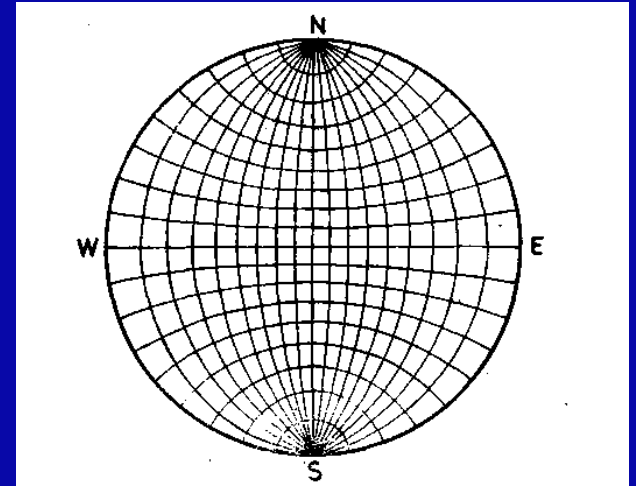
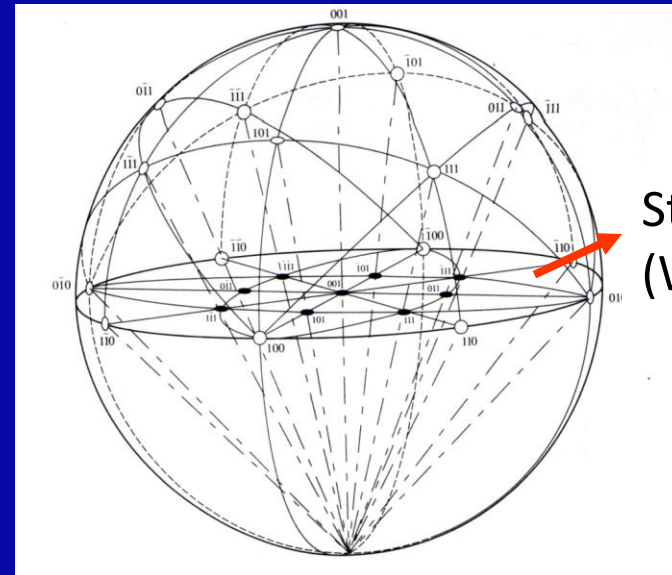


13/17 EKİM 2014

Kristallerdeki yüzeyler, simetri ve simetri elemanları 2 boyutta nasıl gösterilir?



Küresel projeksiyon ile stereografik projeksiyonun farkı?



Stereo-net
(Wulff-net)

Nokta grubu ne demek?

Hermann-Maugiune sembolleri neyi gösterir?

3m

4⁻

4/m

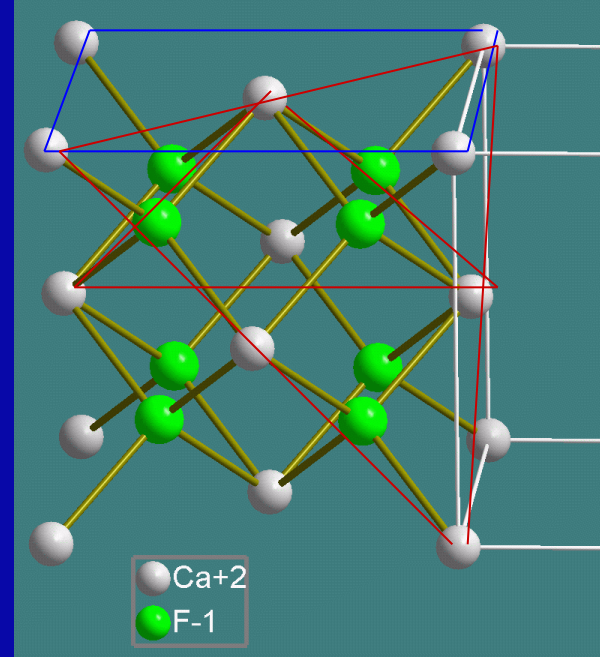
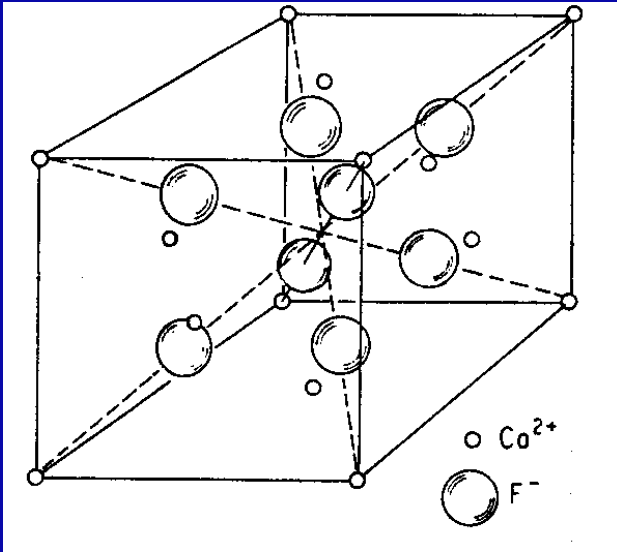
32

BÖLÜM II
KRİSTAL MORFOLOJİSİ,
SİSTEMLERİ ve YÜZEYLERİN
ADLANMASI

- Kristallerde iç ve dış yapı arasındaki ilişki
 - Kristal yüzey ve kenarları
 - Açı sabitliği yasası
- Kristal Sistemleri
- Yüzeylerin indislenmesi

- Kristallerde iç ve dış yapı arasındaki ilişki

Kristal, kendisini oluşturan atomların veya iyonların düzenli ve tekrarlanan bir şekilde üç boyutta düzenlenmesi ile oluşan yapılardır. Şartlar uygun olduğunda bu iç yapıdaki düzen, dış yapıda da kendisini gösterir. Bu şartlar, P, T, çözeltinin veya akışkanın doğası, akış doğrultusu, büyüme için gerekli serbest alan vs.dir. Yüzeyler atom düzlemleridir. Bu düzlemlerde çok sayıda atom yer alıyorsa , yüzey büyük olur. Az sayıda atom küçük yüzeyle sonuçlanır.



Kristal yüzeyleri iç yapı ile doğrudan ilişkilidir. Bu ilişki mineralleri tanımlamada en önemli özelliktir.

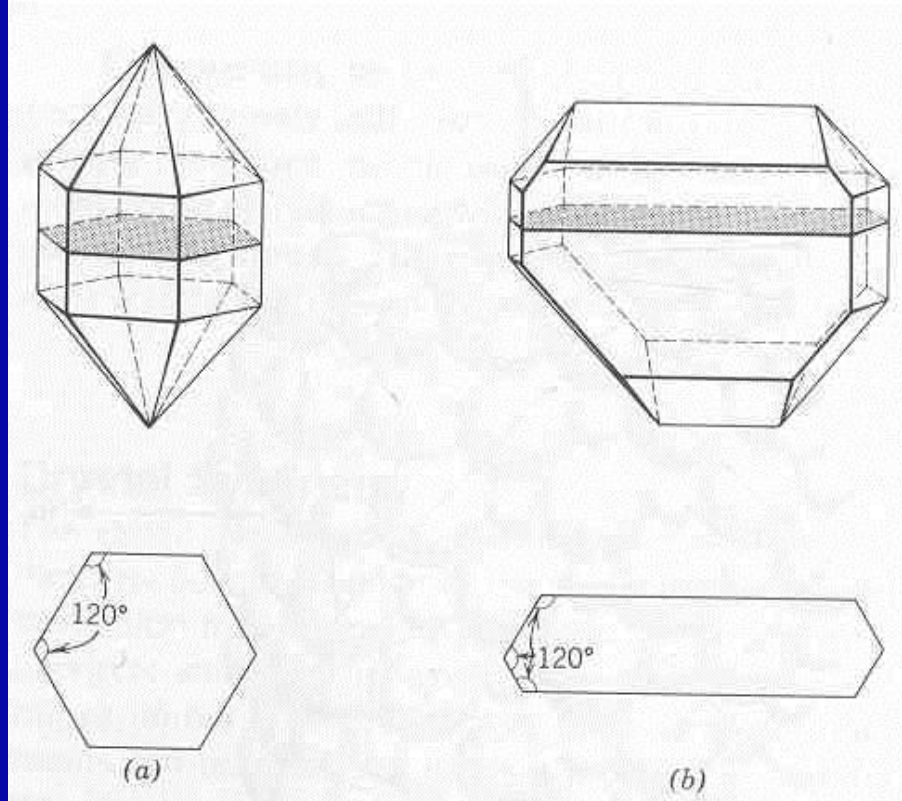




Açı sabitliği yasası:

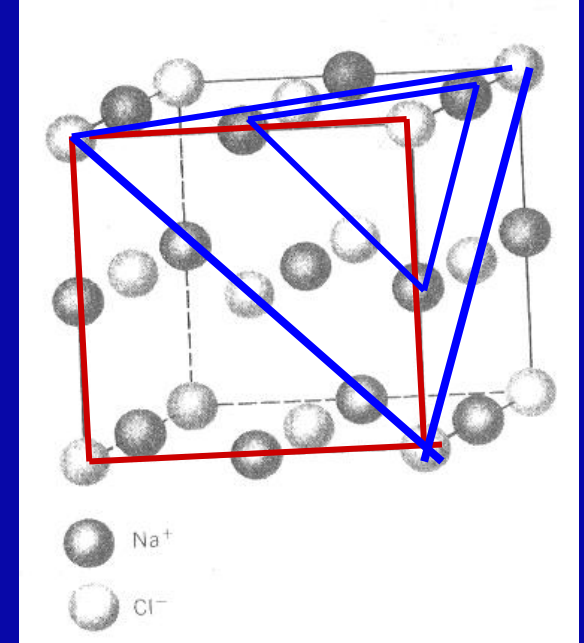
Aynı kristalin eş değer yüzeyleri arasındaki açı, eş koşullarda ölçüldüğünde sabittir. Nicolaus Steno tarafından 1669 da ispatlanmıştır.

Kristalografinin ilk yasasıdır. Bu, kristalografide açı sabitliği yasası ve simetri ile kendini gösterir ve matematiksel bir boyut kazanır.

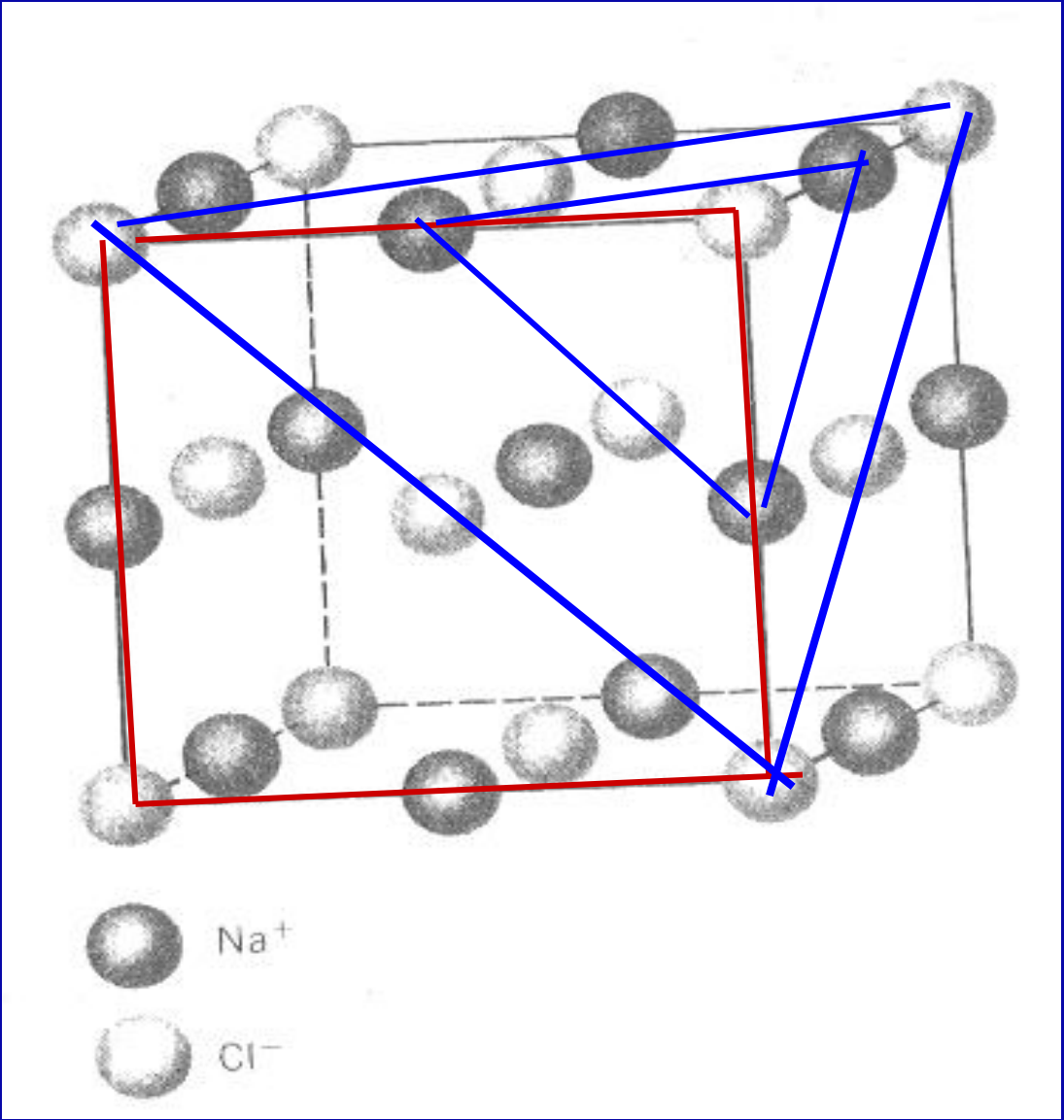


Kristaller düzenli bir iç yapı göstermelerine karşın, yapıdaki farklı yüzeylerdeki farklı doğrultular farklı atomik çevreye sahiptirler.

Örneğin Halit (NaCl) mineralinde ön yüzeyi ve ona paralel yüzeylerde yarısı Na ve yarısı Cl iyonlarından oluşur. Küpün köşe yüzeyleri ise Na ve Cl iyonlarını ardışıklı olarak oluşturan paralel yüzeylerden oluşur.

