

**BMM 205**

# Malzeme Biliminin Temelleri

## Katıların Kristal Geometrileri Kristalografik Yönler ve Düzlemler

**Dr. Ersin Emre Ören**

**Biyomedikal Mühendisliği Bölümü**

**Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği Bölümü**

**TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi**

**Ankara - TÜRKİYE**

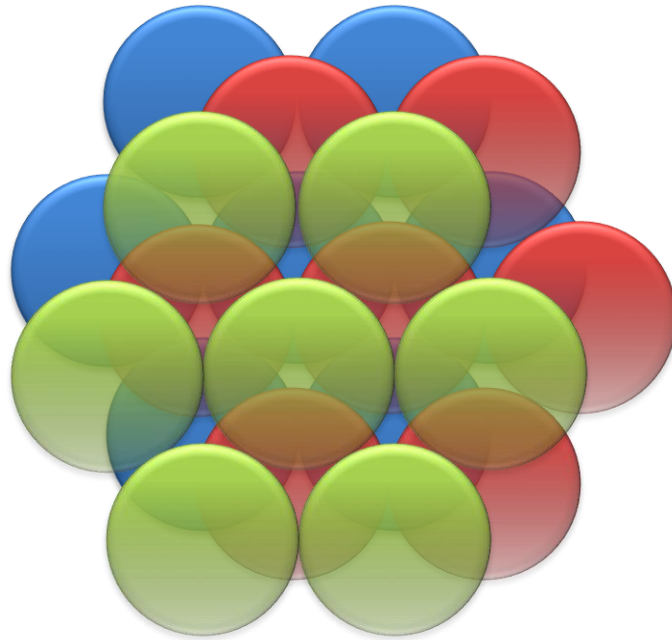
[eeoren@etu.edu.tr](mailto:eeoren@etu.edu.tr)

<http://eeoren.etu.edu.tr>



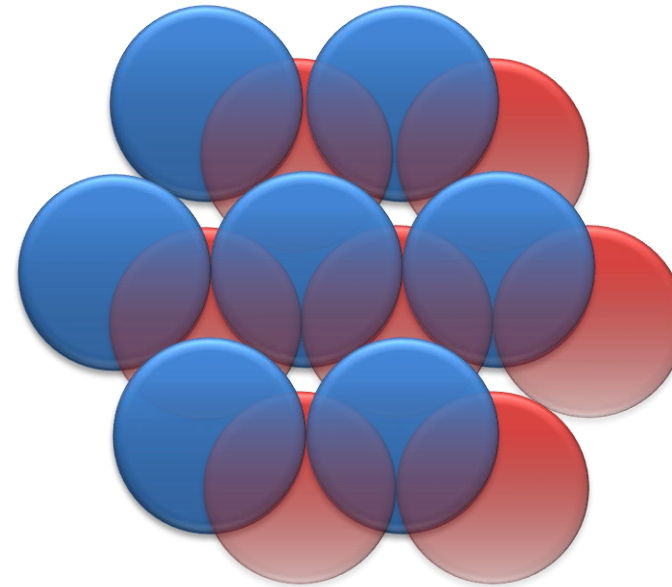
**BİYONANOTASARIM  
LABORATUVARI**

**Yüzey Merkezli Kübik**  
Face – Centered Cubic (FCC)



**A B C A B C A B C**

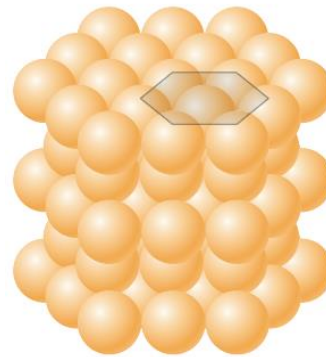
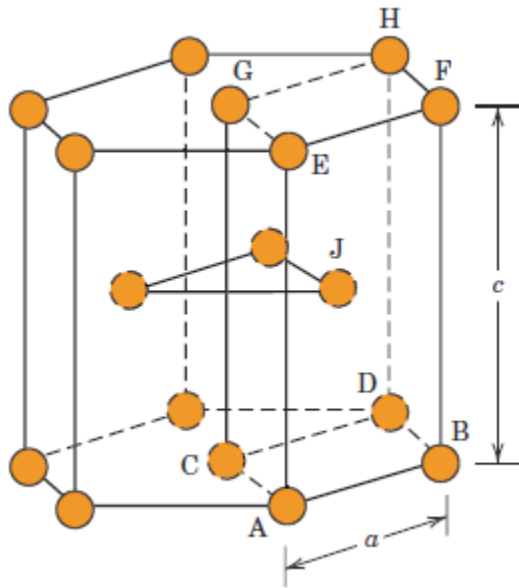
**Altıgen Kapalı Yapı**  
Hexagonal Close Packed (HCP)



