

BÖLÜM 1

MİNERALOJİYE GİRİŞ



Mineraloloji

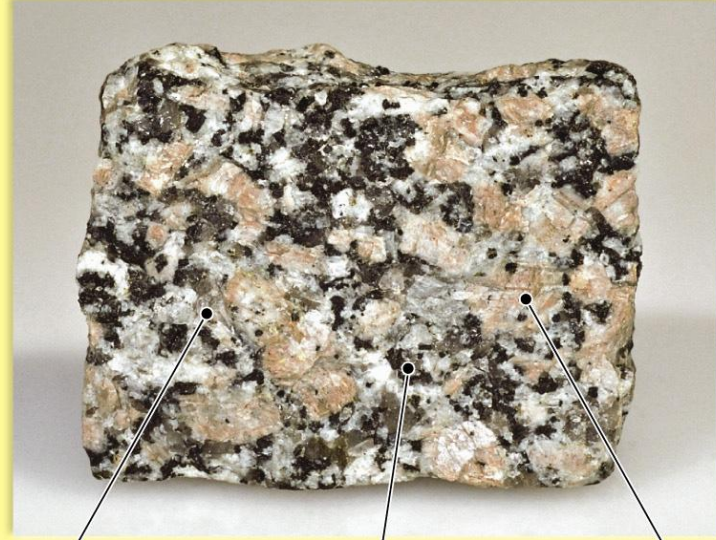
- * Mineralis veya mineral (Latince yerkabuğundan çıkarılan madde)
- * Logos (eski Yunanca bilim)



-Jeolojinin merkezinde

Mineraller yeryüzündeki kayaçları oluşturan bileşenlerdir. Yerkabuğunu oluşturan kayaçları mineraller oluşturduğuna göre esas bilim dalı kayaçları inceleyen Jeoloji'dir. Mineraloji de Jeoloji'den gelişerek yeni bir bilim dalı haline gelmiştir

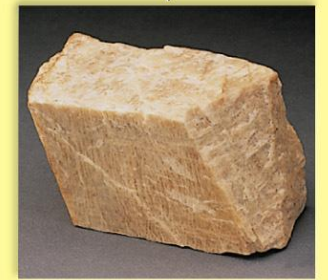
Granite
(Rock)



Quartz
(Mineral)



Hornblende
(Mineral)



Feldspar
(Mineral)

-Mineralleri inceleyen bilim dalı



-Geometrik, fiziksel ve kimyasal özellikler,

Mineralojinin iyice anlaşılabilmesi için [Matematik](#), [Fizik](#) ve [Kimyanın](#) yanı sıra [Petrografi](#), [Jeofizik](#) ve [Jeokimyanın](#) da iyi bilinmesi gerekir.



-Bütün özelliklerin birbirleri olan etkileşimleri



- Oluşumları ve kullanım alanları



Mineral:

- Doğal olarak oluşan,
- Katı, homojen, kristalin yapıda olan (düzenli bir iç yapı sunma)
- İnorganik doğal işleyler sonucu oluşan
- Belirli ancak belli aralıklarda değişen fiziksel özellik gösteren
- Tanımlı ancak sabit olmayan kimyasal bileşimli (kimyasal formülle belirtilen) maddeler.

Mineraloid:

- Kristalin olmayan veya standart bir kimyasal formülü olmayan veya eksik olan, inorganik, doğal oluşumlara mineraloid denir.

