket Kristal Yapılar

- Metalik kristal yapılarda, YMK ve SPH kristal yapılarda en yüksek istiflenme (0.74) oranı vardır.
- **Aşağıdaki şekil (a)**'da sıkı-paket bir atom düzlemi parçası şematik olarak gösterilmiştir. Her iki kristal yapı, sıkı paket düzlemlerin üst üste farklı şekilde dizilmesi ile oluşturulabilir.



(a)



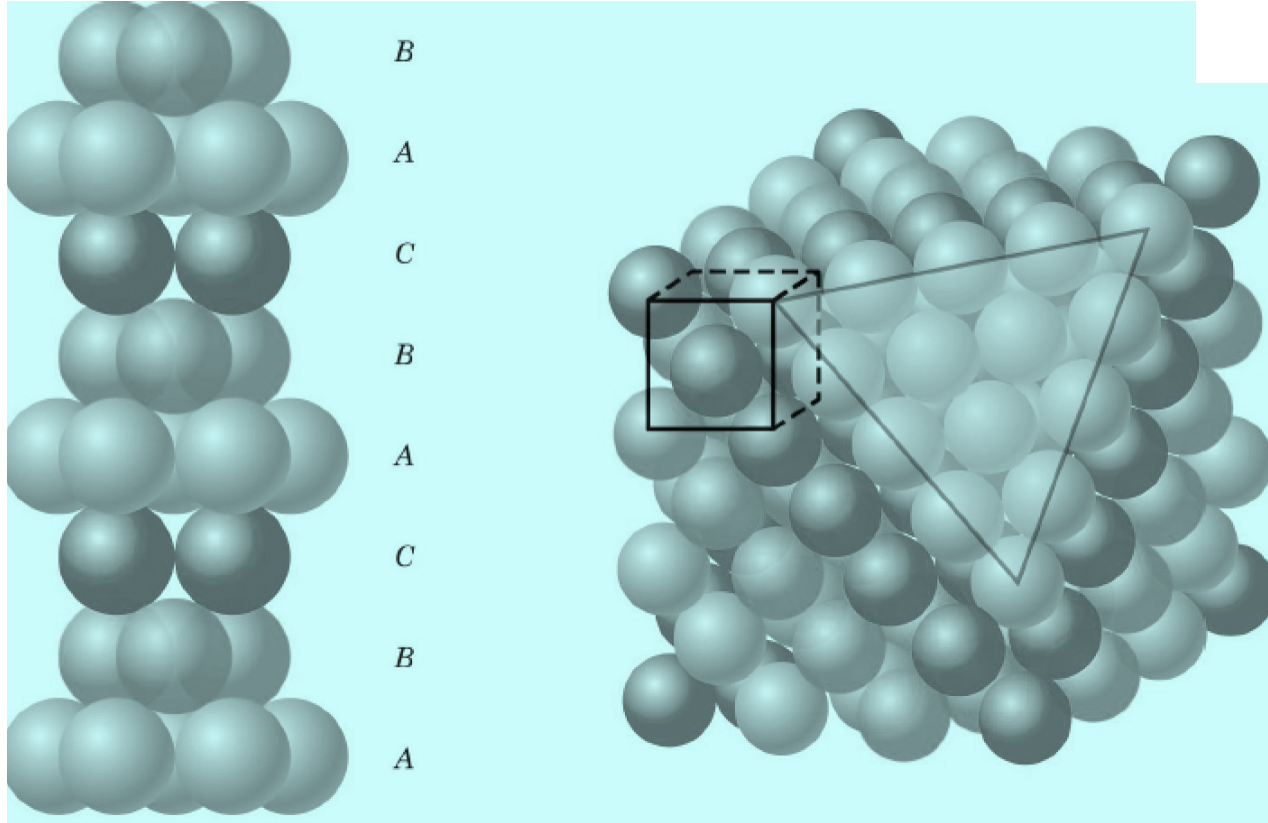
(b)

(a) Üzerinde A, B ve C konumlarının gösterildiği bir sıkı-paket atom düzlem parçası.

(b) Dizilme sırası AB olan iki sıkı-paket atom düzlemi.

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Sıkı Paket Kristal Yapılar



(a)

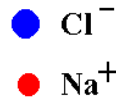
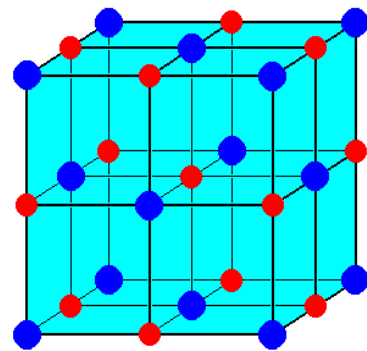
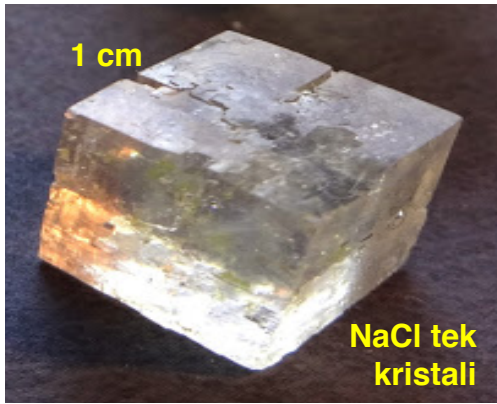
(b)