**A B A B A B A B**

## Altıgen Kapalı Yapı

### Hexagonal Close Packed (HCP)



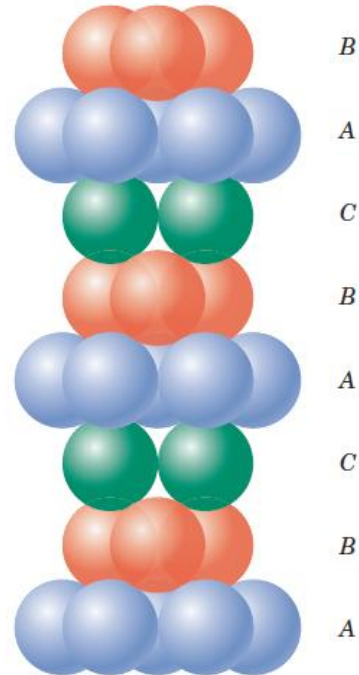
$$a = 2r \quad c = \sqrt{\frac{8}{3}}a = 1.633a$$

$$N_{HCP} = 12 \cdot \frac{1}{6} + 2 \cdot \frac{1}{2} + 3 = 6$$

$$V_{HCP} = 6 \cdot \frac{a^2 \sqrt{3}}{4} \cdot \sqrt{\frac{8}{3}}a = 3\sqrt{2}a^3 = 24\sqrt{2}r^3$$

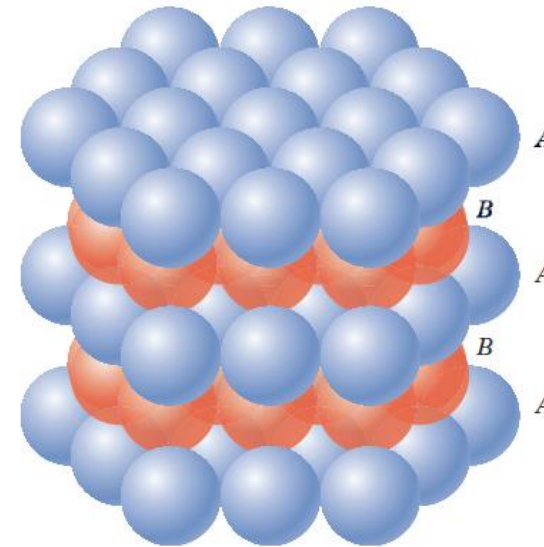
$$AFP_{HCP} = \frac{6 \cdot \frac{4}{3} \pi r^3}{24\sqrt{2}r^3} = 0.74$$

**Yüzey Merkezli Kübik**  
Face – Centered Cubic (FCC)



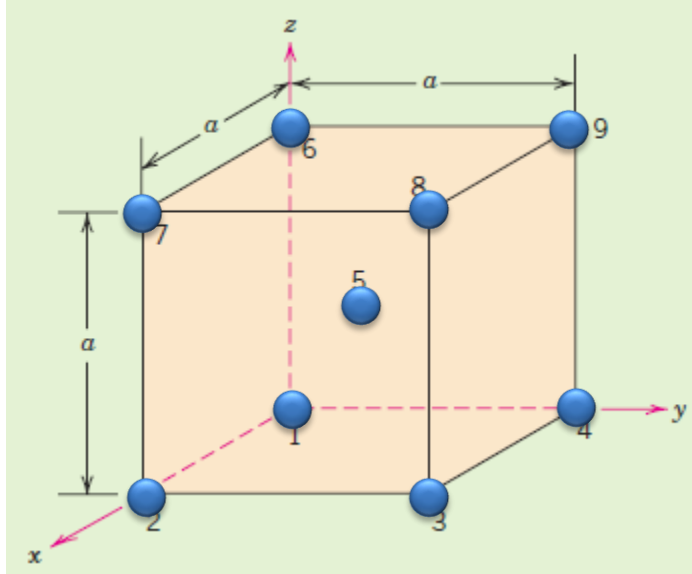
**A B C A B C A B C**

**Altıgen Kapalı Yapı**  
Hexagonal Close Packed (HCP)



**A B A B A B A B A B**

## Nokta Koordinatlarının Belirlenmesi



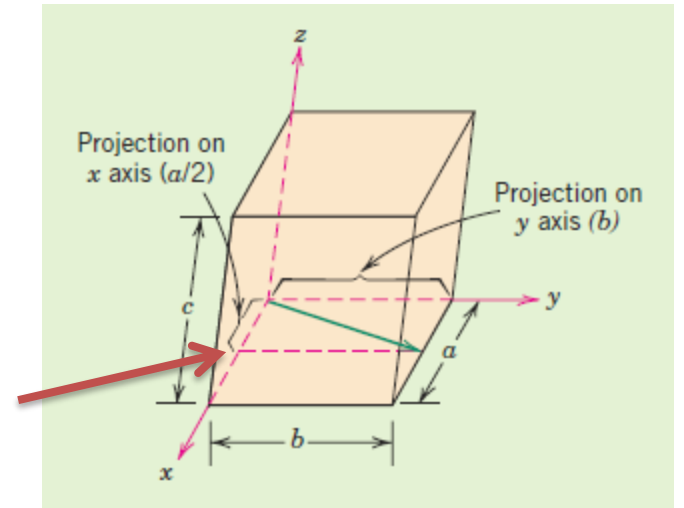
	Kesirli Uzunluklar				Nokta Koordinatları
	x	y	z		
1	0	0	0	➔	0 0 0
2	1	0	0	➔	1 0 0
3	1	1	0	➔	1 1 0
4	0	1	0	➔	0 1 0
5	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	➔	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$
6	0	0	1	➔	0 0 1
7	1	0	1	➔	1 0 1
8	1	1	1	➔	1 1 1
9	0	1	1	➔	0 1 1