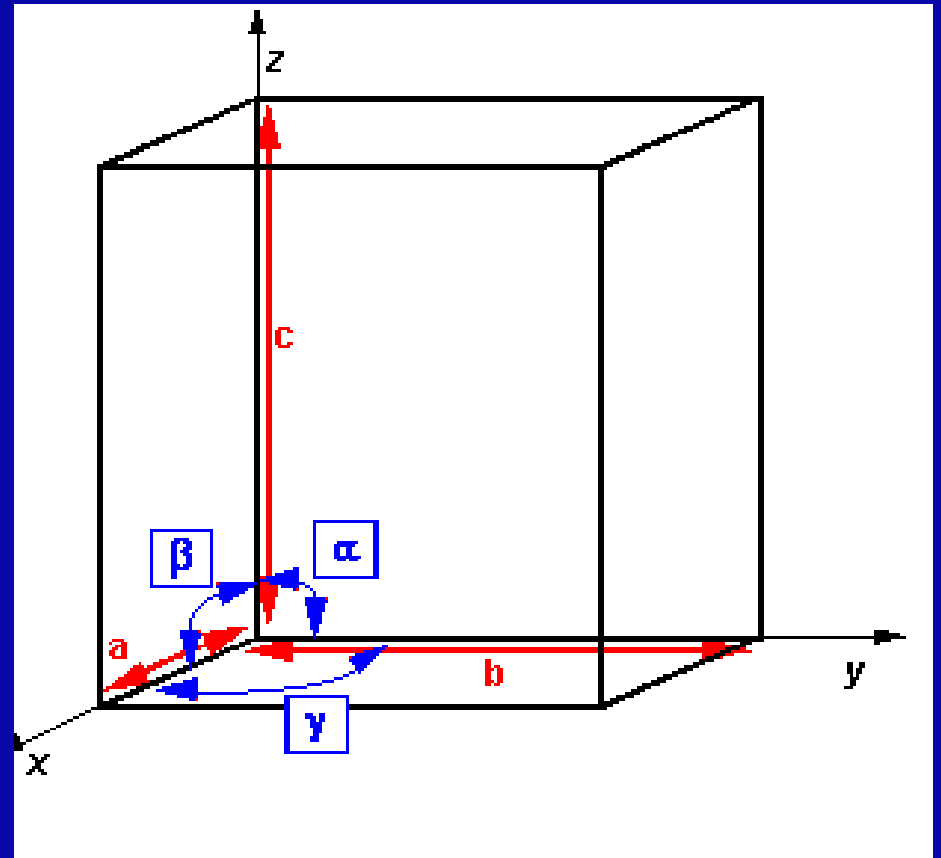


Doğrultuya göre veya farklı atomik düzlemlere göre farklı atomik düzen gösterme kristale vektörel bir özellik kazandırır. Bir doğrultuya bağlı olarak farklılık gösteren özelliğin şiddeti farklı kristalografik doğrultuya göre değişir. Örneğin sertlik, iletkenlik (ısı ve elektrisiti) , genleşme, ışık hızı, büyüme, çözünme , X-ışın difraksiyonu vs..Kristallerdeki yüzeylerin uzaydaki konumları belirtilmelidir.

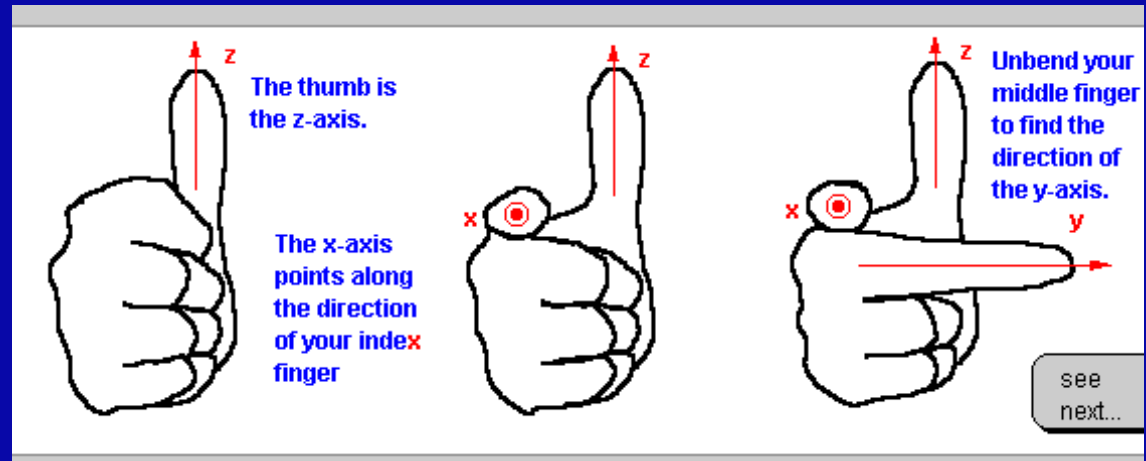


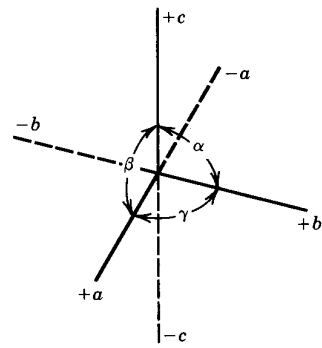
Kristal sistemleri:

Kristallerin birim hücrelerini ve bununla ilgili simetriyi tanımlayan kristal yüzeyleri (düzlemleri) ve kenarları (doğrular) bir kristalin ana unsurlarıdır. Bunları uzayda tanımlayabilmek için koordinat sistemlerini tanımlamak gerekir. Bu da kristalografide, her kristal için olası öteleme doğrultularına veya kristalin birbirlerine paralel olmayan kenarlarına paraleller çizerek yapılır.



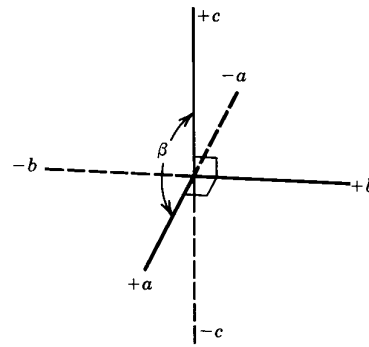
Koordinat eksenleri arasındaki açı ve eksenlerin uzunluğu birim hücrenin boyutları ile orantılıdır (Bu eksenler a, b, c olarak gösterilir).





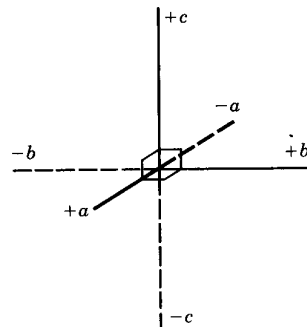
$a \neq b \neq c$
 $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$

Triclinic



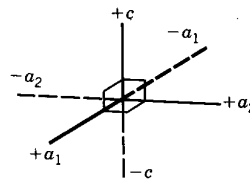
$a \neq b \neq c$
 $\beta > 90^\circ; \alpha = \gamma = 90^\circ$

Monoclinic



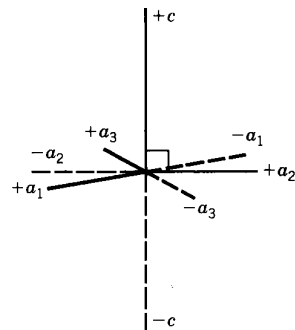
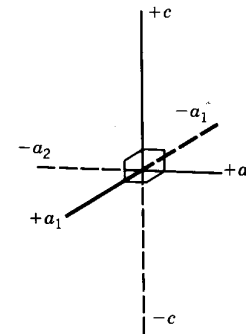
$a \neq b \neq c$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

Orthorhombic

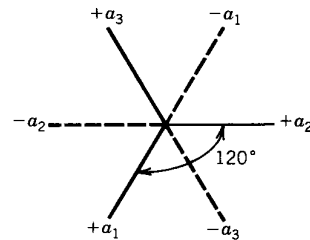


$a = b \neq c; a = a_1; b = a_2$
 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

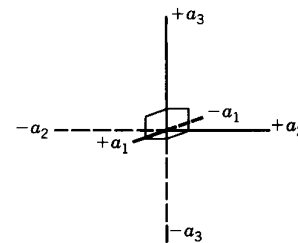
Tetragonal



$a_1 = a_2 = a_3$, intersecting at 120°
 c perpendicular to plane with a_1, a_2, a_3



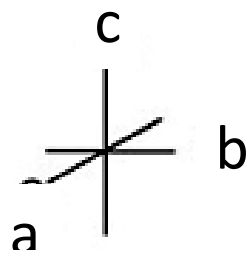
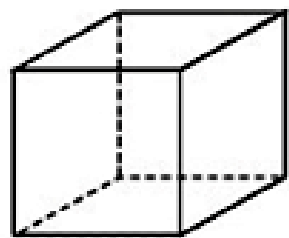
Hexagonal



$a_1 = a_2 = a_3$; all axes
at 90° to each other

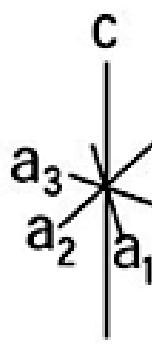
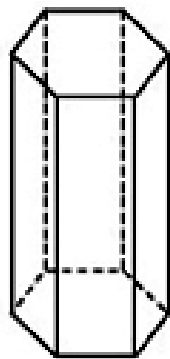
Isometric

FIG. 2.27. Illustrations of the conventional system of crystallographic axes adopted for each of the



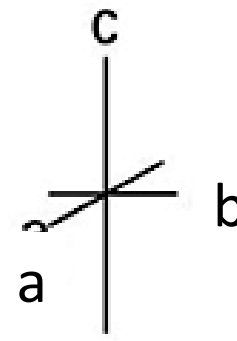
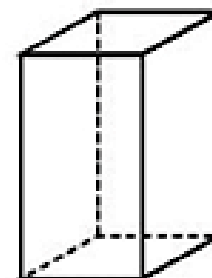
$a=b=c$
all angles 90°

ISOMETRIC
(CUBIC)



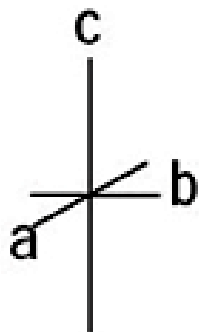
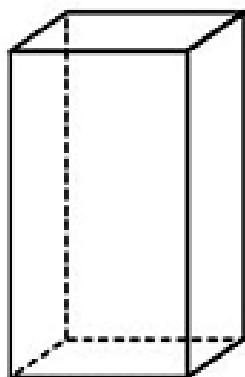
$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$
angles a_{1-3} to $c = 90^\circ$
angles between a axes = 60°

HEXAGONAL



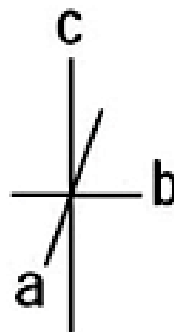
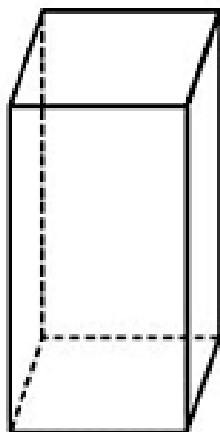
$a=b \neq c$
all angles 90°

TETRAGONAL



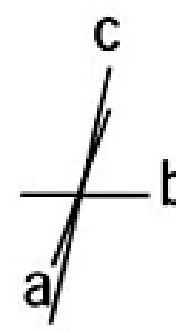
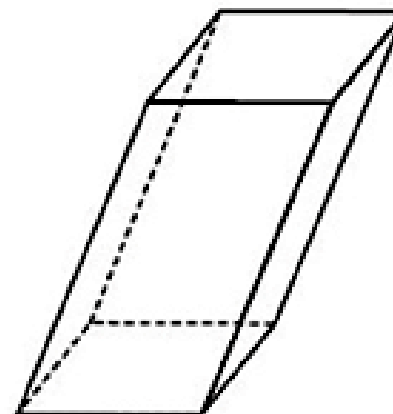
$a \neq b \neq c$
all angles 90°

ORTHORHOMBIC



$a \neq b \neq c$
angle between a & b
and b & $c = 90^\circ$;
angle between c & $a > 90^\circ$