(a) YMK yapıda sıkı-paket düzlemlerin dizi sırası. (b) Sıkı-paket atom düzlemleri ile oluşturulan küp şeklindeki hacmin, bir köşesindeki atomlar, sıkı-paket atom düzlemlerinin YMK kristal yapıda nasıl bulunduğu gösterilmesi açısından kaldırılmıştır. Şekildeki üçgen ile bir (111) düzlemi belirtilmiştir.

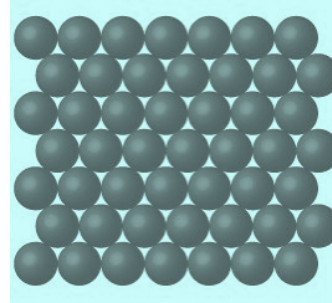
# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Kristal Yapılı Olan ve Olmayan Malzemeler: Tek Kristaller ve Çok-Kristaller

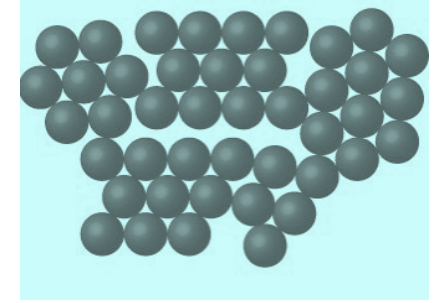
- Kristal yapılu bir katı malzemede, tekrar eden atom düzeninin, numunenin tamamı boyunca kesintisiz devam etmesi durumunda **tek kristal** yapı meydana gelir. Tek kristallerde bütün birim hücreler aynı yönde uzanır. Doğal ya da yapay olarak elde edilebilir.
- Kristal katıların çoğu, çok sayıda küçük kristalden ya da **tane**den meydana gelmiştir. Böyle malzemeler **çok-kristal** olarak adlandırılır.



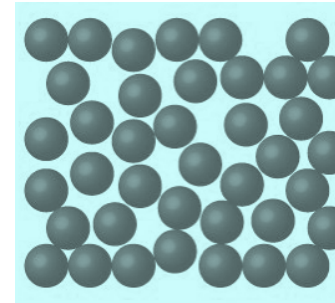
NaCl



**Tek Kristal**



**Çok-Kristal**

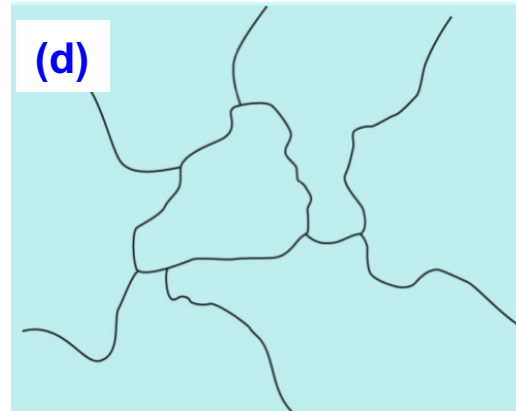
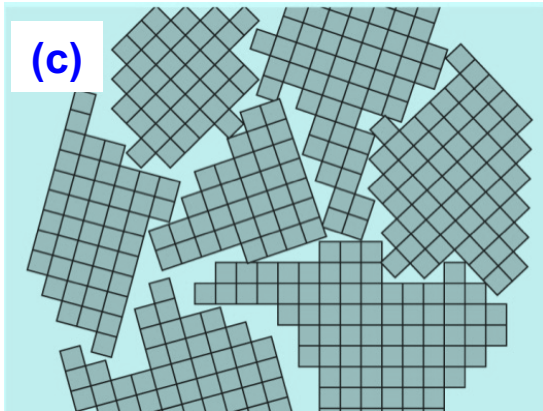
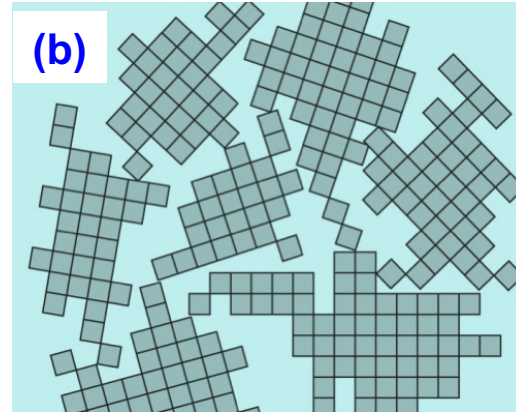
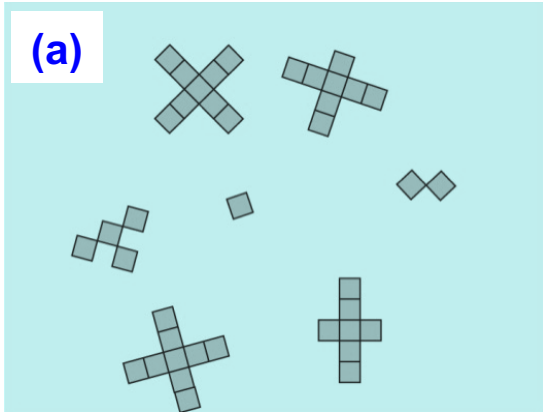