## Yön İndislerinin Belirlenmesi

Kristalografik yön iki nokta arasında bir çizgi ya da bir vektör olarak tanımlanır.

### Üç yönlü indislerin belirlenmesi:

1. Uygun uzunlukta bir vektör koordinat sisteminin orijininden geçecek şekilde yerleştirilir.
2. Vektörün eksenler üzerindeki izdüşüm uzunlukları, birim hücre parametreleri (a, b, c) cinsinden belirlenir.
3. Bu uzunluklar en küçük tamsayı değerlerine getirilecek şekilde ortak bir faktör ile çarpılır.
4. Bulunan her üç indis köşeli parantez içine alınır: **[uvw]**  
u, v ve w tamsayıları sırasıyla x, y, ve z eksenleri boyunca azaltılmış projeksiyonları karşılık gelir.



	x	y	z
izdüşüm	a/2	b	0c
izdüşüm	1/2	1	0
azaltım	1	2	0

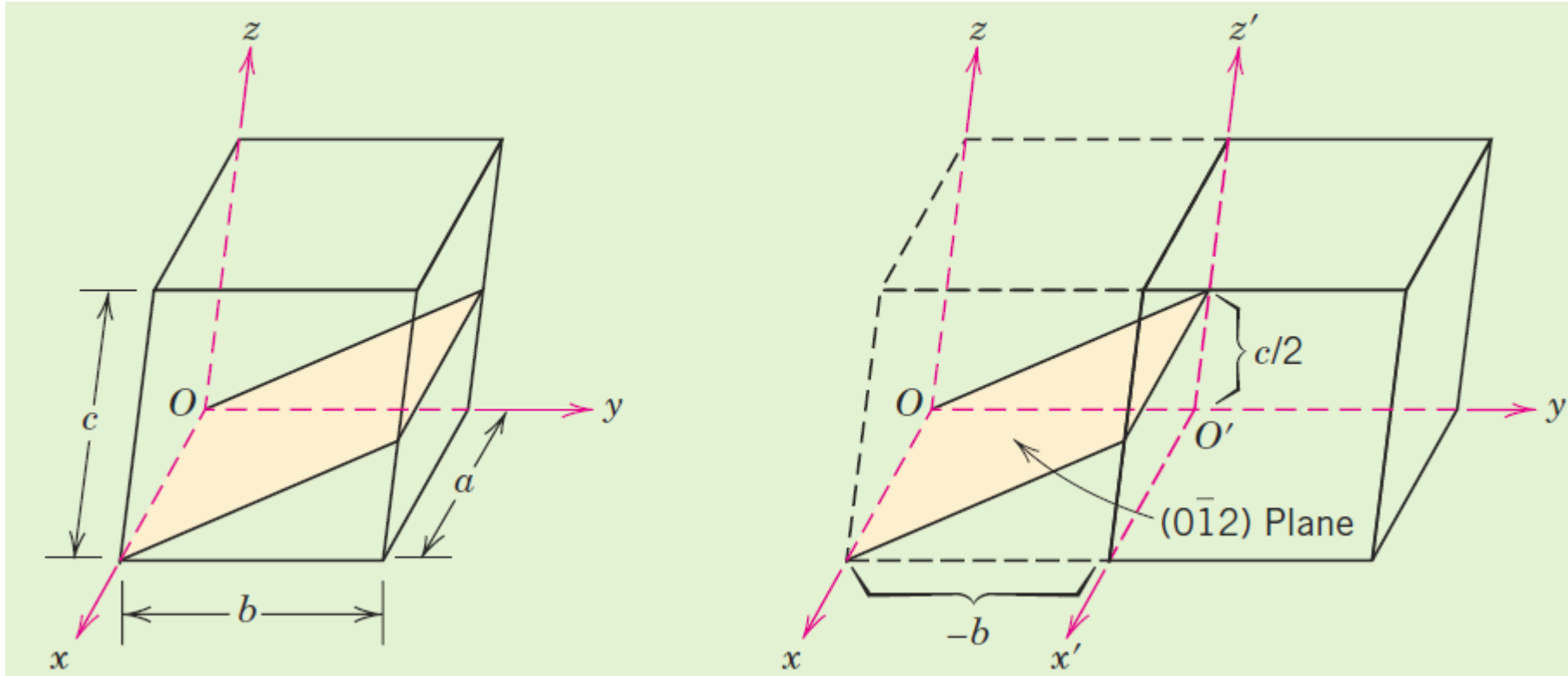
**Not:** Eksi yönler indisler üzerine - konularak belirtilir.