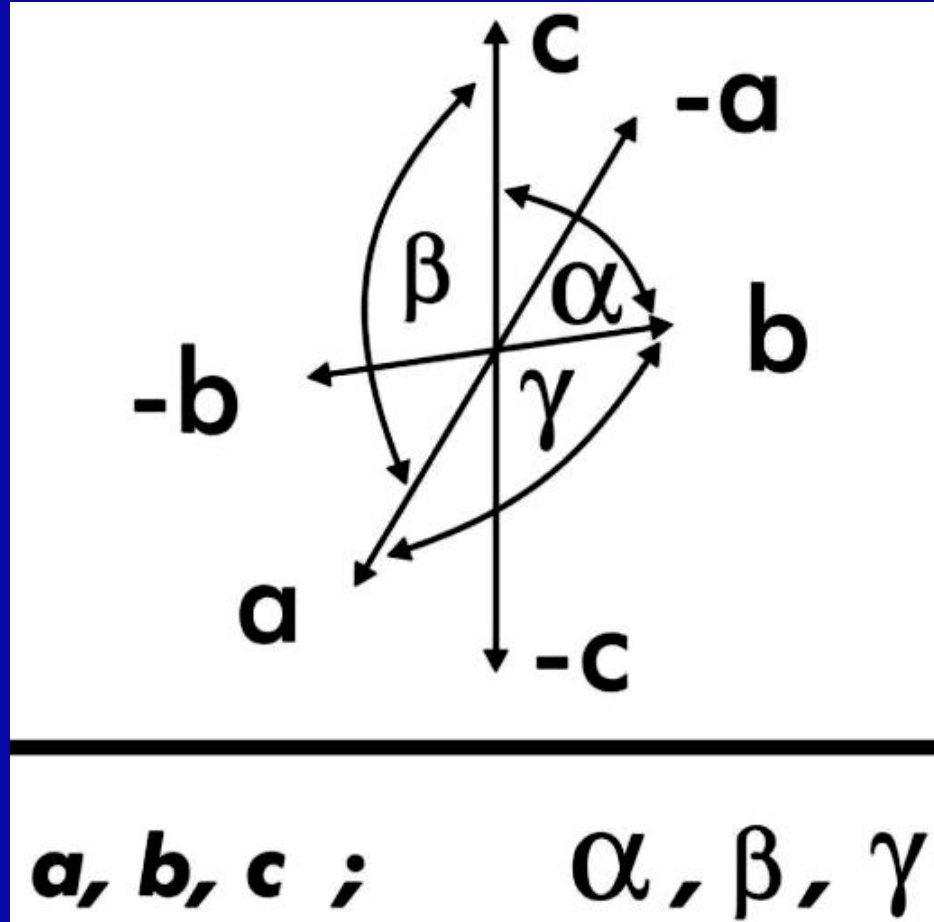
MONOCLINIC



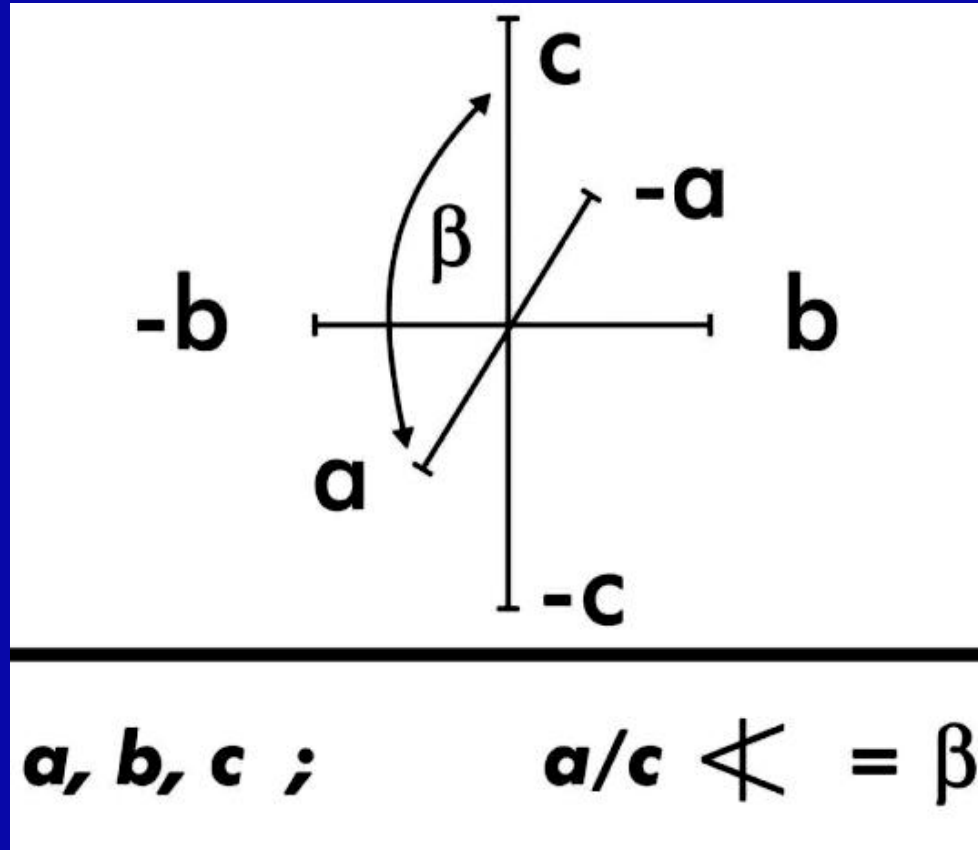
$a \neq b \neq c$
all angles $\neq 90^\circ$

TRICLINIC

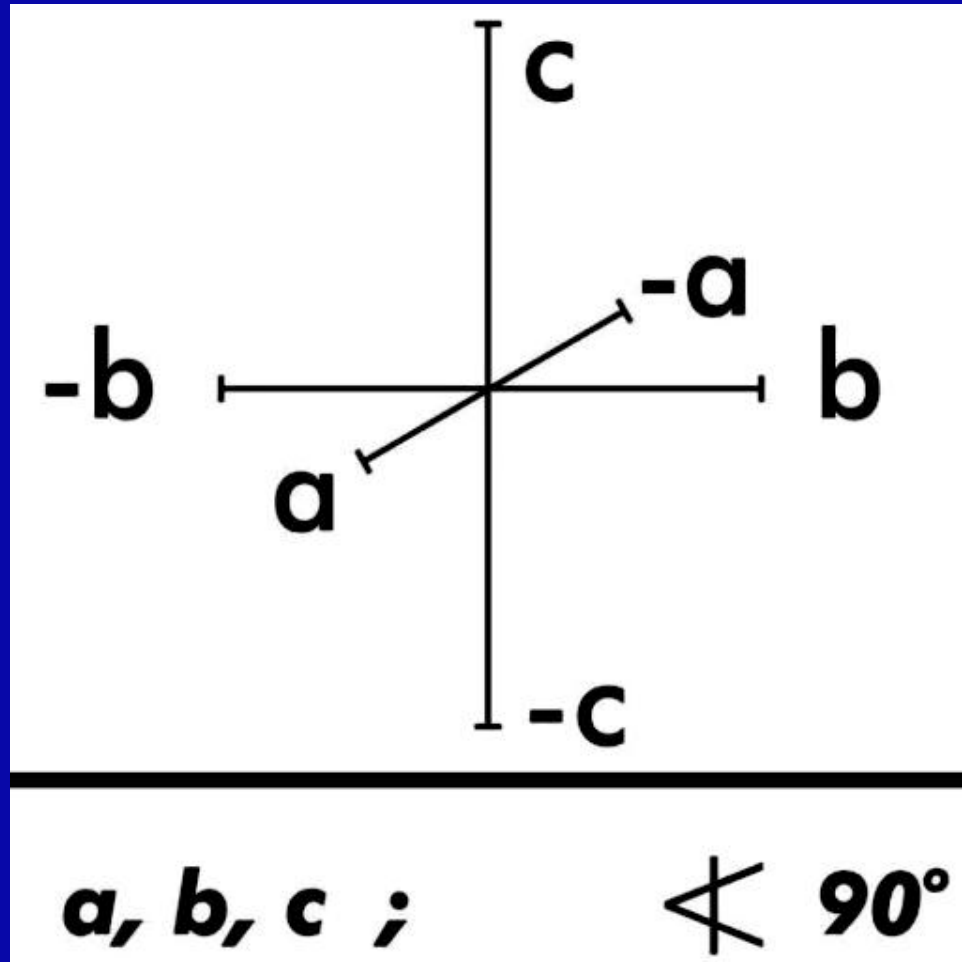
TRİKLİNİK SİSTEM



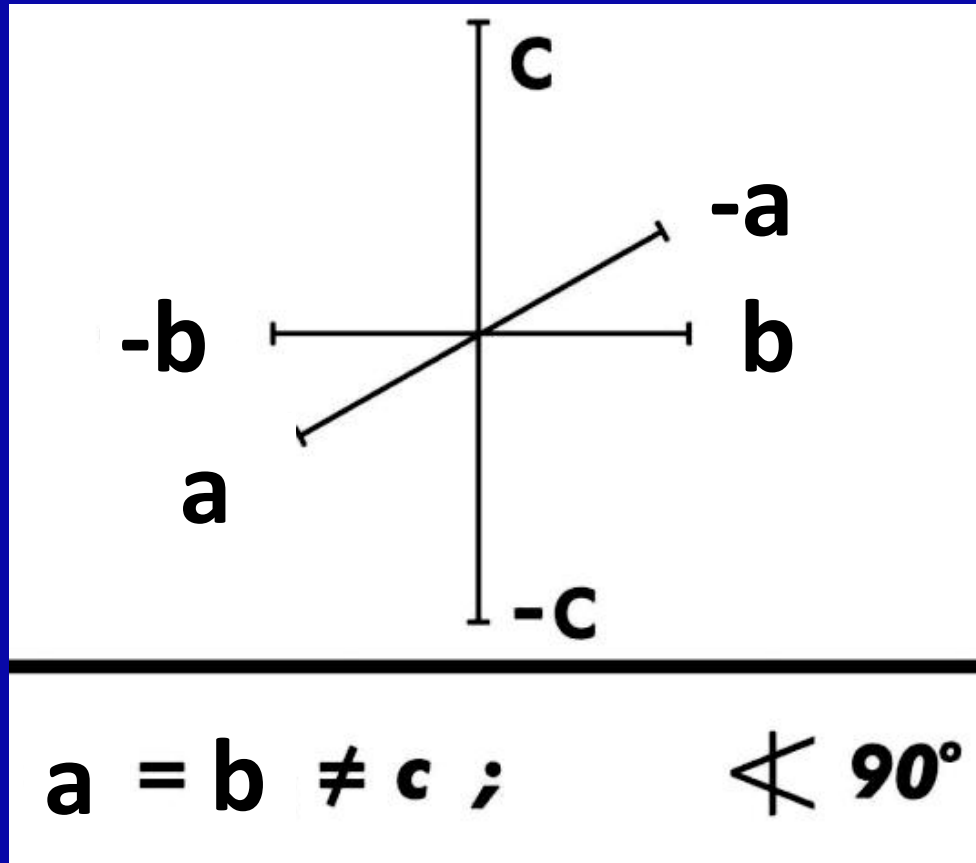
MONOKLINİK SİSTEM



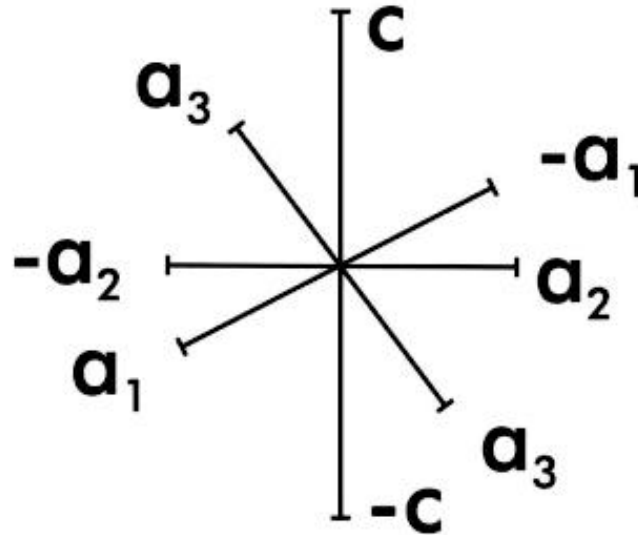
ORTOROMBİK SİSTEM



TETRAGONAL SISTEM



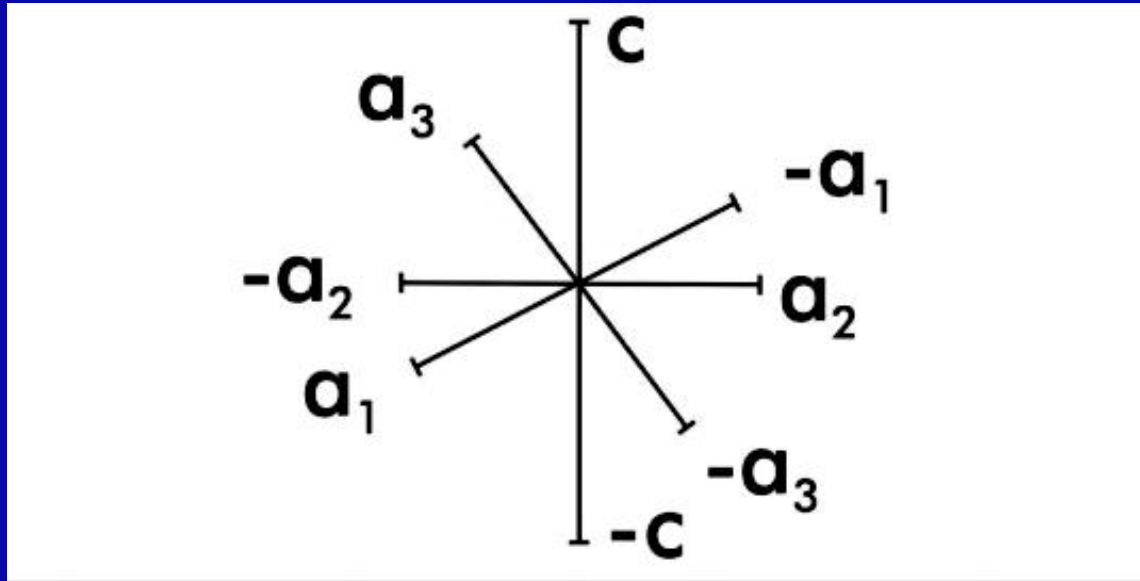
TRIGONAL SYSTEM



$$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$$

$$a/c \angle = 90^\circ \quad a_1/a_2 \angle = 120^\circ$$

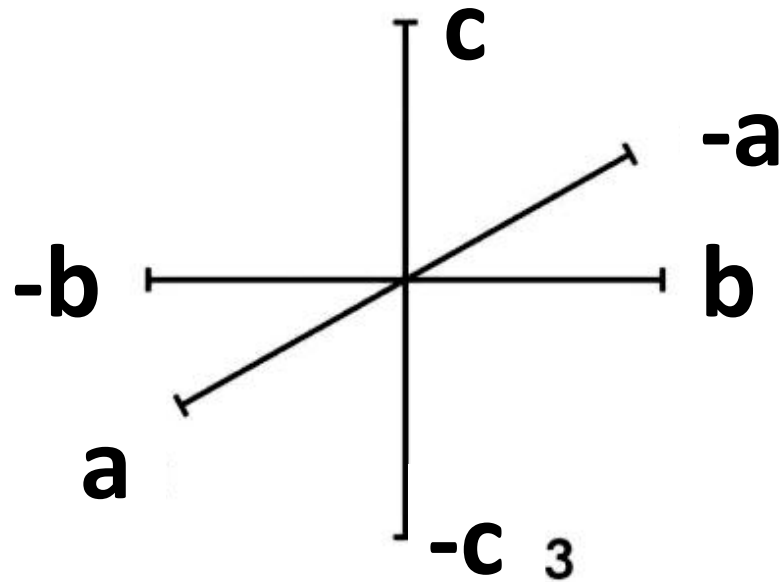
HEGZAGONAL SİSTEM



$$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$$

$$a/c \angle = 90^\circ \quad a_1/a_2 \angle = 120^\circ$$

KÜBİK SİSTEM



$$a = b = c ; \quad \angle = 90^\circ$$

KRİSTAL YAPI

Katıların atomları arasında görülen tekrarlayan düzen diyebiliriz.

Örnek: 1000 kişilik öğrenci kfilesi....

Eğer katınız, kısa mesafede düzen kurmakta kısmen başarılı fakat uzun mesafelerde yetersiz ve kendini tekrarlayan yapılar oluşturamıyorsa, amorf katıdır.

Kristalin malzemeler, belirli bir geometride, atomları belirli mesafelerde duran element ve bileşiklerdir. Katı halde bulunurlar.

KRİSTAL YAPI ÇEŞİTLERİ

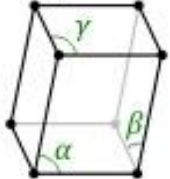
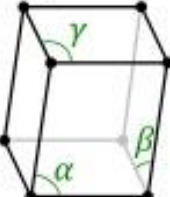
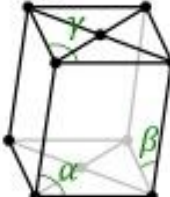
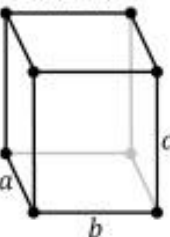
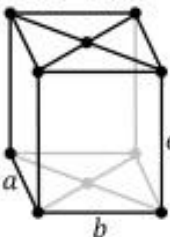
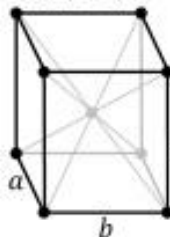
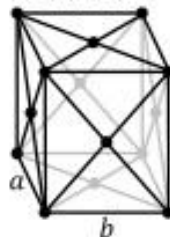
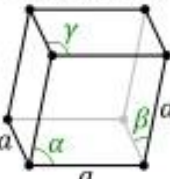
- * Kristaller ve kristallerin belirli bir oryantasyonda olduğu İngiliz mineralog William Hallowes Miller tarafından 1832 yılında bulunmuştur. Birim hücre kavramını bulmuştur.
- Miller'in çalışmalarından etkilenen Auguste Bravais 1850 yılında, 7 adet temel birim hücreyi ve bunların mineralden minerale değişmediğini sadece birim hücrenin bir ve/veya başka ölçülerinin değiştiğini ortaya koymuştur.
- 7 adet birim hücre tüm kristal katılar için geçerliydi. Fakat bunların kendi alt kümeleriyle olan kombinasyonları ve her birim hücrenin ölçü farkı vardı. Bu da her kristalin adeta bir kimyasal etiketiydi. Günümüzde kabul gören ve defalarca ispatlanan "Kristalite Kanununca" temelde 7 , bunlarında kendi içinde kombinasyonlarıyla 243 birim hücre gözlenmiştir.