**Amorf**

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Kristal Yapılı Olan ve Olmayan Malzemeler: Tek Kristaller ve Çok-Kristaller

- Aşağıdaki şekilde çok kristalli bir malzemenin katılma evreleri şematik olarak gösterilmiştir.
- Tanelerin birbirlerine temas ettikleri bölgelerde atomsal olarak düzensizlik söz konusudur ve bu bölgeler **tane sınırı** olarak adlandırılır.



Çok kristalli bir malzemenin çeşitli katılma evreleri. Küçük kareler birim hücreleri geliş güzel temsil etmektedir. (a) Küçük kristal çekirdekleri. (b) Kristallerin büyümesi. (c) Katılmanın sonuna doğru geliş güzel şekillere sahip tanelerin oluşması. (d) Metallografik inceleme sırasında mikroskop altında görülebilecek muhtemel tane yapısı. Koyu çizgiler tane sınırlarını göstermektedir.



### 3. Katılarda Kristal Yapılar

#### Kristal Yapılı Olan ve Olmayan Malzemeler: Anizotropi

- Bazı malzemelerin tek kristallerinde fiziksel özellikler, ölçümün gerçekleştirildiği kristal doğrultulara göre değişir. Örneğin, elastiklik modülü, elektrik iletkenliği ve kırınım indeksi [100] ve [111] doğrultularında farklı değerler alabilir. Özelliklerin bu şekilde yöne bağlı olması **anizotropi** olarak adlandırılır ve kristal doğrultularda atom veya iyon dizilişlerinin (atom ya da iyonlar arası mesafenin) farklı olmasından kaynaklanır.
- Özelliklerin yönden bağımsız olduğu malzemeler **izotropik** olarak adlandırılır.

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Kristal Yapılı Olan ve Olmayan Malzemeler: Anizotropi

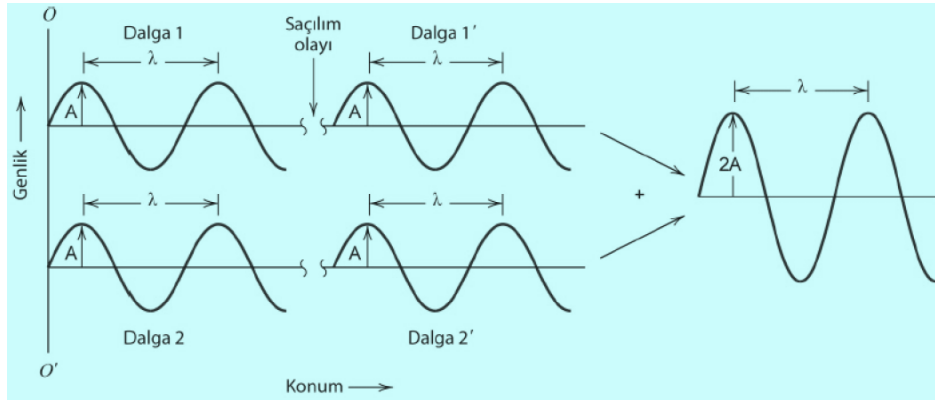
Bazı metaller için [100], [110] ve [111] doğrultularındaki elastiklik modülü değerleri

Metal	Elastik Modülü (GPa)		
	[100]	[110]	[111]
Alüminyum-Al	63.7	72.6	76.1
Bakır-Cu	66.7	130.3	191.1
Demir-Fe	125.0	210.5	272.7
Volfram-W	384.6	384.6	384.6

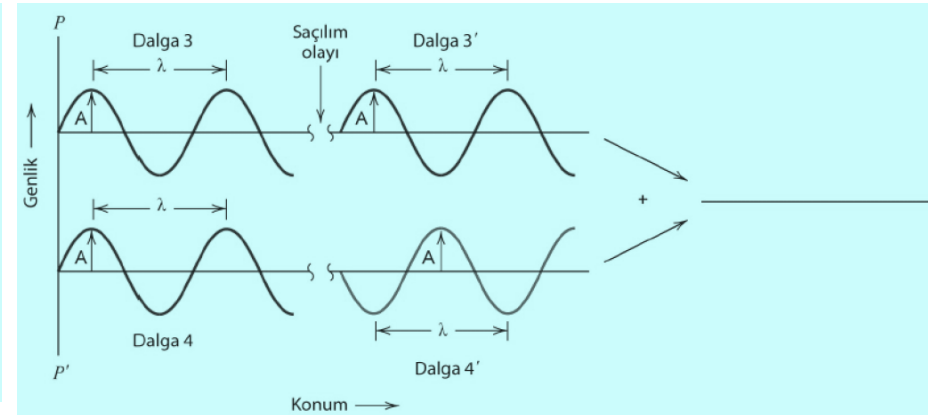
# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## X-Işını Kırınımı: Kristal Yapıların Belirlenmesi