**[ $\bar{1}20$ ]**

**→ [120]**

## Düzlemsel (Miller) İndislerin Belirlenmesi

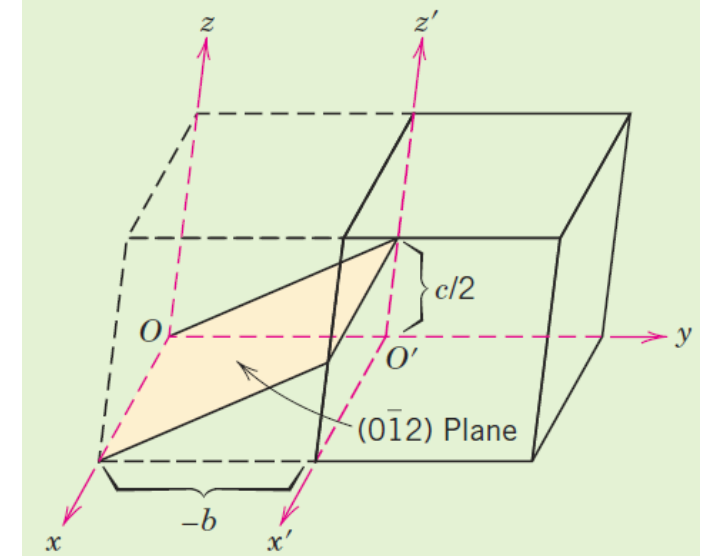
Altıgen kristal sistemi dışındaki tüm kristalografik düzlemler (hkl) olmak üzere üç Miller indisi tarafından belirlenir.



## Düzlemsel (Miller) İndislerin Belirlenmesi

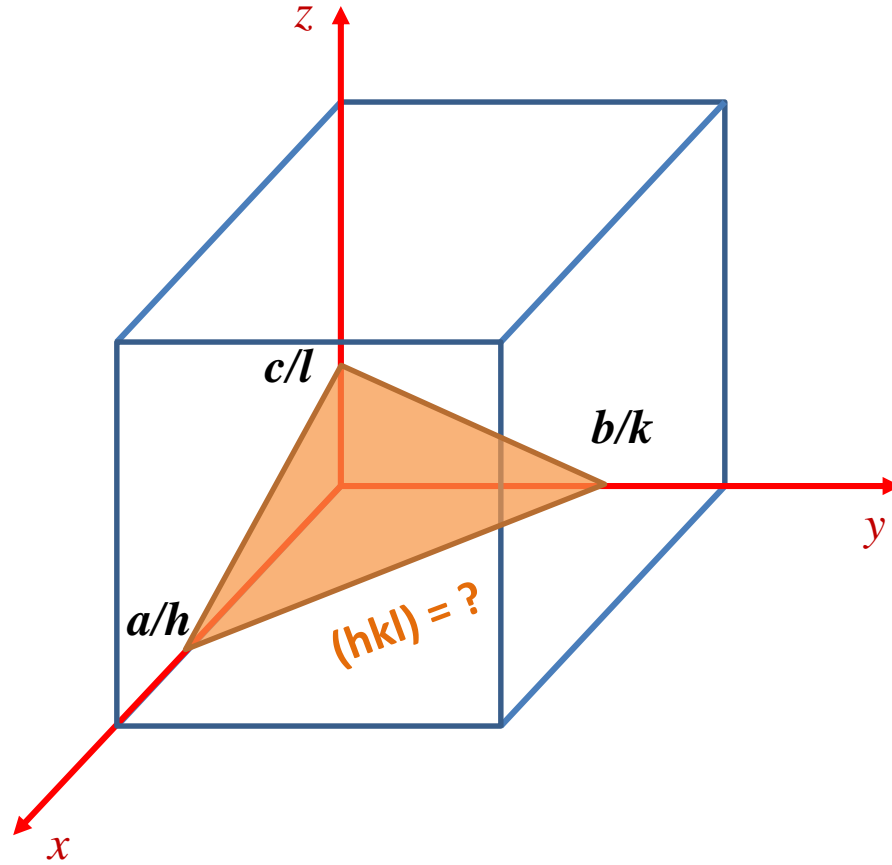
### Miller indislerinin belirlenmesi:

1. Eğer düzlem koordinat sisteminin orijininden geçiyorsa yeni bir orijin seçilerek düzlem orijinin dışına taşınır.
2. Bu durumda düzlem koordinat eksenlerini ya kesmektedir ya da bu eksenlere paraleldir. Düzlemin eksenleri kesim noktaları belirlenir.
3. Düzlemin eksenleri kesim noktaları birim hücre parametreleri (a, b, c) cinsinden belirlenir.
3. Bu sayıların tersi belirlenir.
4. Bu uzunluklar en küçük tamsayı değerlerine getirilecek şekilde ortak bir faktör ile çarpılır.
5. Bulunan her üç indis parantez içine alınır: **[hkl]**