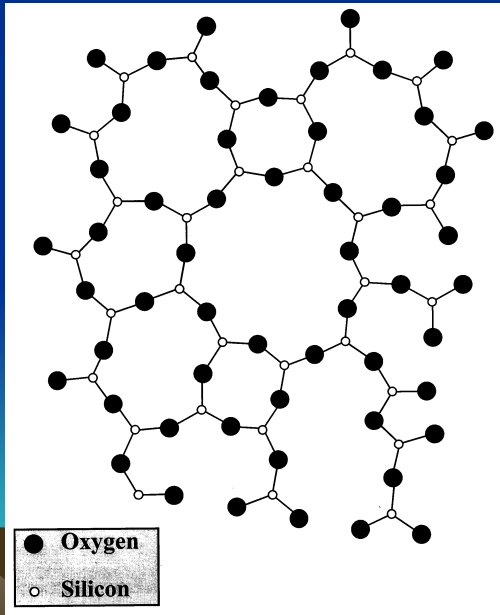


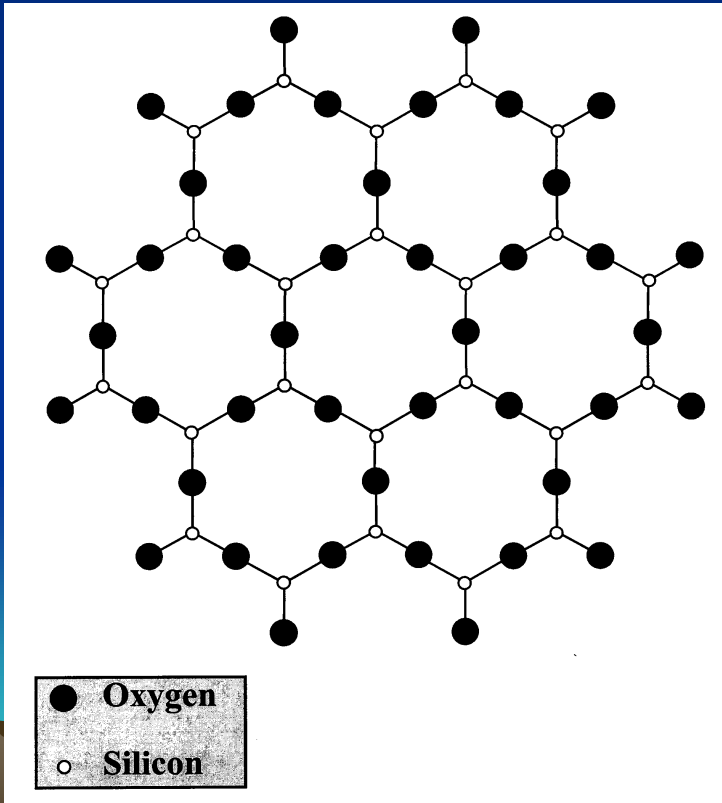
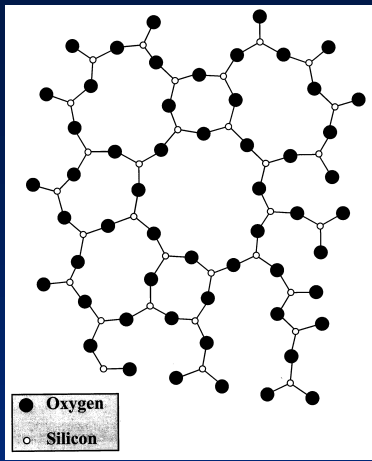
KATI KRİSTALİN YAPIDA OLMA

Bir madde katı, sıvı ve gaz formunda olabilir.

Sıvı, gaz ve bazı katılarda iyon, atom ve moleküller gelişmiş güzel dağılmışlardır.

Bir mineralde ise, kristalin olduğu için atom, iyon ve moleküllerin konumları uzayda belirli, düzenli ve periyodiktir. Bu özellik bir minerali tanımlamada ve fiziksel özelliklerini oluşturmada en önemli faktördür.

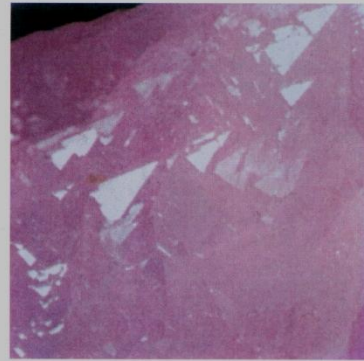




(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Şek. 17.73. İri kristalli kuarslar: (a) dağ kuars, (b) ametist, (c) pembe kuars, (d) dumanlı kuars, (e) morion, (f) sitrin.