- Bir dalga, (i) kendisinin saçılmasına yol açabilecek ve (ii) dalga boyu ile karşılaştırılabilir aralıklarla düzenli bir şekilde yerleşmiş, bir dizi engeller tarafından saçılmış iki ya da fazla dalganın fazları arasındaki etkileşmeler sonucunda meydana gelir.
- Dalgalar birbirlerini kuvvetlendirici yönde etkiler ve genliklerinin eklenmesi sonucu, şeklin sağ tarafında gösterilen dalga oluşur. Bu **kırınım**ın bir göstergesidir. Kırınan bir ışın, birbirini kuvvetlendiren çok sayıda dalgadan meydana gelir.



(a)



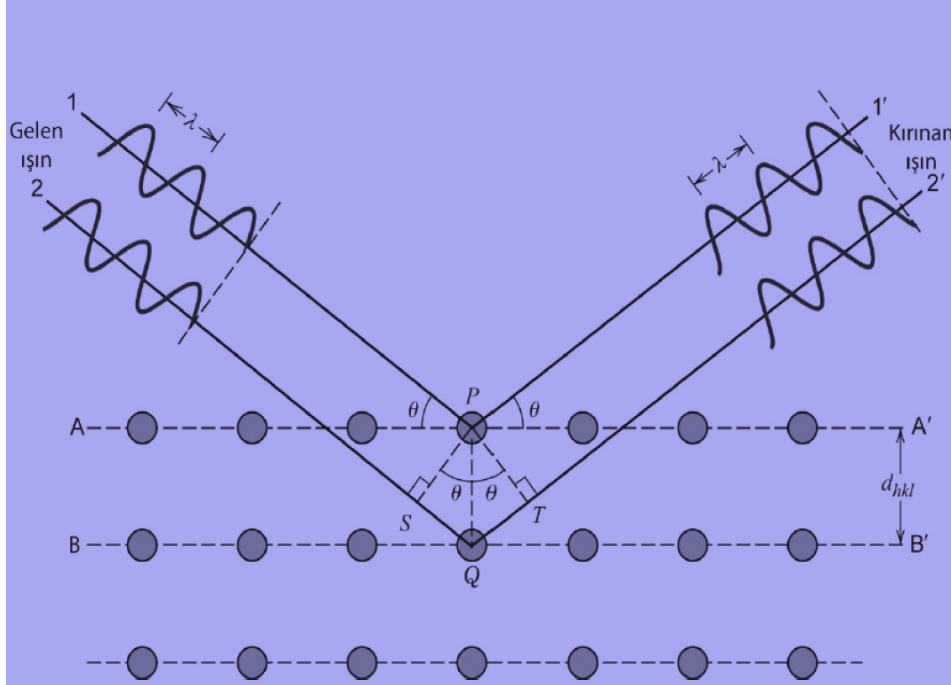
(b)

- (a) Aynı dalga boyuna ( $\lambda$ ) sahip 1 ve 2 sayıları ile gösterilen ve saçıldıktan sonra (1' ve 2' ile gösterilen) aynı fazda kalmaya devam eden iki dalganın yapıcı (kuvvetlendirici) girişimi. Oluşan dalganın genliği bu iki dalganın genliklerinin toplamına eşittir.
- (b) 3 ve 4 sayıları ile gösterilen, dalga boyları aynı olan ve saçıldıktan sonra (3' ve 4' ile gösterilen) zıt fazlı olan iki dalganın yıkıcı girişimi. Saçılan iki dalganın genlikleri birbirlerini yok eder.

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## X-Işını Kırınımı: Kristal Yapıların Belirlenmesi

- Elektromanyetik dalga olan x-ışınlarının dalga boyları katılardaki atomlara arası mesafe ile aynı mertebededir.
- Bir x-ışını demeti herhangi bir katı malzemenin üzerine çarptığında, bu demetin bir kısmı atomların elektronları tarafından her yöne doğru saçılır.
- Dalga boyu  $\lambda$  olan paralel monokromatik ve uyumlu (aynı fazda) bir x-ışını demetinin bu iki düzleme  $\theta$  açısı yapacak şekilde çarptığını farz edelim.



1 ve 2 ile gösterilen ışınlar ve saçılan 1' ve 2' ışınları için, ışınların kat ettikleri mesafelerin farkı dalga boyunun tam katına eşit olduğunda yapıcı girişim olur.