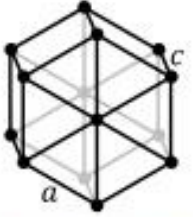
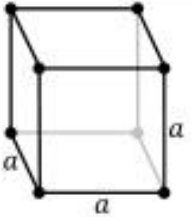
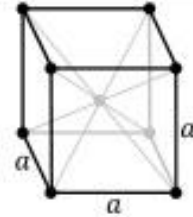
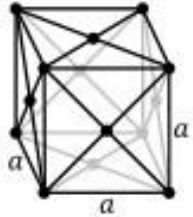
14 Uzay veya Bravais kafesleri:

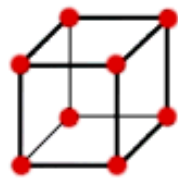
Kristal eksen sistemleri (7) ve 5 adet farklı kefes veya atom yerleşimlerinin;
*basit,

- hacim merkezli,
- taban merkezli,
- yüzey merkezli ve
- rombohedral kombinasyonundan türer.

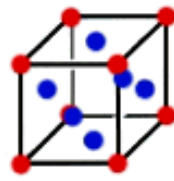
Kristallerde gözlenen diğer simetri işlemleri ile uyumlu olarak, noktaların veya yüzeylerin uzaydaki periyodikliğini gösteren 14 olası şekildir. 4 simetri işleminin tümü gözlenir. Morfolojide 3 simetri işlemi ve onların kombinasyonları vardır. Bunlar kristalde simetrinin varlığını gösterir.

Kristal sistemi (7 Adet) (En az simetrikten en çok simetriğe)	Bravais kafesi (14 Adet)			
1. Triklinik	$\alpha, \beta, \gamma \neq 90^\circ$ 			
2. Monoklinik	Basit	Basit, taban merkezli		
	$\beta \neq 90^\circ$ $\alpha, \gamma = 90^\circ$ 	$\beta \neq 90^\circ$ $\alpha, \gamma = 90^\circ$ 		
3. Ortorombik	Basit	Taban merkezli	Hacim merkezli	Yüzey merkezli
	$a \neq b \neq c$ 	$a \neq b \neq c$ 	$a \neq b \neq c$ 	$a \neq b \neq c$ 
4. Rombohedral	$\alpha = \beta = \gamma \neq 90^\circ$ 			

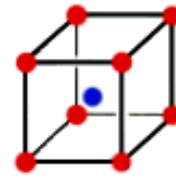
5. Tetragonal	Basit	Hacim merkezli	
6. Hegzagonal			
7. Kübik	Basit kübik (BK)	hacim merkezli (HMK)	yüzey merkezli (YMK)
			



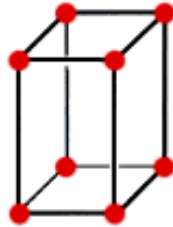
Simple cubic



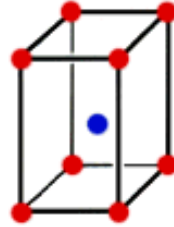
Face-centered cubic



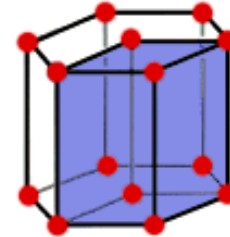
Body-centered cubic



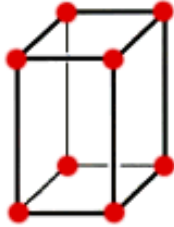
Simple tetragonal



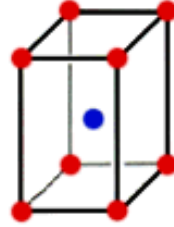
Body-centered tetragonal



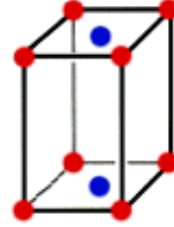
Hexagonal



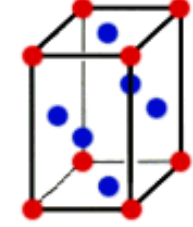
Simple orthorhombic



Body-centered orthorhombic



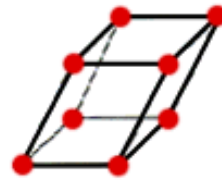
Base-centered orthorhombic



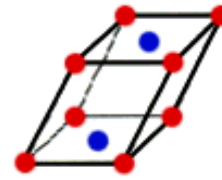
Face-centered orthorhombic



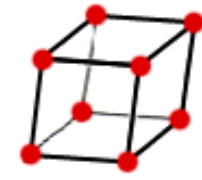
Rhombohedral



Simple Monoclinic



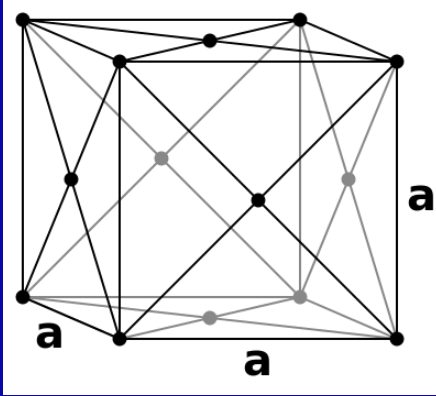
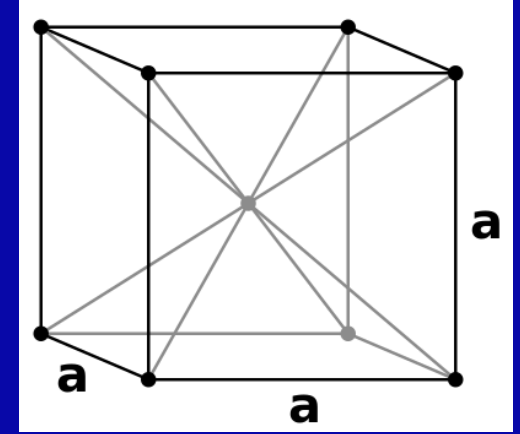
Base-centered monoclinic



Triclinic

Hacim merkezli kübik kafes

Merkezde 1 atom, köşelerde ise 8 adet $1/8$ hacimli atom vardır.
Birim hücredeki toplam atom sayısı 2'dir.



Yüzey merkezli kübik kafes

Yüzeylerdeki atom sayısı= $6 \times 1/2 = 3$

Köşelerdeki atom sayısı= $8 \times 1/8 = 1$

Birim hücredeki toplam atom sayısı= 4

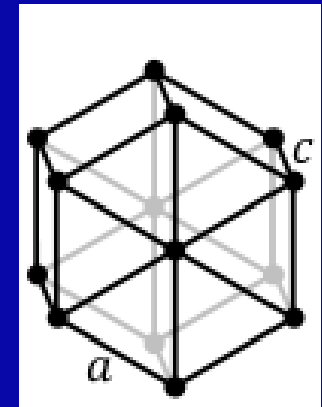
Hekzagonal Sık Düzen kafes

Köşelerdeki atom sayısı= $12 \times 1/6 = 2$

Alt ve üst yüzeyde = $2 \times 1/2 = 1$

Birim hücrenin ortasında 3 adet atom vardır.

Toplam atom sayısı = $2 + 1 + 3 = 6$



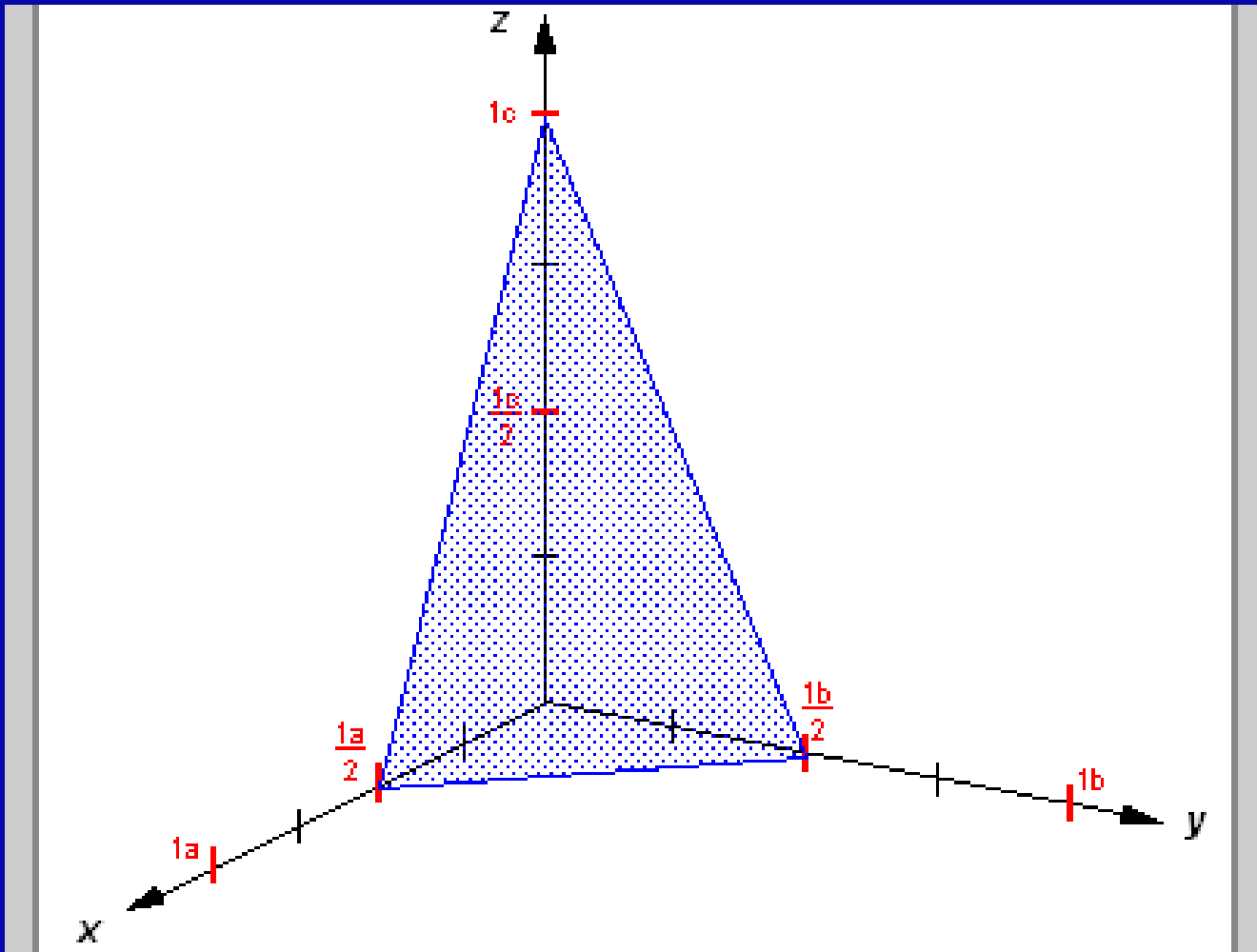
YÜZEYLERİN ADLANMASI

PARAMETRE: Eksenler üzerindeki birim uzunluklardır.
a, b ve c harfleri ile gösterilir.

Kristal yüzeyleri kristalografik eksenlerle yaptıkları arakesitlere göre belirlenir.