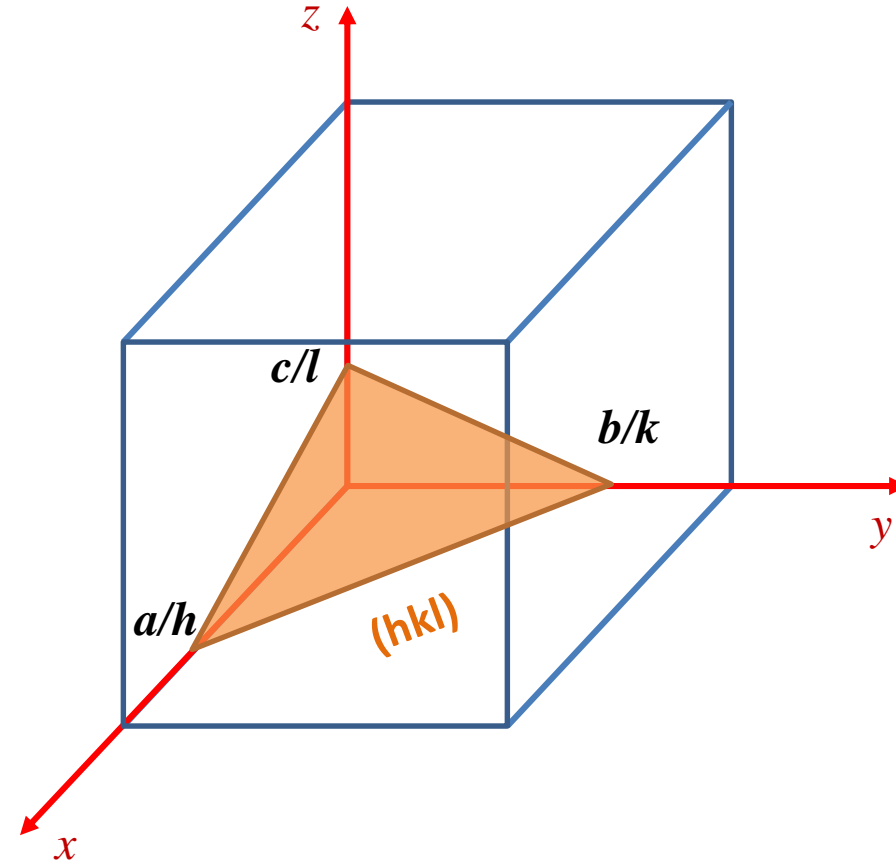


	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>z</b>	
<b>Kesim noktası</b>	$\infty a$	$-b$	$c/2$	
<b>Kesim noktası</b>	$\infty$	$-1$	$1/2$	
<b>Tersi</b>	$0$	$-1$	$2$	$\rightarrow (0\bar{1}2)$