1' ve 2' ışınları arasındaki yol farkı:  $\overline{SQ} + \overline{QT}$  'dir.

$$n\lambda = \overline{SQ} + \overline{QT}$$

$$n\lambda = d_{hkl} \sin\theta + d_{hkl} \sin\theta$$

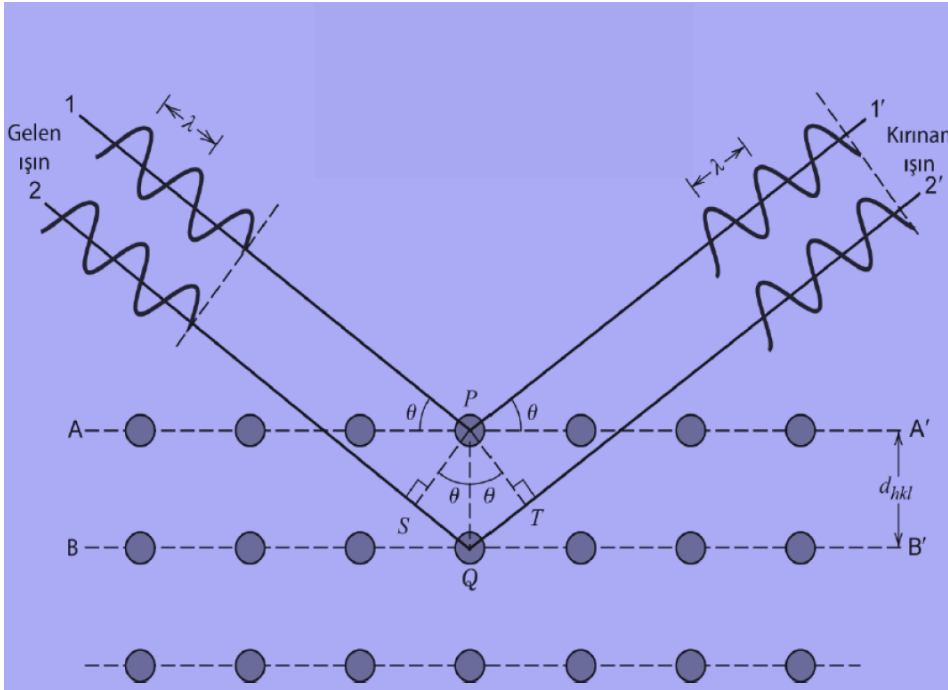
$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin\theta$$

**Bragg  
Yasası**

$$n: 1, 2, 3, \dots$$

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## X-Işını Kırınımı: Kristal Yapıların Belirlenmesi



$$n\lambda = \overline{SQ} + \overline{QT}$$

$$n\lambda = d_{hkl} \sin\theta + d_{hkl} \sin\theta$$

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin\theta \quad \text{Bragg Yasası}$$

$$n: 1, 2, 3, \dots$$

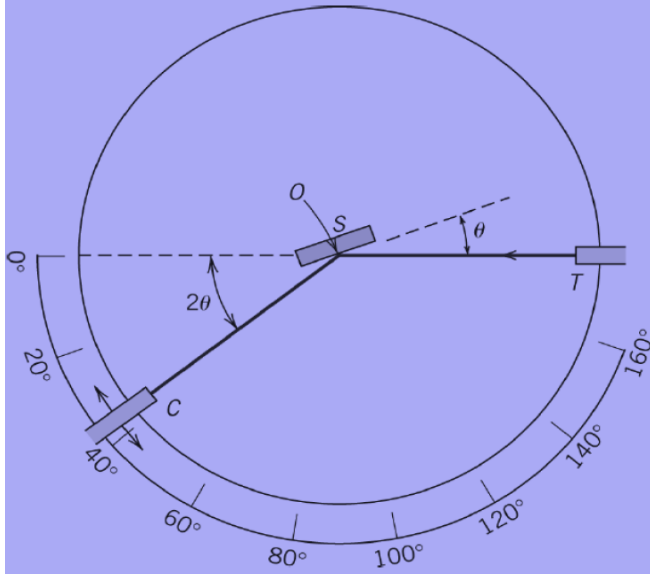
$d_{hkl}$  düzlemler arası mesafe, Miller indisleri  $h, k, l$  ve birim hücre parametrelerine bağlıdır. Kübik birim hücre için:

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}}$$

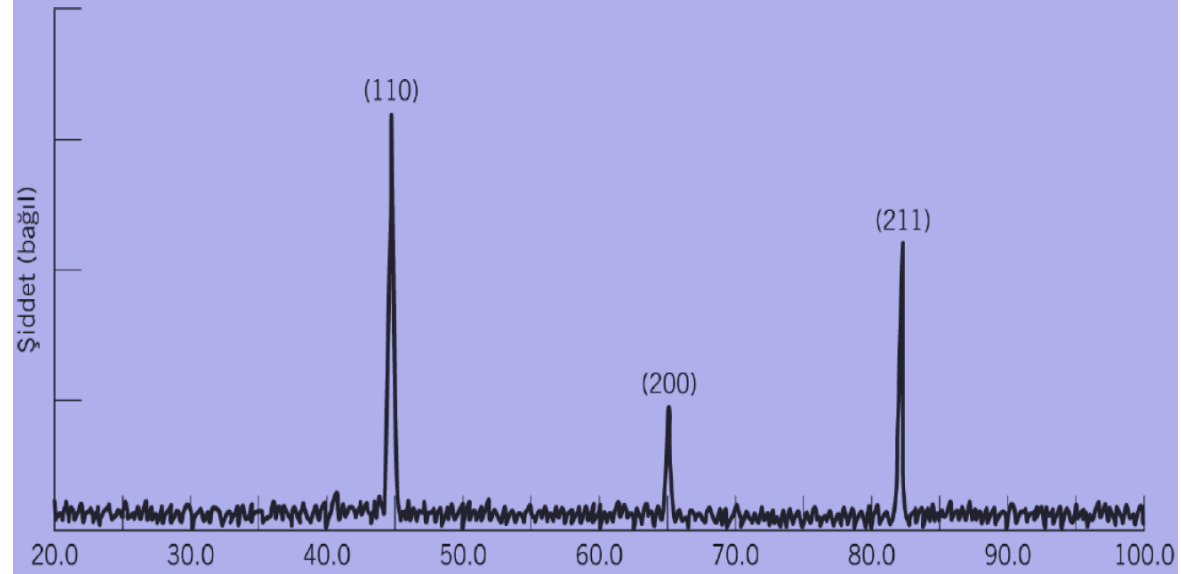
# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## X-Işını Kırınımı: Kırınım Yöntemleri

Yaygın olarak kullanılan bir yöntem, rastgele bir biçimde yönlenmiş çok sayıda ince parçacıktan ya da taneden oluşan, toz halindeki veya çok kristalli bir numune üzerine monokromatik x-ışınlarının gönderilmesi ile gerçekleştirilir. Her bir parçacık (ya da tane) bir kristaldir ve rastgele yönlenmelere sahip olan bu parçacıklardan çok sayıda olması, kırınımın olası olduğu her kristal düzlem türünden, kırınım elde edilebilmesi için uygun yönlenmelere sahip bazı parçacıklarının bulunmasını temin eder.



**$\theta$ -ışını kırınım metresinin şematik gösterimi.**

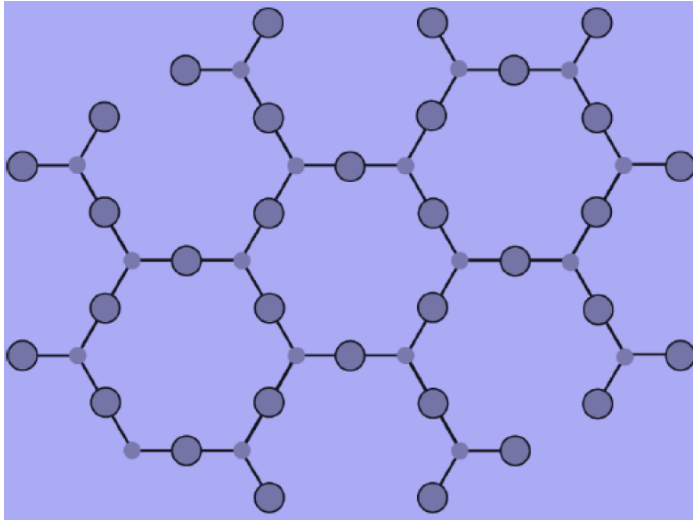


**$\alpha$  Fe'in kırınım deseni.**

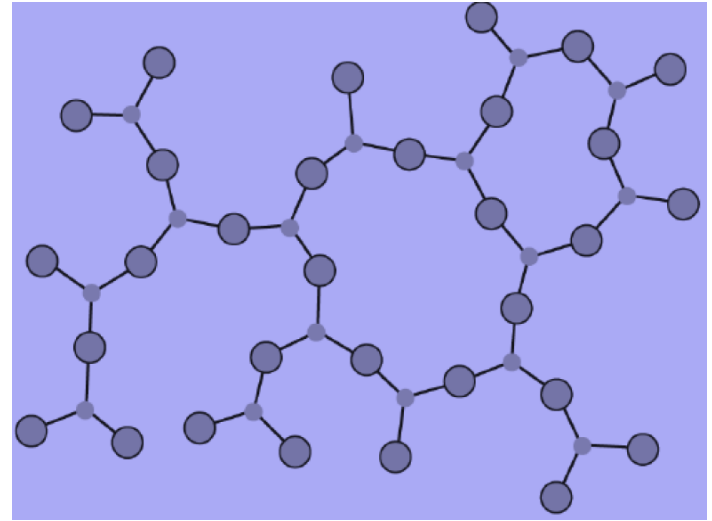
# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Kristaldışı Malzemeler

- Daha önce, **kristaldışı** (**kristal olmayan**) katılarda atomsal ölçekte nispeten uzun mesafelerde sistematik ve düzenli bir atom dizilişi bulunmadığı belirtilmişti. Böyle malzemeler **amorft** (kelime anlamı olarak “formu olmayan” ya da “şekli olmayan”) veya atomsal yapıları sıvılarınkine benzediği için aşırı-soğutulmuş sıvı olarak adlandırılır.