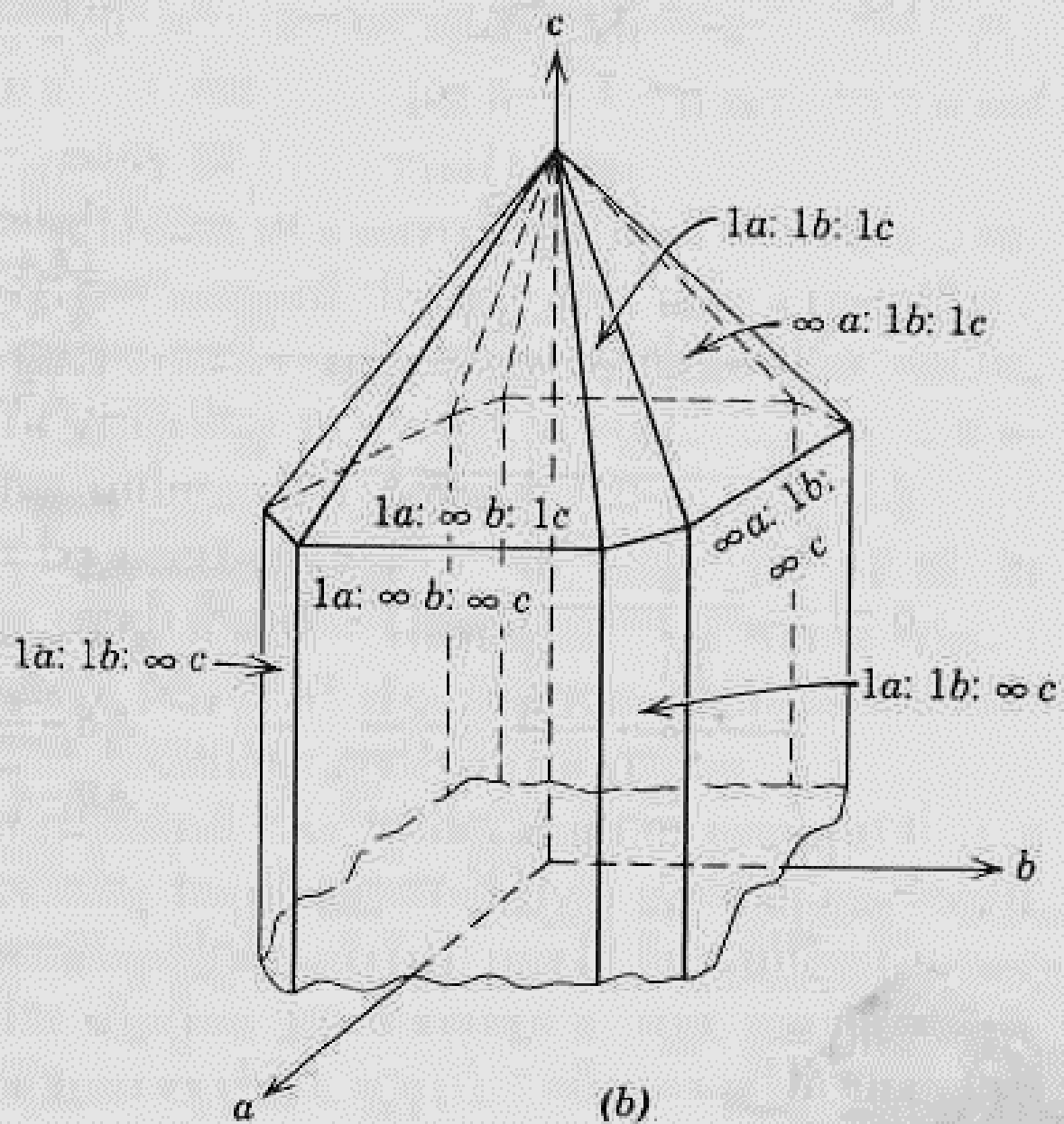
YÜZEYLERİN ADLANMASI

Weiss Yöntemi

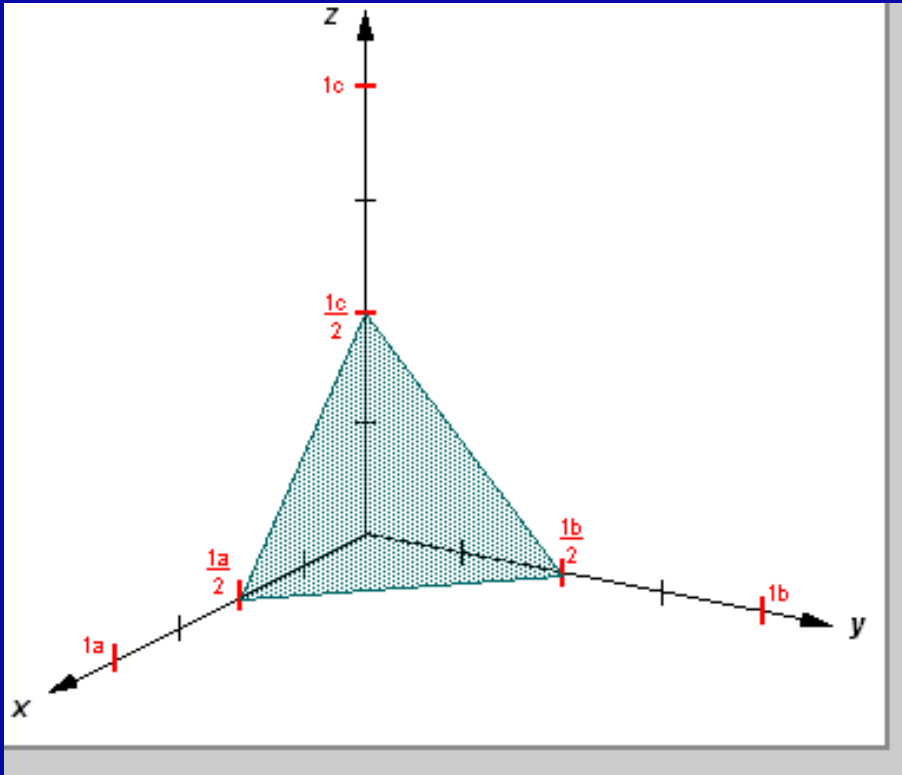


a b c
p, r, q

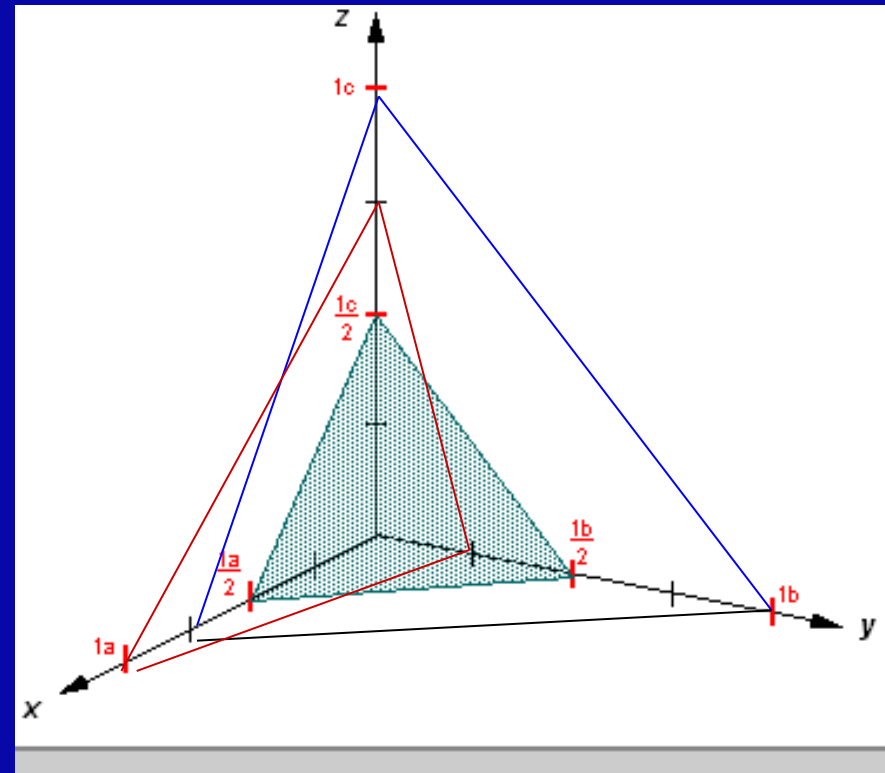
$1/2a, 1/2b, 1c$



Miller Yöntemi

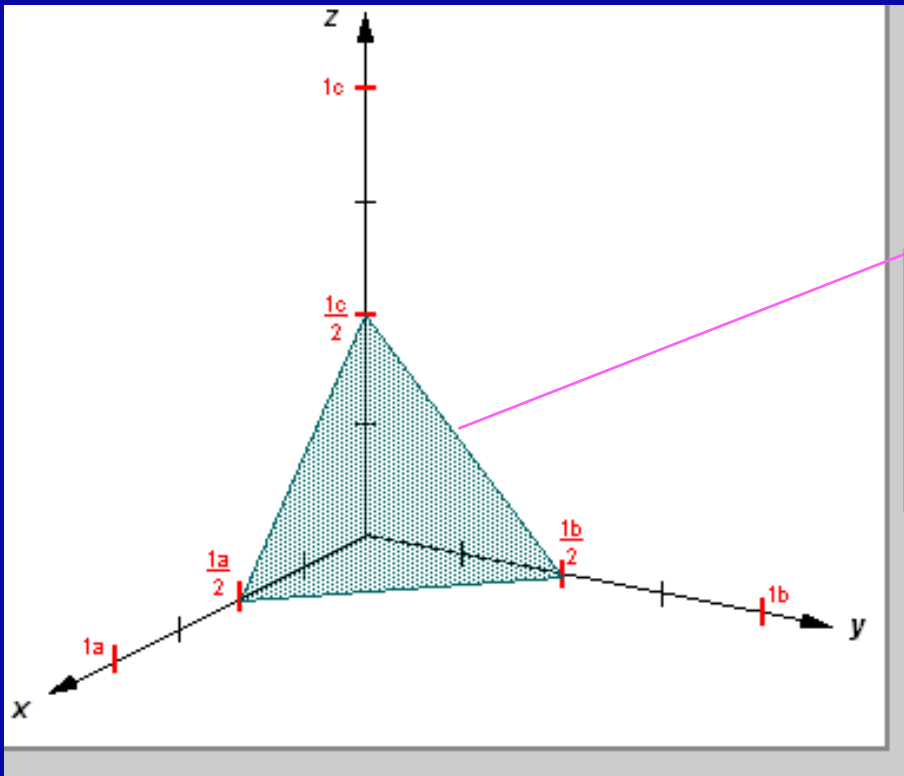


$1/2a, 1/2b, 1/2c$



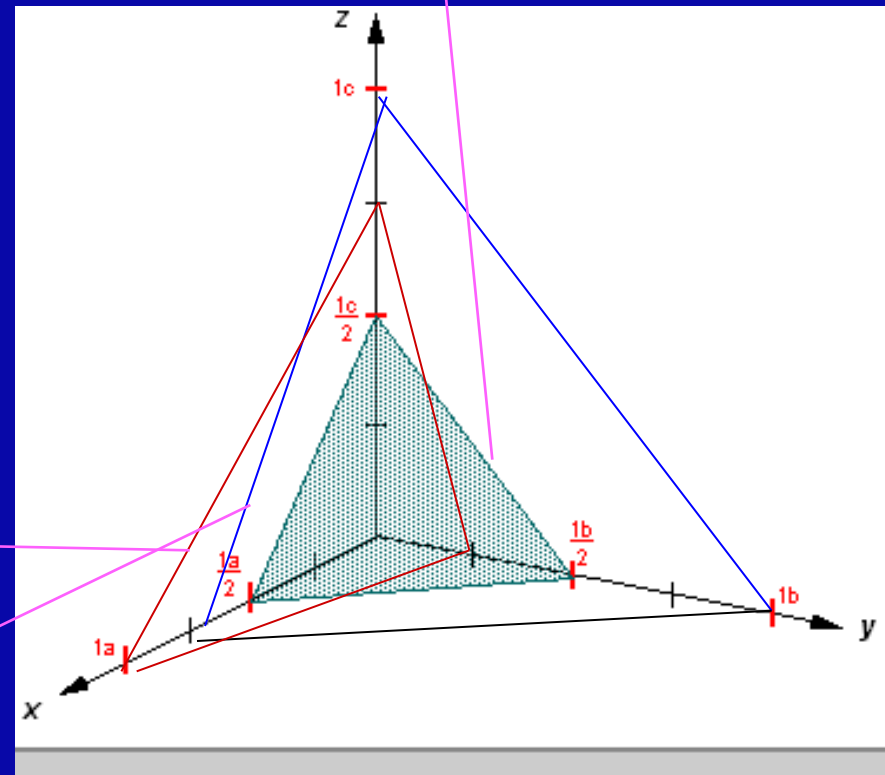
$1a, 1/4b, 3/4c$

$3/4a, 1b, 1c$



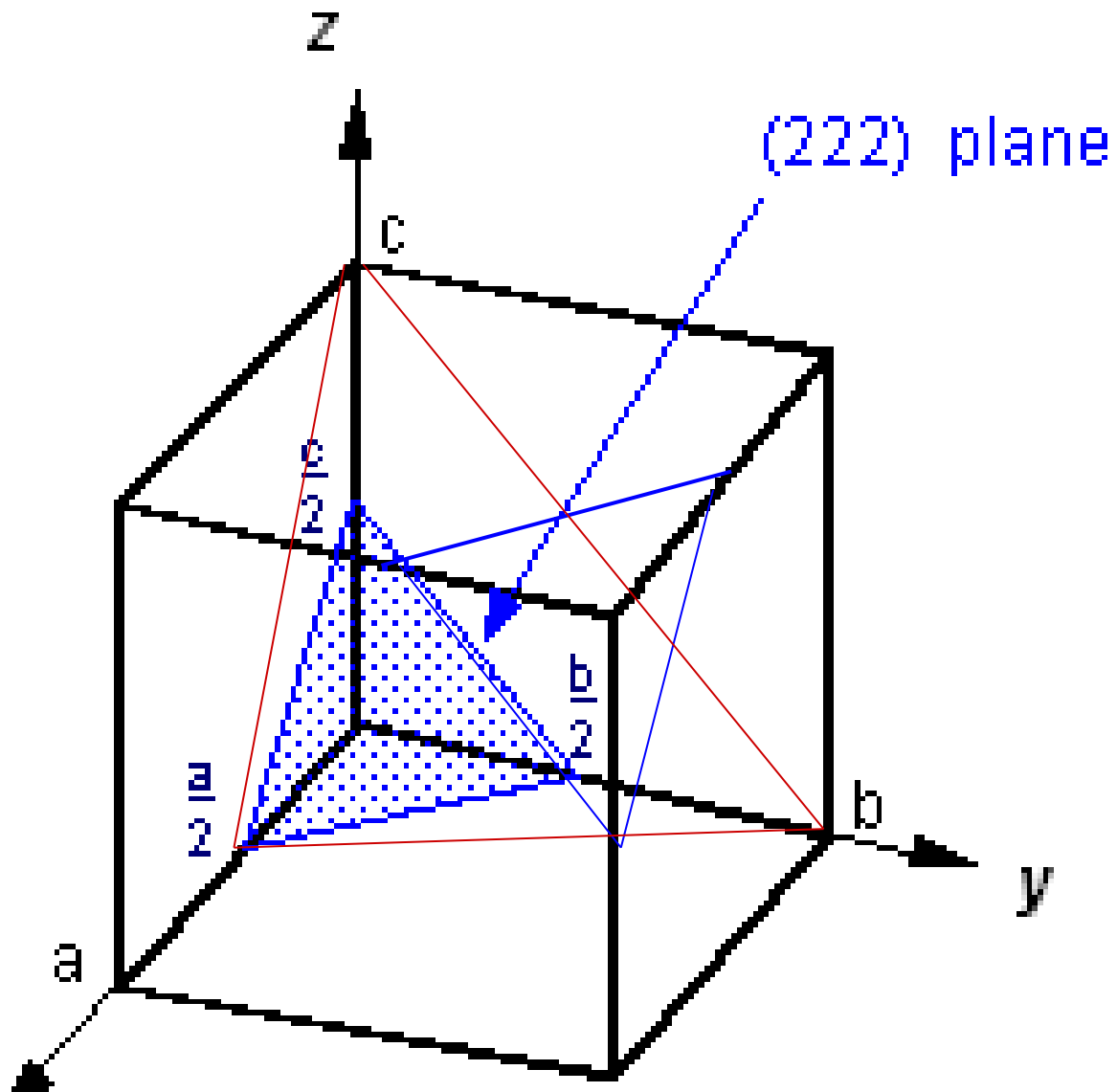
$1/2a, 1/2b, 1/2c$

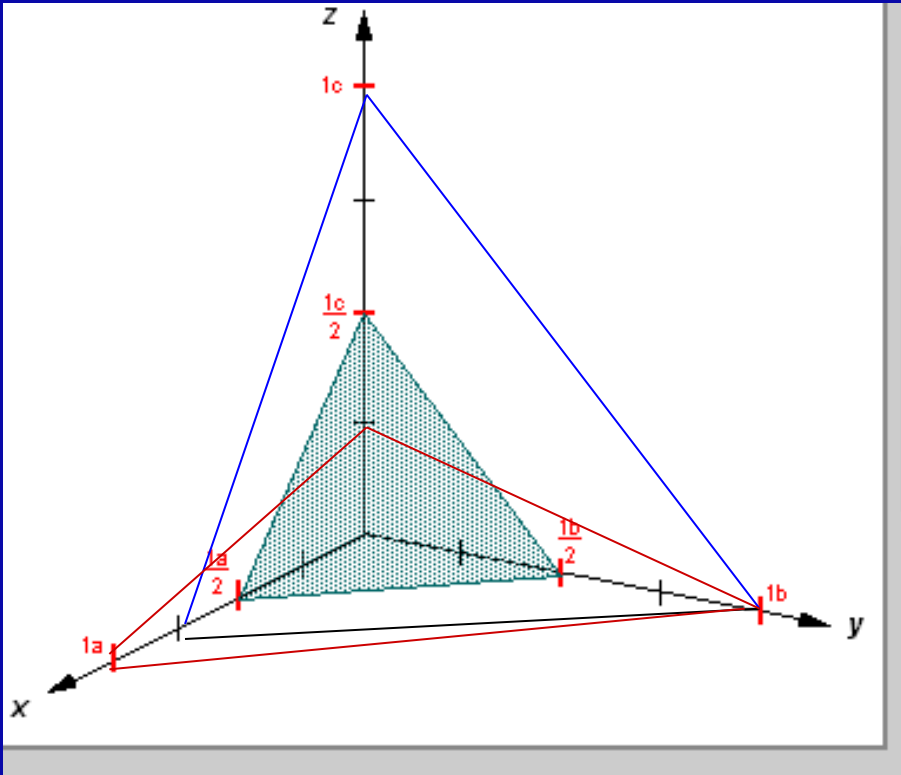
$(222) \rightarrow (111)$



$1a, 1/4b, 3/4c$
 $(3\ 12\ 4)$

$3/4a, 1b, 1c$
 (433)