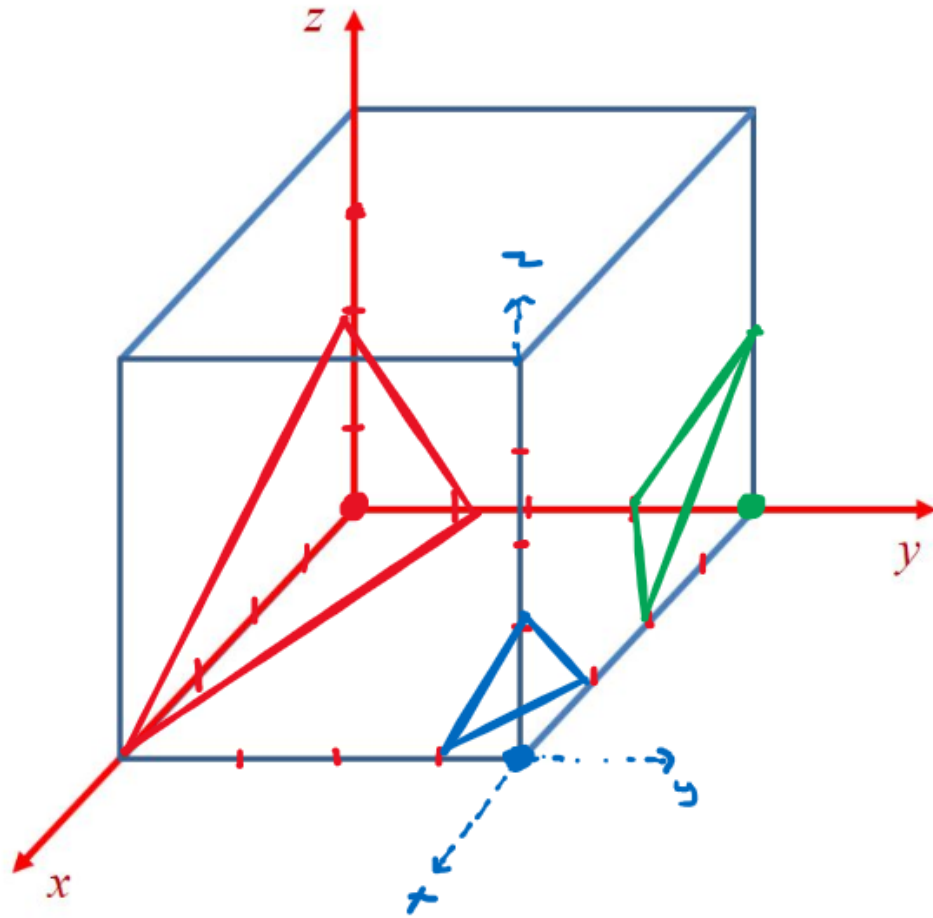




<b>Kesim Noktaları</b>	$a/h$	$b/k$	$c/l$
<b>Tersi</b>	$1/h$	$1/k$	$1/l$
<b>Miller indisleri</b>	$h$	$k$	$l$



<b>Kesim Noktaları</b>	$a/h$	$b/k$	$c/l$
<b>Tersi</b>	$1/h$	$1/k$	$1/l$
<b>Miller indisleri</b>	$h$	$k$	$l$



1.

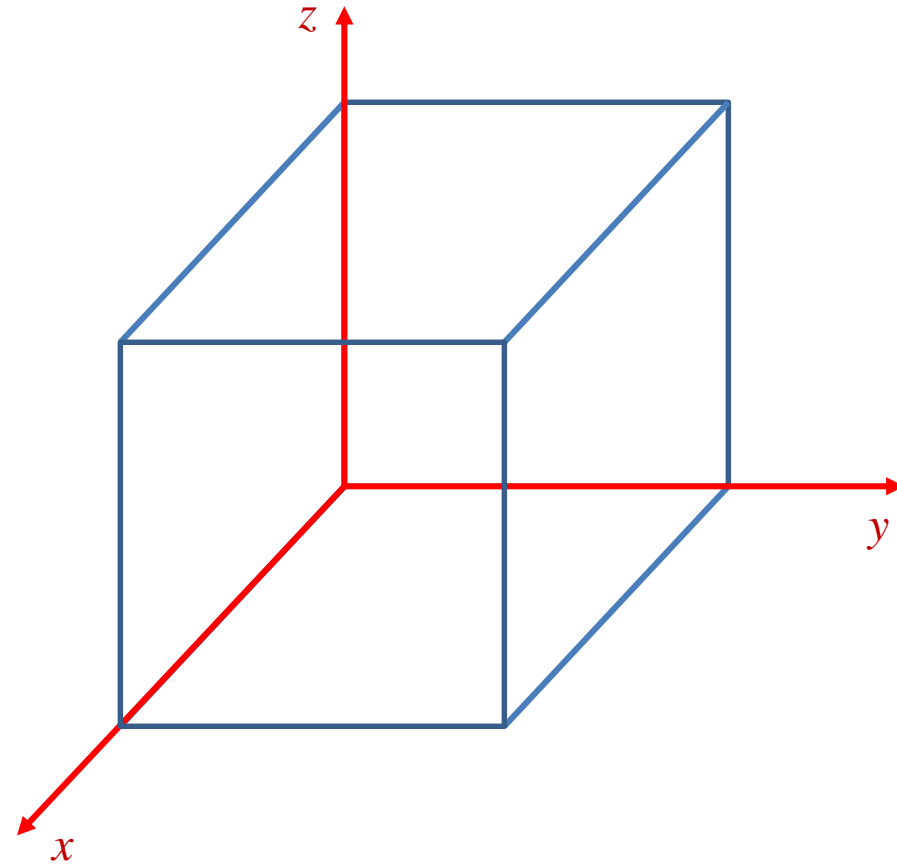
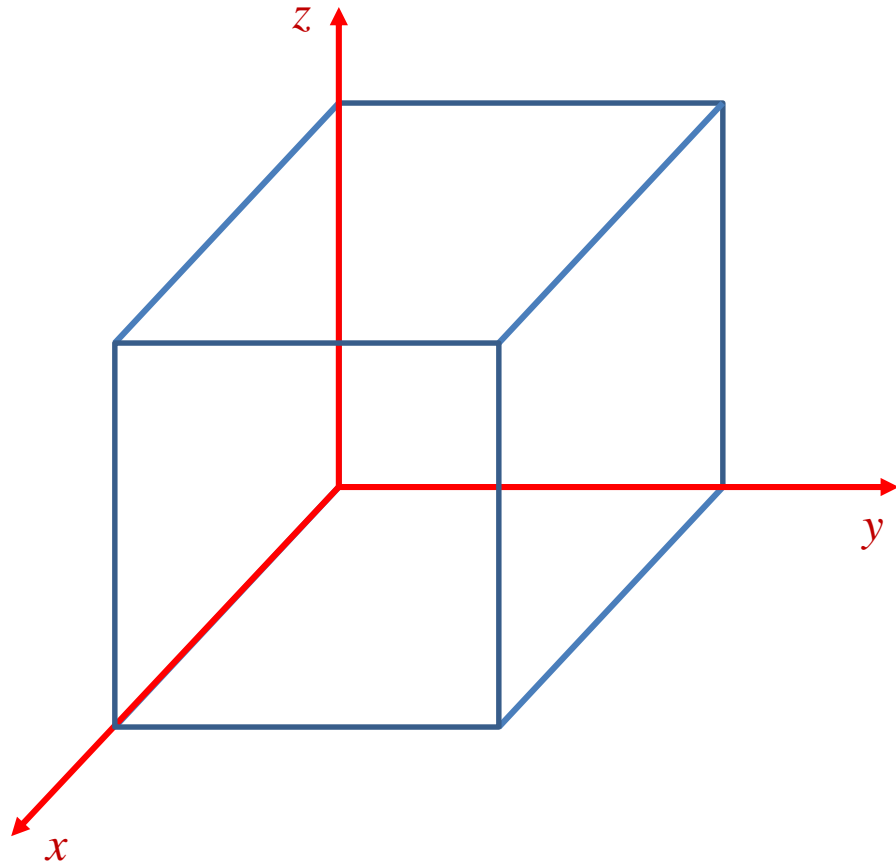
x	y	z
$-\frac{1}{4}$	$-\frac{1}{4}$	$-\frac{1}{4}$
-4	-4	-4
$(\bar{4}\bar{4}\bar{4})$		