(a)



(b)

Silisyum dioksitin, (a) kristal ve (b) amorf yapılarının iki boyutlu şematik gösterimi.

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Örnek: X-ışını kırınımı

- X-ışını kırınım deneyi  $\lambda=0.7107 \text{ \AA}$  ile  $2\theta$  açılarında aşağıda verildiği şekilde gözlenmiştir. Kristal yapıyı kübik olduğunu farz ederek, pik üretmiş düzlemleri ve birim hücre parametresini belirleyiniz.

Pik	$2\theta$	$\theta$	$\text{Sin}^2\theta$	$\text{Sin}^2\theta/0.03072$	$h^2+k^2+l^2$	(hkl)
1	20.20	10.20				
2	28.72	14.36				
3	35.36	17.68				
4	41.07	20.535				
5	46.19	23.095				
6	50.90	25.45				
7	55.28	27.64				
8	59.42	29.71				



# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Örnek: X-ışını kırınımı

- X-ışını kırınım deneyi  $\lambda=0.7107 \text{ \AA}$  ile  $2\theta$  açılarında aşağıda verildiği şekilde gözlenmiştir. Kristal yapıyı kübik olduğunu farz ederek, pik üretmiş düzlemleri ve birim hücre parametresini belirleyiniz.

Pik	$2\theta$	$\theta$	$\text{Sin}^2\theta$	$\text{Sin}^2\theta/0.03072$	$h^2+k^2+l^2$	(hkl)
1	20.20	10.20	0.03072			
2	28.72	14.36	0.06144			
3	35.36	17.68	0.09216			
4	41.07	20.535	0.12288			
5	46.19	23.095	0.15360			
6	50.90	25.45	0.18432			
7	55.28	27.64	0.21504			
8	59.42	29.71	0.24576			

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Örnek: X-ışını kırınımı

- X-ışını kırınım deneyi  $\lambda=0.7107 \text{ \AA}$  ile  $2\theta$  açılarında aşağıda verildiği şekilde gözlenmiştir. Kristal yapıyı kübik olduğunu farz ederek, pik üretmiş düzlemleri ve birim hücre parametresini belirleyiniz.

Pik	$2\theta$	$\theta$	$\text{Sin}^2\theta$	$\text{Sin}^2\theta/0.03072$	$h^2+k^2+l^2$	(hkl)
1	20.20	10.20	0.03072	1		
2	28.72	14.36	0.06144	2		
3	35.36	17.68	0.09216	3		
4	41.07	20.535	0.12288	4		
5	46.19	23.095	0.15360	5		
6	50.90	25.45	0.18432	6		
7	55.28	27.64	0.21504	7		
8	59.42	29.71	0.24576	8		

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Örnek: X-ışını kırınımı

- X-ışını kırınım deneyi  $\lambda=0.7107 \text{ \AA}$  ile  $2\theta$  açılarında aşağıda verildiği şekilde gözlenmiştir. Kristal yapıyı kübik olduğunu farz ederek, pik üretmiş düzlemleri ve birim hücre parametresini belirleyiniz.

Pik	$2\theta$	$\theta$	$\text{Sin}^2\theta$	$\text{Sin}^2\theta/0.03072$	$h^2+k^2+l^2$	(hkl)
1	20.20	10.20	0.03072	1	2	
2	28.72	14.36	0.06144	2	4	
3	35.36	17.68	0.09216	3	6	
4	41.07	20.535	0.12288	4	8	
5	46.19	23.095	0.15360	5	10	
6	50.90	25.45	0.18432	6	12	
7	55.28	27.64	0.21504	7	14	
8	59.42	29.71	0.24576	8	16	

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Örnek: X-ışını kırınımı

- X-ışını kırınım deneyi  $\lambda=0.7107 \text{ \AA}$  ile  $2\theta$  açılarında aşağıda verildiği şekilde gözlenmiştir. Kristal yapıyı kübik olduğunu farz ederek, pik üretmiş düzlemleri ve birim hücre parametresini belirleyiniz.

Pik	$2\theta$	$\theta$	$\text{Sin}^2\theta$	$\text{Sin}^2\theta/0.03072$	$h^2+k^2+l^2$	(hkl)
1	20.20	10.20	0.03072	1	2	(110)
2	28.72	14.36	0.06144	2	4	(200)
3	35.36	17.68	0.09216	3	6	(211)
4	41.07	20.535	0.12288	4	8	(220)
5	46.19	23.095	0.15360	5	10	(310)
6	50.90	25.45	0.18432	6	12	(222)
7	55.28	27.64	0.21504	7	14	(321)
8	59.42	29.71	0.24576	8	16	(400)

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Örnek: X-ışını kırınımı

- X-ışını kırınım deneyi  $\lambda=0.7107 \text{ \AA}$  ile  $2\theta$  açılarında aşağıda verildiği şekilde gözlenmiştir. Kristal yapıyı kübik olduğunu farz ederek, pik üretmiş düzlemleri ve birim hücre parametresini belirleyiniz.