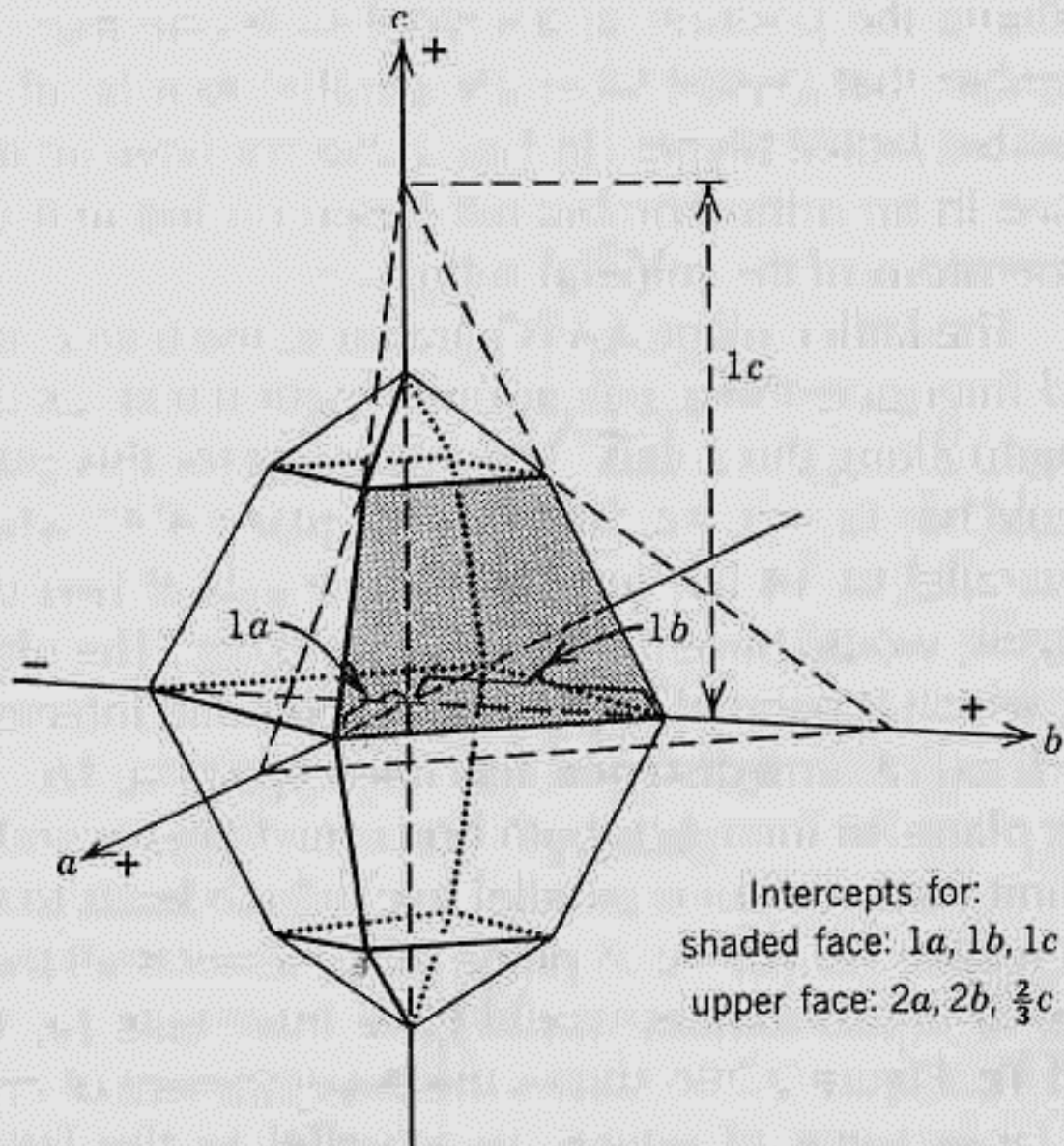


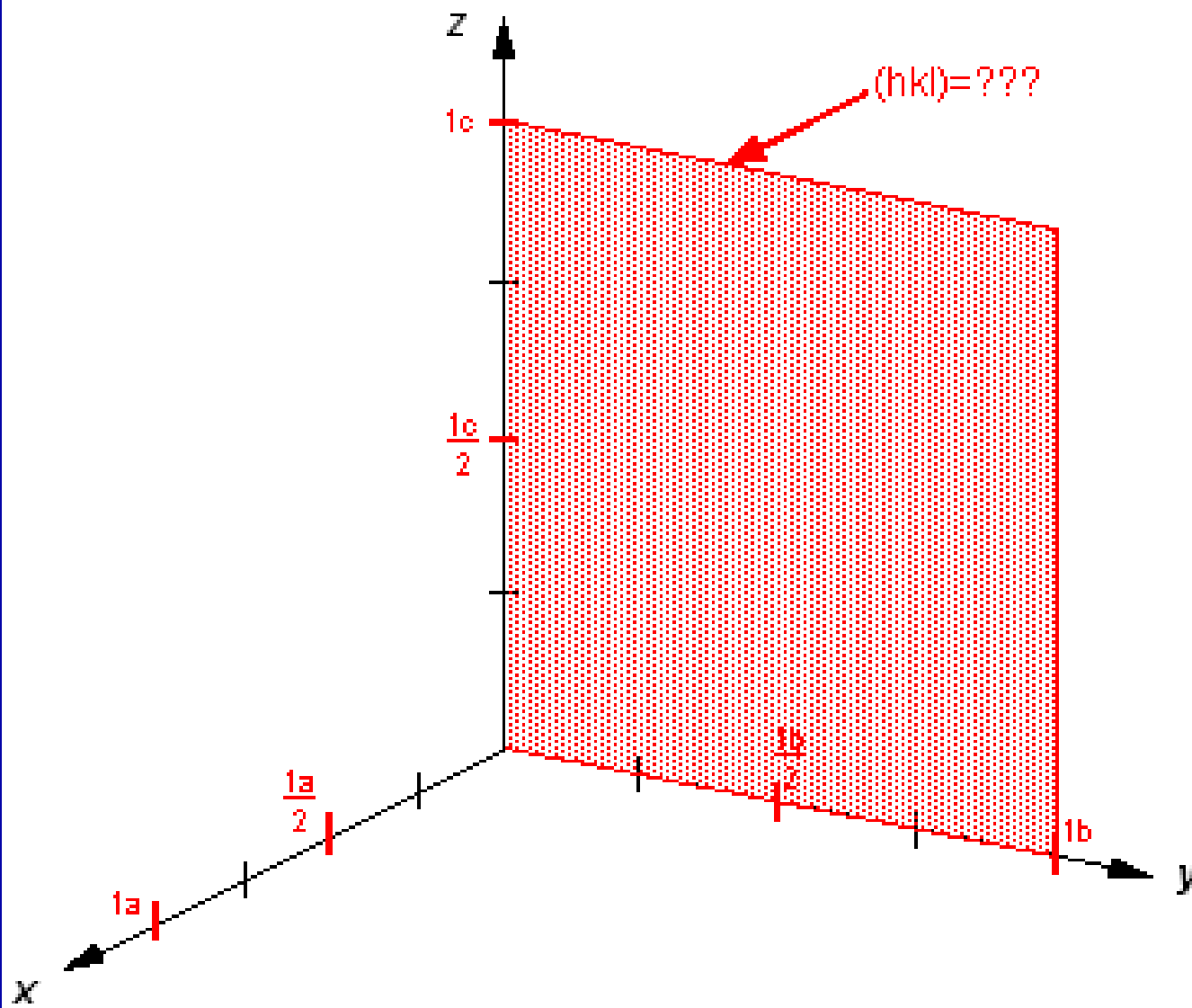


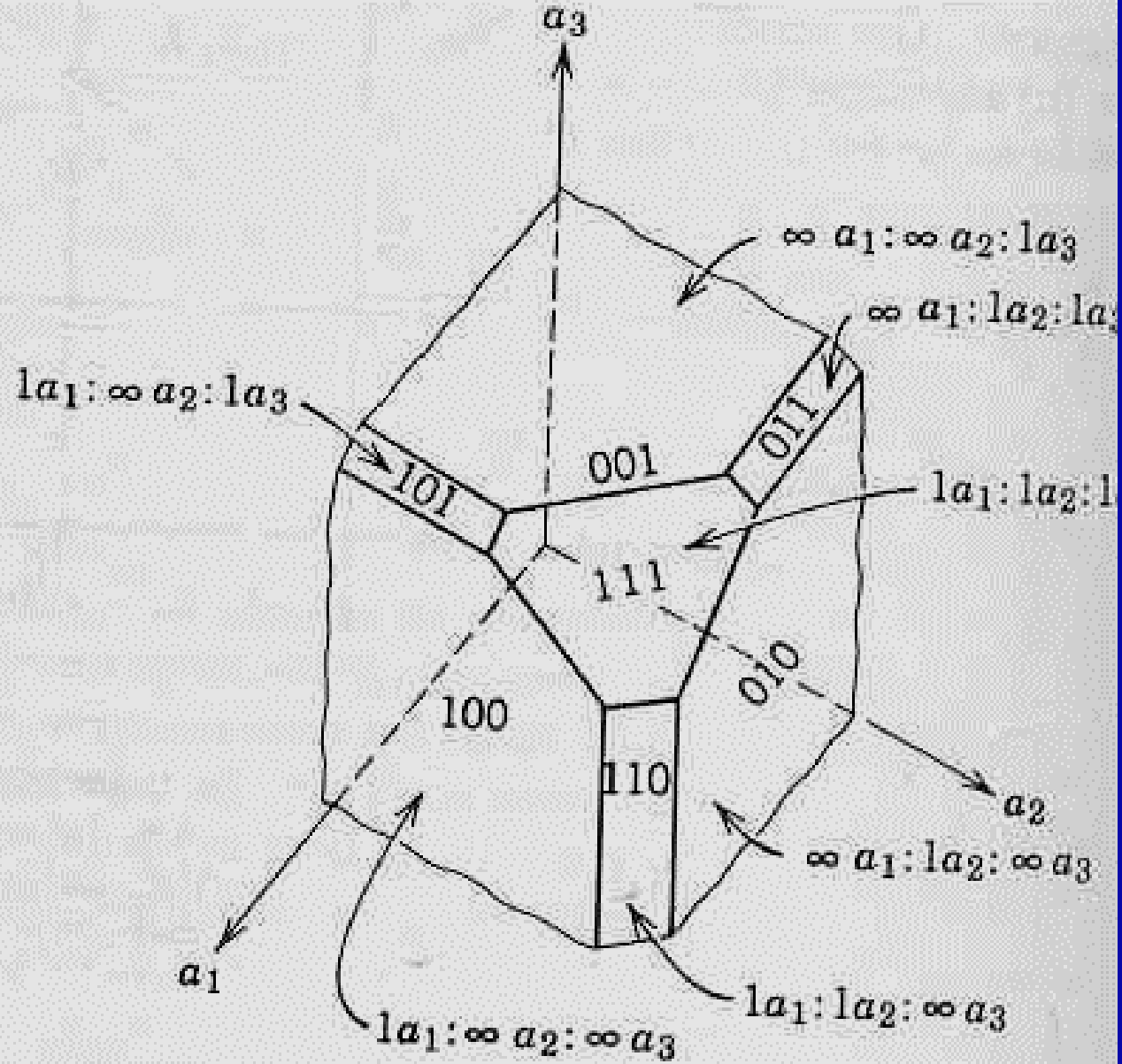
$$(hkl) \leftrightarrow (222)$$

$$(hkl) \rightarrow (433)$$

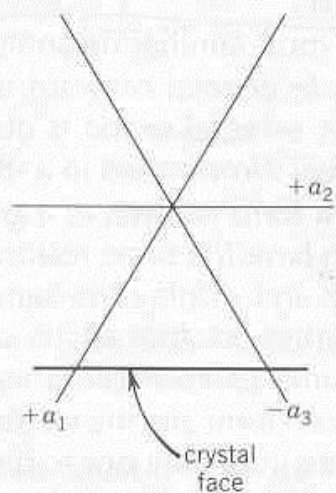
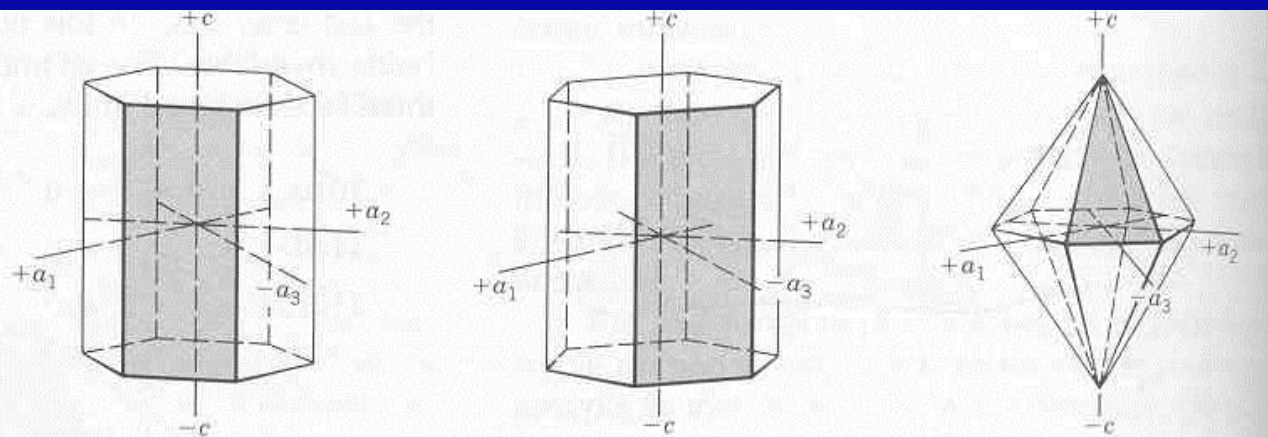
$$(hkl) \rightarrow (114)$$