2.

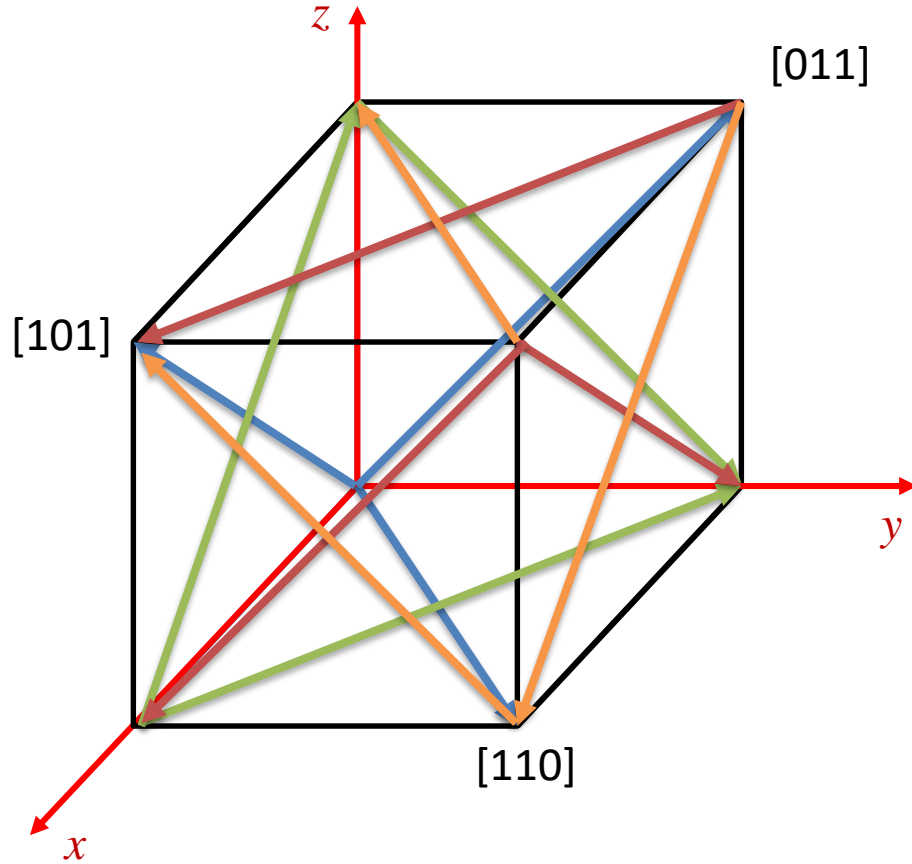
x	y	z
1	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$
1	4	2
$(142)$		

3.

x	y	z
$\frac{1}{2}$	$-\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$
2	-4	2
$(2\bar{4}2)$		