Pik	$2\theta$	$\theta$	$\text{Sin}^2\theta$	$\text{Sin}^2\theta/0.03072$	$h^2+k^2+l^2$	(hkl)
1	20.20	10.20	0.03072	1	2	(110)
2	28.72	14.36	0.06144	2	4	(200)
3	35.36	17.68	0.09216	3	6	(211)
4	41.07	20.535	0.12288	4	8	(220)
5	46.19	23.095	0.15360	5	10	(310)
6	50.90	25.45	0.18432	6	12	(222)
7	55.28	27.64	0.21504	7	14	(321)
8	59.42	29.71	0.24576	8	16	(400)

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \quad n\lambda = 2d_{hkl}\text{Sin}\theta$$

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Örnek: X-ışını kırınımı

- X-ışını kırınım deneyi  $\lambda=0.7107 \text{ \AA}$  ile  $2\theta$  açılarında aşağıda verildiği şekilde gözlenmiştir. Kristal yapıyı kübik olduğunu farz ederek, pik üretmiş düzlemleri ve birim hücre parametresini belirleyiniz.

Pik	$2\theta$	$\theta$	$\text{Sin}^2\theta$	$\text{Sin}^2\theta/0.03072$	$h^2+k^2+l^2$	(hkl)
1	20.20	10.20	0.03072	1	2	(110)
2	28.72	14.36	0.06144	2	4	(200)
3	35.36	17.68	0.09216	3	6	(211)
4	41.07	20.535	0.12288	4	8	(220)
5	46.19	23.095	0.15360	5	10	(310)
6	50.90	25.45	0.18432	6	12	(222)
7	55.28	27.64	0.21504	7	14	(321)
8	59.42	29.71	0.24576	8	16	(400)

$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \quad n\lambda = 2d_{hkl}\text{Sin}\theta$$

$$d_{400} = \frac{\lambda}{2\text{Sin}\theta} = \frac{0.7107}{2\text{Sin}(29.71)} = 0.71699 \text{ \AA}$$

# 3. Katılarda Kristal Yapılar

## Örnek: X-ışını kırınımı

- X-ışını kırınım deneyi  $\lambda=0.7107 \text{ \AA}$  ile  $2\theta$  açılarında aşağıda verildiği şekilde gözlenmiştir. Kristal yapıyı kübik olduğunu farz ederek, pik üretmiş düzlemleri ve birim hücre parametresini belirleyiniz.

Pik	$2\theta$	$\theta$	$\text{Sin}^2\theta$	$\text{Sin}^2\theta/0.03072$	$h^2+k^2+l^2$	(hkl)
1	20.20	10.20	0.03072	1	2	(110)
2	28.72	14.36	0.06144	2	4	(200)
3	35.36	17.68	0.09216	3	6	(211)
4	41.07	20.535	0.12288	4	8	(220)
5	46.19	23.095	0.15360	5	10	(310)
6	50.90	25.45	0.18432	6	12	(222)
7	55.28	27.64	0.21504	7	14	(321)
8	59.42	29.71	0.24576	8	16	(400)

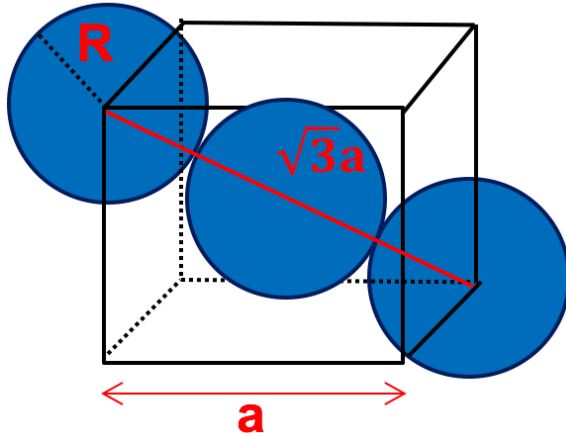
$$d_{hkl} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \quad n\lambda = 2d_{hkl}\text{Sin}\theta$$

$$d_{400} = \frac{\lambda}{2\text{Sin}\theta} = \frac{0.7107}{2\text{Sin}(29.71)} = 0.71699 \text{ \AA}$$

$$a = d_{hkl}\sqrt{h^2 + k^2 + l^2} = 0.71688 * 4 = 2.868 \text{ \AA}$$

### 3. Katılarda Kristal Yapılar

Mo için (111) düzlemleri için düzlemler arası mesafeyi hesaplayınız.



Metal	Kristal Yapı	Atom Yarıçapı (nm)
Molibden	HMK	R=0.1363

$$a = \frac{4R}{\sqrt{3}} = \frac{4 * 0.1363 \text{ nm}}{\sqrt{3}} = 0.3148 \text{ nm}$$

$$d_{111} = \frac{a}{\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} = \frac{0.3148 \text{ nm}}{\sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2}} = 0.1817 \text{ nm}$$