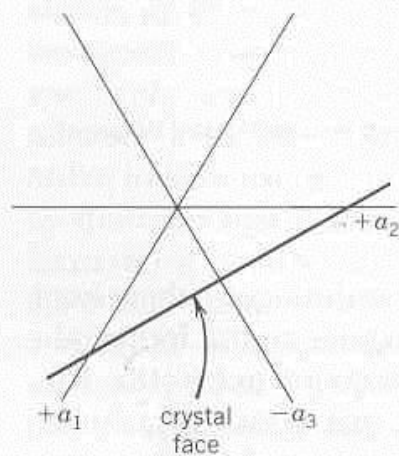




(b)

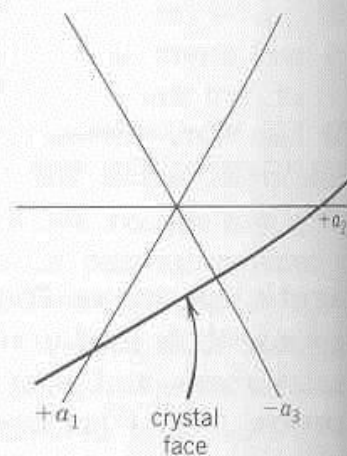


$1a_1, \infty a_2, 1a_3(-), \infty c$



Intercepts for shaded faces:

$1a_1, 1a_2, \frac{1}{2}a_3(-), \infty c$



$1a_1, 1a_2, \frac{1}{2}a_3(-), 1c$

Miller-Bravais indices for shaded faces:

$$\frac{1}{1} \quad \frac{1}{\infty} \quad \frac{\bar{1}}{1} \quad \frac{1}{\infty}$$

$$1 \ 0 \ \bar{1} \ 0$$

$$\frac{1}{1} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{\bar{1}}{\frac{1}{2}} \quad \frac{1}{\infty}$$

$$1 \ 1 \ \bar{2} \ 0$$

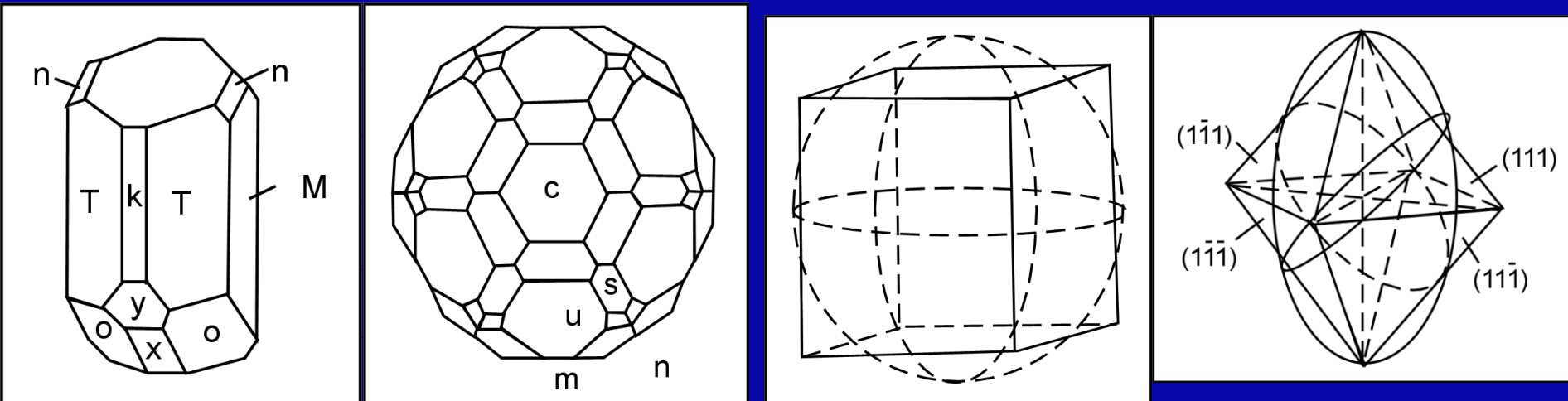
$$\frac{1}{1} \quad \frac{1}{1} \quad \frac{\bar{1}}{\frac{1}{2}} \quad \frac{1}{1}$$

$$1 \ 1 \ \bar{2} \ 1$$

FIG. 2.33 Derivation of the four-digit Bravais-Miller index from the intercepts of three different crys-

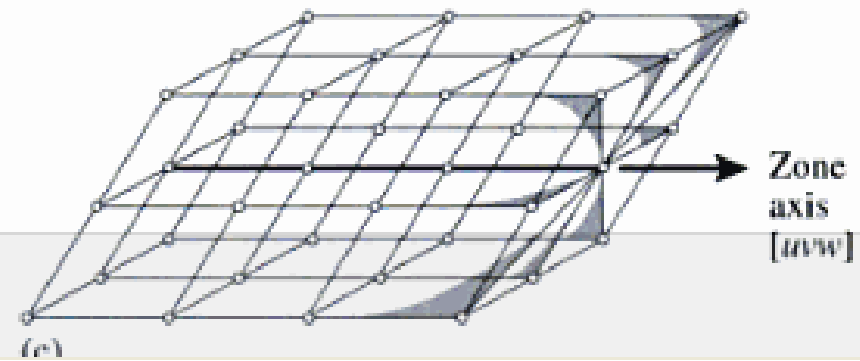
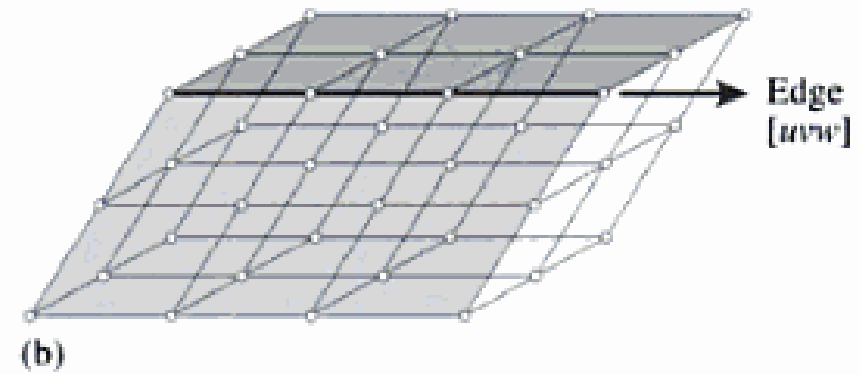
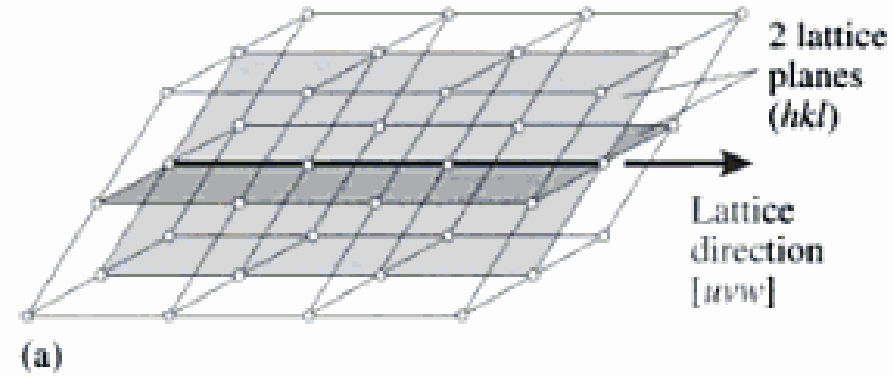
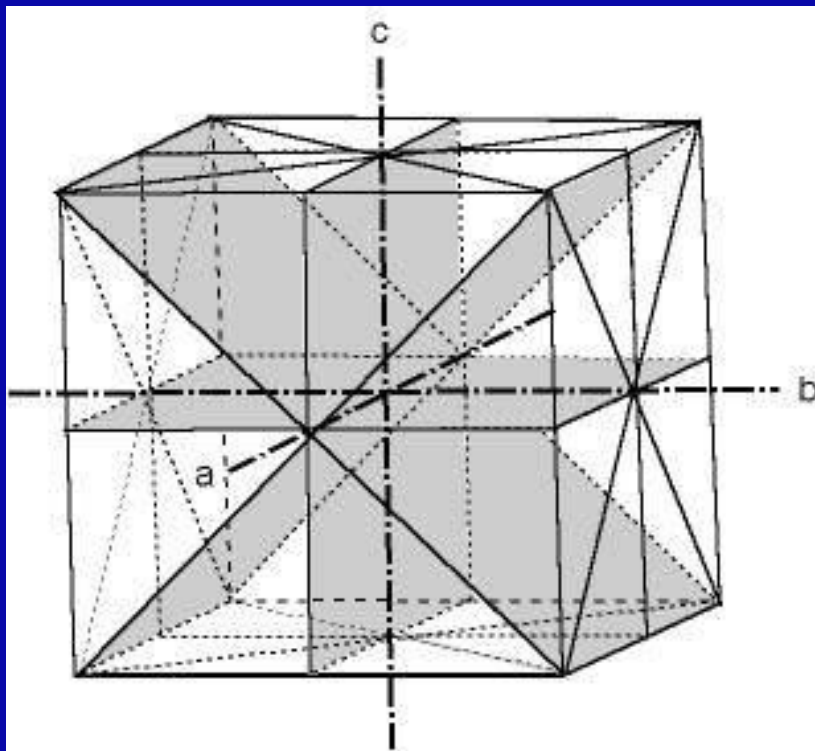
KRİSTAL ZONLARI

- Kristallerde yüzeyler genellikle birbirine paralel kenarlar meydana getirirler. Bir kristalde birbirine paralel arakesitler oluşturan yüzeyler grubuna **ZON** denir. Bir zona ait olan bütün yüzeyler belirli bir doğrultuya paralel durumludur. Bu doğrultuya zon eksenidir.
- Zon eksenine dik olan düzleme **ZON DÜZLEMİ** denir. Zon oluşturan yüzeyleri içine alan çembere ise **ZON ÇEMBERİ** denir. Doğal olarak zon düzlemi, zon çemberine paralel olacaktır.
- Kristal yüzeylerinin büyümesi nedeniyle paralel kesim kenarları kaybolmuş yüzeylerin oluşturduğu zonlara **GİZLİ ZONLAR** denir.



Zon eksenini:

Birkaç kristal yüzeyinin kenarları birbirlerine paraleldir. Bu paralel doğrultu zon eksenini adını alır.



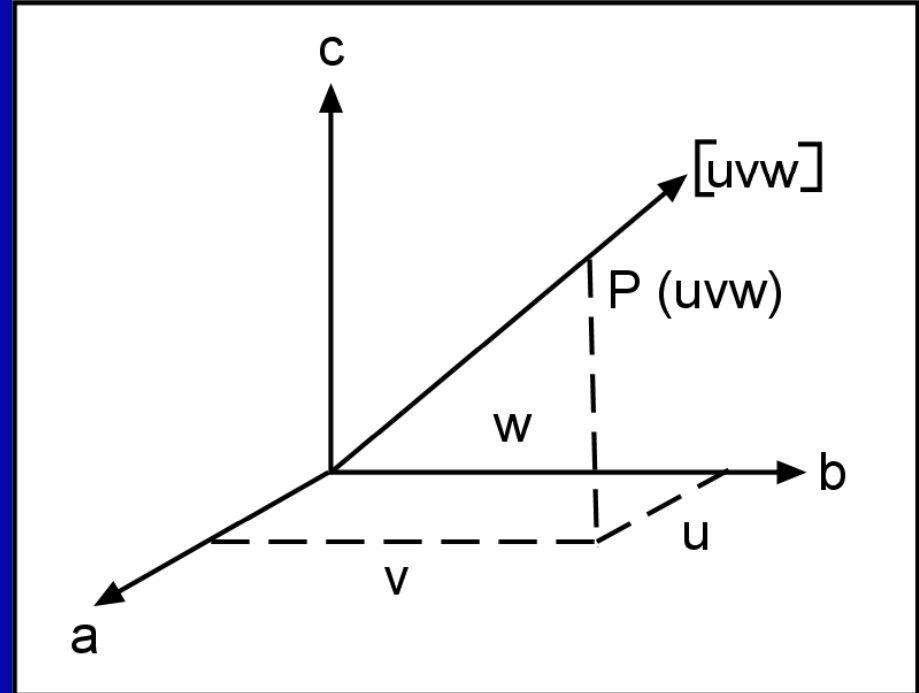
ZON YASASI

- Kristallerin kenarları ve yüzeyleri arasında belirli ilişkiler vardır. Örneğin bir zon içinde bulunan bütün yüzeyler kristalin mümkün yüzeyleridir. İşte bu cümleye zon kanunu veya zon birliği kanunu ismi verilir. Bu kurala göre aynı tip bir mineralin bütün kristallerinde her yüzey bir zon birliğinde bulunmaktadır.
- Herhangi bir açı ölçümü yapılmaksızın, hesapla veya çizimle, verilen iki yüzeye ait zon, ve aynı şekilde de verilen iki zondan bunların ortak sahip oldukları yüzey elde edilebilir.

Kenarların (zonların) ve yüzeylerin, açı ölçmeksizin elde edilmesi yöntemine dedüksiyon denir.

- Zon Simgeleri ve Zon Eşitliği
- Herhangi bir kristal yüzeyinin durumu veya yönü (hkl) indisleri ile ifade ediliyorsa, kristal kenarlarının veya zonların yönü de zon indisleri ile saptanır. Zon indisleri genellikle u,v,w simgeleri ile gösterilir ve yüzey simgelerinden farklı olarak köşeli parantez içine yazılır. Örneğin [uvw]. Bunlar zon eksenini üzerindeki herhangi bir P noktasının koordinatlarını ifade eder.

$1/h$ $1/k$ $1/l$ kesimleri olan bir düzlemin denklemi $hx+ky+zl=1$.
Merkeze taşınmışsa $hx+ky+zl=0$ olur.
d bir zon eksenini gösterir. Yani p düzlemi $hu+kv+lw=0$ dır.



Zon simgesi [uvw] nin açıklanması.