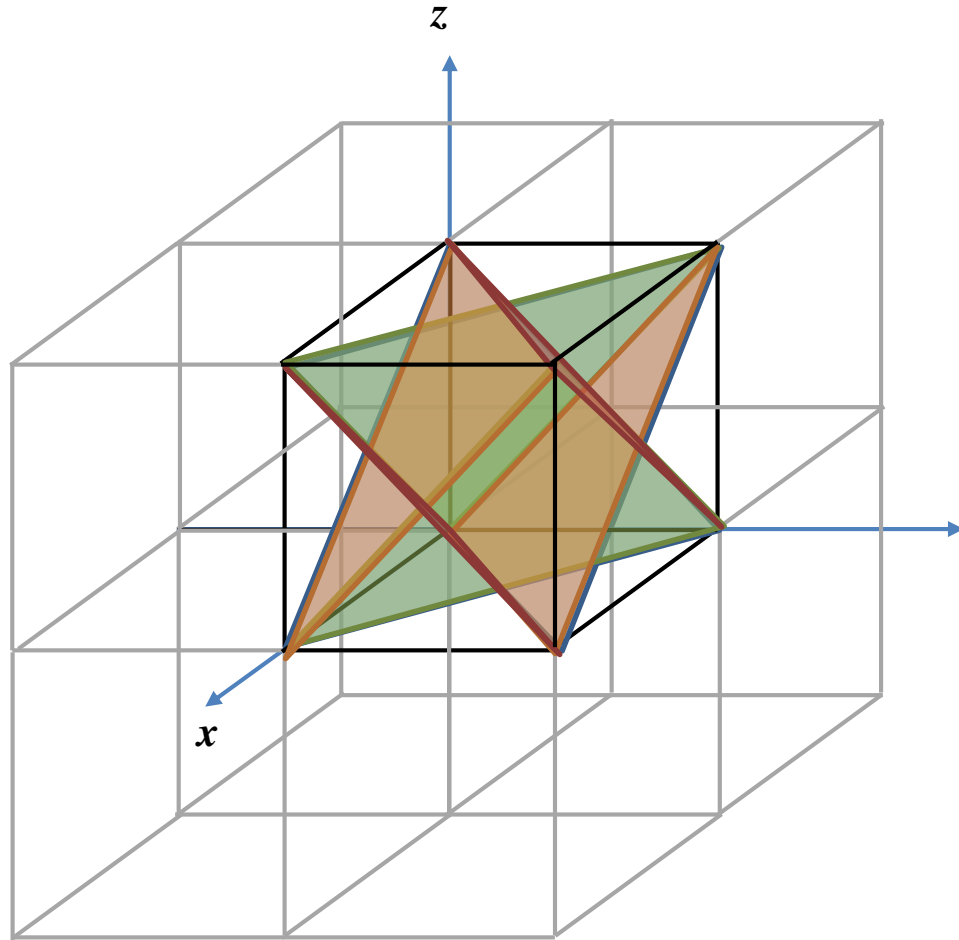
## Yön Aileleri



**<110> yönleri**

[110]	$[\bar{1}10]$	$[1\bar{1}0]$	$[\bar{1}\bar{1}0]$
[011]	$[01\bar{1}]$	$[0\bar{1}1]$	$[0\bar{1}\bar{1}]$
[101]	$[\bar{1}01]$	$[10\bar{1}]$	$[\bar{1}0\bar{1}]$

## Düzlem aileleri



**{111} düzlemleri**

(111)     $(\bar{1}\bar{1}\bar{1})$

$(\bar{1}\bar{1}1)$      $(11\bar{1})$

*y*

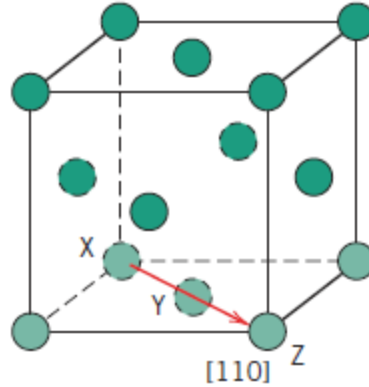
$(1\bar{1}1)$      $(\bar{1}1\bar{1})$

$(\bar{1}11)$      $(1\bar{1}\bar{1})$

## Çizgisel ve Düzlemsel Yoğunluklar

**Çizgisel Yoğunluk:**  $LD = \frac{\text{merkezi vektör üzerinde bulunan atom uzunluğu}}{\text{vektörün uzunluğu}}$

**Düzlemsel Yoğunluk:**  $PD = \frac{\text{merkezi düzlem üzerinde bulunan atom alanı}}{\text{düzlemin alanı}}$



$$LD_{[110]} = \frac{2 \text{ atom}}{4r} = \frac{2 \times 2r}{4r} = 1$$

Kristal Yapı	Yön	Düzlem
SC	$\langle 100 \rangle$	Yok
BCC	$\langle 111 \rangle$	Yok
FCC	$\langle 110 \rangle$	$\{111\}$
HCP	$\langle 100 \rangle, \langle 110 \rangle, \langle 11\bar{2}0 \rangle$	$(0001), (0002)$

**Önümüzdeki Ders Saatinde**

**Ders Kitabımızın 3. Bölümündeki**

**KRİSTAL GEOMETRİLERİ,  
KRİSTALOGRAFİK YÖNLER VE DÜZLEMLER**

**adlı konuya devam edeceğiz!**