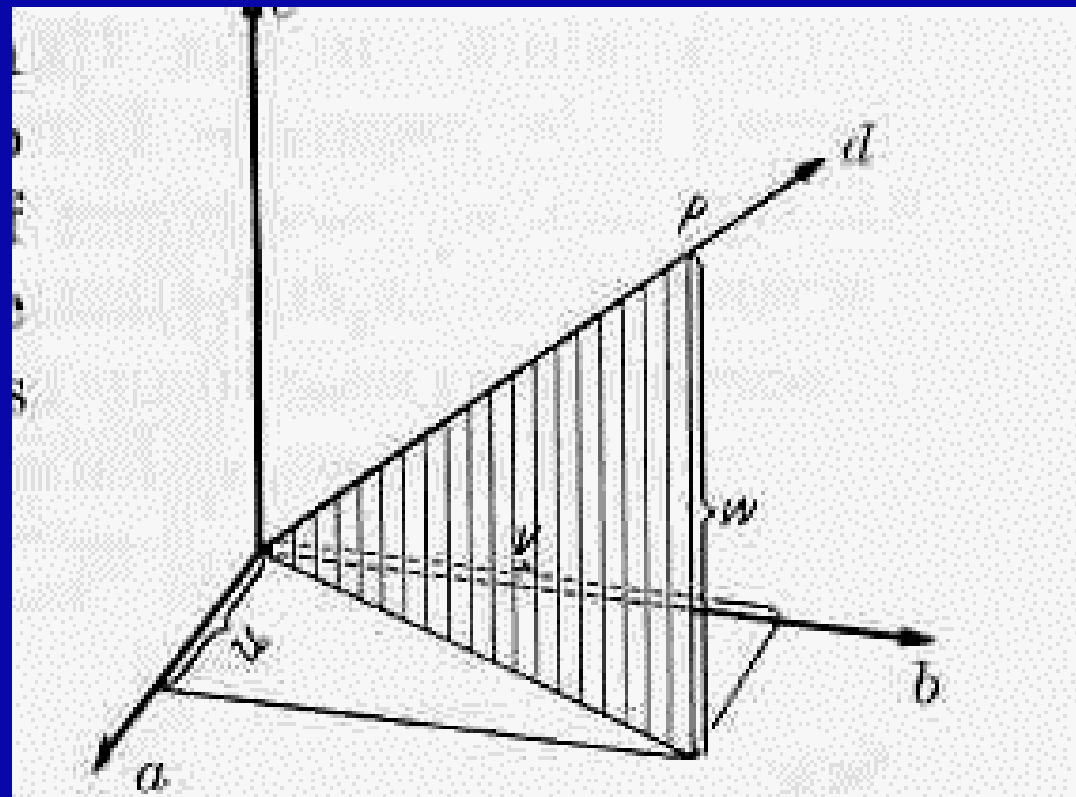


Fig. 9. Coordinates of a zone

- (hkl) yüzeyleri ile u, v, w zon indisleri arasında $h.u + k.v + l.w = 0$ ilişkisi vardır. Bu ilişkiye zon eşitliği ismi verilir.

- $(h_1k_1l_1)$ ve $(h_2k_2l_2)$ yüzeylerinin kesiştiği kenarın (zon ekseninin) indislerinin hesaplanması:

$$h_1 \quad k_1 \quad l_1 \quad h_1 \quad k_1 \quad l_1$$

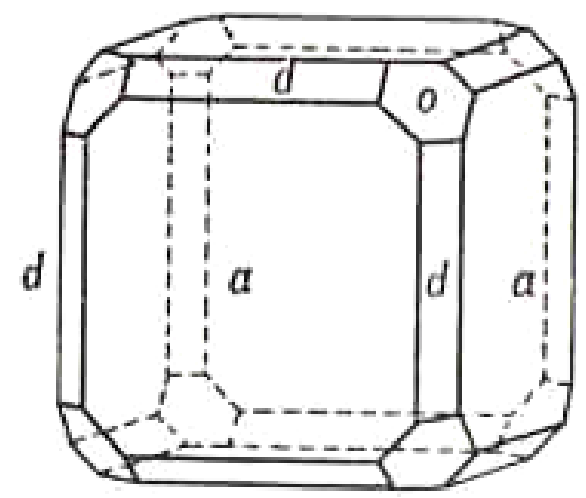
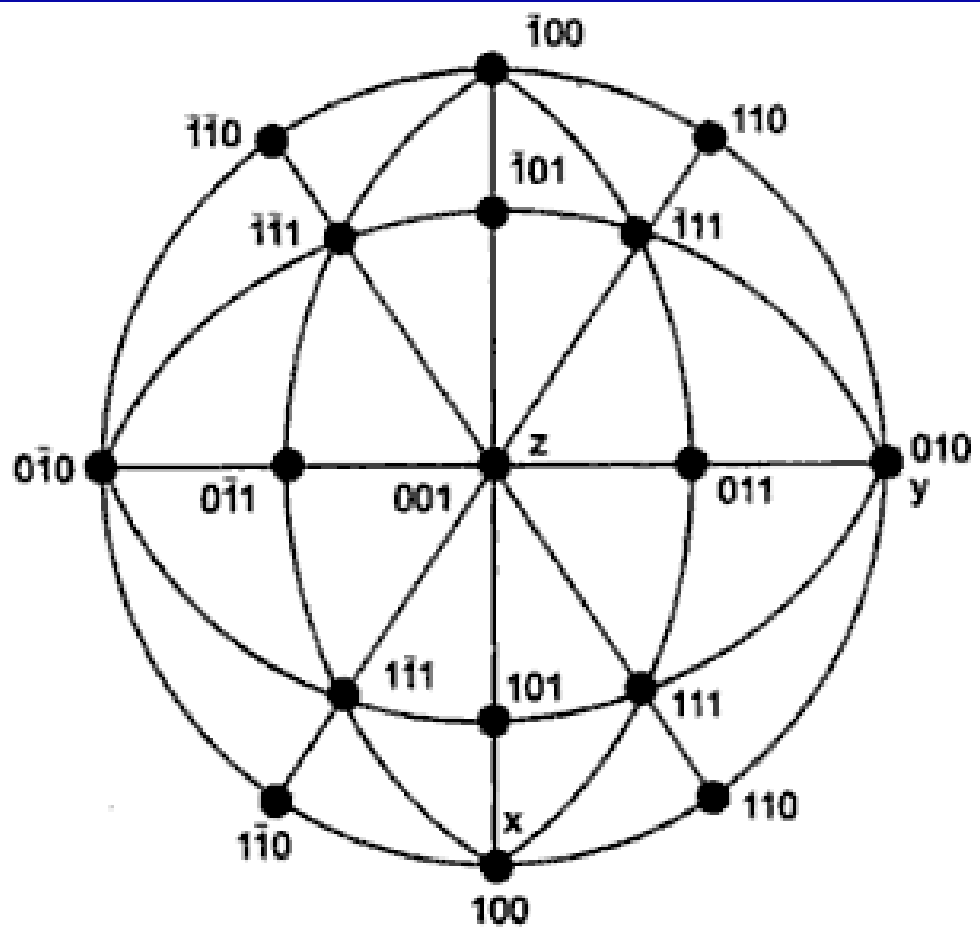
$$h_2 \quad k_2 \quad l_2 \quad h_2 \quad k_2 \quad l_2$$

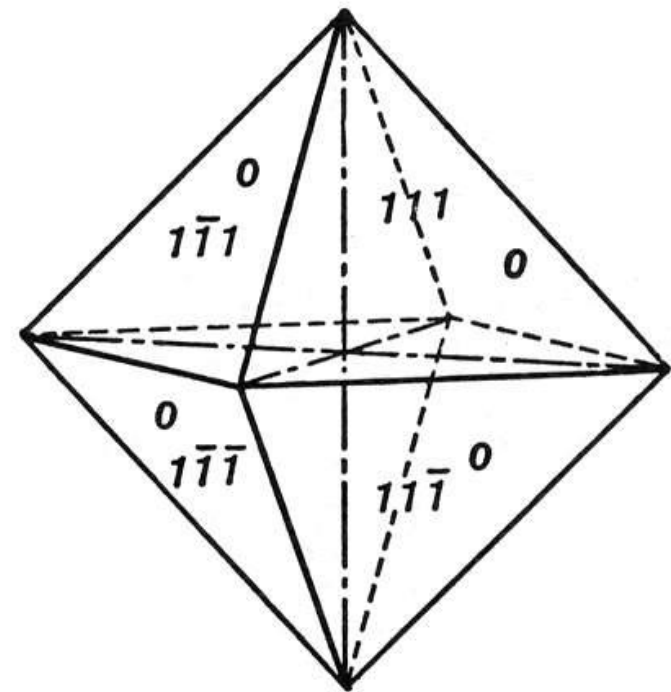
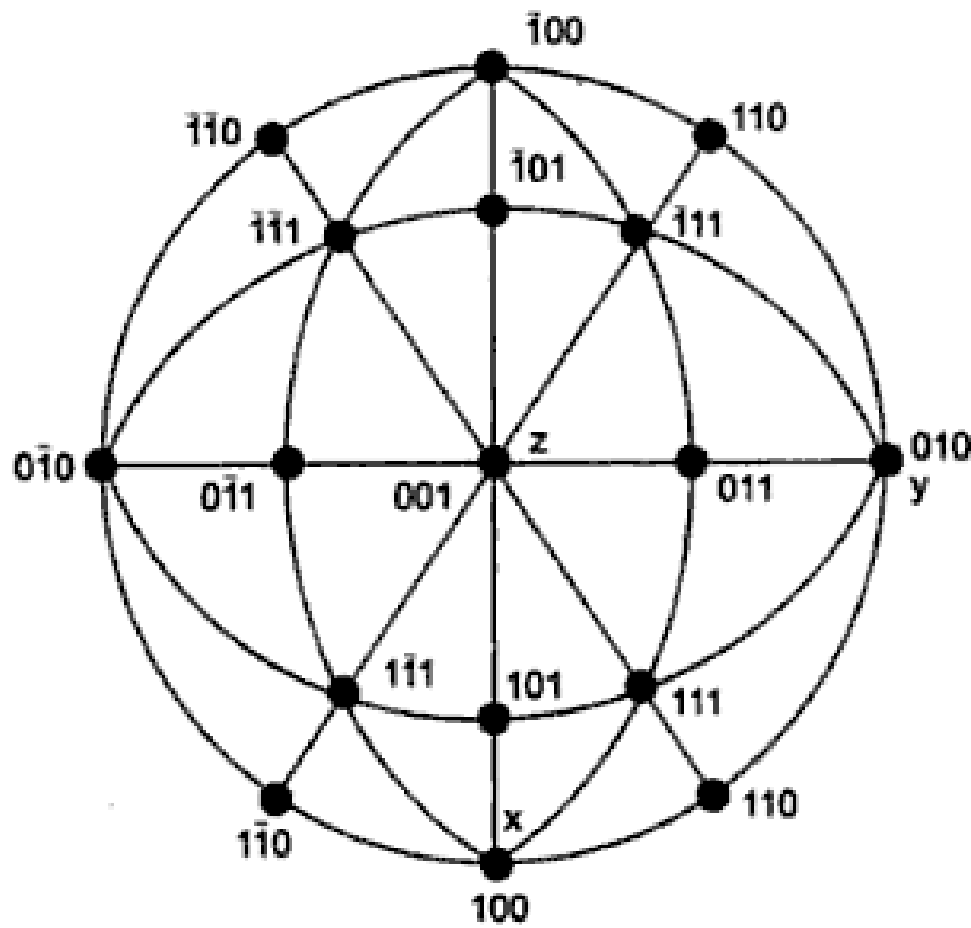
- $[u_1v_1w_1]$ ve $[u_2v_2w_2]$ zonlarının arasındaki (hkl) yüzeyinin bulunması:

$$u_1 \quad v_1 \quad w_1 \quad u_1 \quad v_1 \quad w_1$$

$$u_2 \quad v_2 \quad w_2 \quad u_2 \quad v_2 \quad w_2$$

- (hkl) yüzeyinin $[uvw]$ zonuna ait olup olmadığının kontrolü : Bu kontrol zon eşitliğinden yapılır. Verilen indisler, $h.u + k.v + l.w = 0$ eşitliğini sağlıyorsa, bu yüzey verilen zona aittir.
- Hekzagonal ve trigonal sistemlere ait yüzeylerin zon eksenini bulunurken, üçüncü indeks (i) atılır.

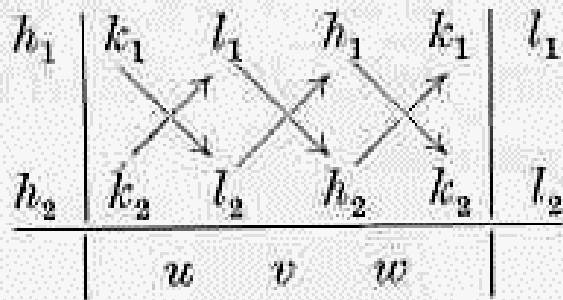




İki yüzeye ait zon ekseni

$$h_1 u + k_1 v + l_1 w = 0$$

$$h_2 u + k_2 v + l_2 w = 0$$



$$u = k_1 \cdot l_2 - k_2 \cdot l_1$$

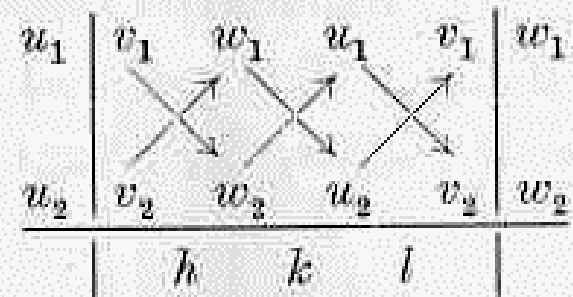
$$v = l_1 \cdot h_2 - l_2 \cdot h_1 \quad \} [u \ v \ w]$$

$$w = h_1 \cdot k_2 - h_2 \cdot k_1$$

iki zona ait yüzey

$$h \cdot u_1 + k \cdot v_1 + l \cdot w_1 = 0$$

$$h \cdot u_2 + k \cdot v_2 + l \cdot w_2 = 0$$



$$h = v_1 \cdot w_2 - v_2 \cdot w_1$$

$$k = w_1 \cdot u_2 - w_2 \cdot u_1 \quad \} (h \ k \ l)$$

$$l = u_1 \cdot v_2 - u_2 \cdot v_1$$

Toplama kuralı;

Aynı zonda yer alan iki yüzeyin arakesitinde yer alan bir yüzeyi bulmak için Vektörlerin skaler çarpımı yani bileşen katsayılarını toplama kuralı uygulanır. Örneğin,

$(h_1k_1l_1)$ ve $(h_2k_2l_2)$ yüzeyleri arasındaki yüzey;

$(h_3k_3l_3)$ yüzeyi ise

$$\begin{array}{r} h_1 \quad k_1 \quad l_1 \\ + \quad h_2 \quad k_2 \quad l_2 \\ \hline \end{array}$$

$$(h_3k_3l_3) = h_1+h_2, \quad k_1+k_2, \quad l_1+l_2$$