İNORGANİK DOĞAL İŞLEYLER SONUCU OLUŞMA

Mineral doğal yollarla oluşmalıdır. Yani doğal kristalleşme olmalıdır. Ancak bu doğal yol inorganik bir prosesin (sürecin) ürünü olmalıdır. Bir minerale ait bütün özellikler aynı olmasına karşın organik işleyler sonucu oluşursa mineral sayılmaz. Örnek ne olabilir?



TANIMLI ANCAK SABİT OLMAYAN KİMYASAL BİLEŞİM (KİMYASAL FORMÜLLE BELİRTİLEN)

Minerallerin tanımlı bir kimyasal bileşimleri vardır ve bu bileşim kimyasal formülle ifade edilir.

Bu formülde bir kısıtlama yoktur. Ancak hassaslığını ve karmaşıklığını bu genel formül sınırlar.

Bir iyonun yerine geniş bir aralıkta yerine geçmeler gerçekleşir ve kesin formül kimyasal analizle belirlenir.

Bu kesin formül genel formüle elektrik yükleri açısından uymak zorundadır.



BELİRLİ ANCAK BELLİ ARALIKLARDA DEĞİŞEBİLEN FİZİKSEL ÖZELLİK

Mineraller ideal formüllerinde olduklarında özel ve sabit fiziksel özellikleri vardır.

Bunlar mineralin kimyasal bileşimleri ve kristallografik özellikleri ile belirlenir.

Sadece kristallografik özelliklerde sapma olursa mineralin adı da değişir.

Ancak sadece bileşimdeki sapmalar mineralin bazı fiziksel özelliklerinde de sapmalara neden olur.

Örnek: Fayalit minerali

Fe_2SiO_4 ideal formül. $\text{Fe}_{1.5}\text{Mg}_{0.5}\text{SiO}_4$ Belirgin olarak hangi özellikler değişir?



MİNERAL ADI

Her mineral türünün bir adı vardır. Şu anda 3000 den fazla mineral türü vardır. Her birinin kendine özgü formülü, fiziksel özellikleri ve kristal yapısı vardır. Çok değişik yöntemlerle adlanmışlardır. Örneğin;

-İlk bulunduğu yer(Kaolinit, Çin'de Kaoling de bulunmuş)

- Renk (Hematit, tipik rengi kan renginde)

-İlk bulan kişinin adı (Ribekit, E. Riebeck'ten)

-Benzediği şekil veya form(Stavrolit, haç şekilli)

-Tipik fiziksel özelliği (Magnetit, magnetik özellik; anhidrit, susuz)

-Aynı mineralin değişik türlerine özel adlar verilir.

Örneğin kuvars minerali bileşiminde çok az değişir ve çok zayıf kristal yapı hataları gösterir. Ancak bu ufak değişimler değişik renk ve görüntülere neden olur. Fakat hepsi kuvarstır.



Formülü SiO_2

Renk: Mor, Ametist

Renksiz, dağ kuvarısı

Sarı, sitrin

Pembe, gül(rose) kuvars

Koyu kahve, Dumanlı kuvars vs.

Aynı kristal yapısına sahip olan mineraller aynı mineral grubuna aittirler:

Örneğin;

Kalsit(CaCO_3)

Siderit(FeCO_3)

Rodokrosit(MnCO_3)

Magnesit(MgCO_3)

Hepsi eş yapılı mineraller olup kalsit grubunun mineralleridir.

Bazı mineraller ise seri adları ile anılırlar: Örneğin, Bunlarda mineral bileşimleri iki uç üyenin arasına değişen bileşim sunarlar. Forsterit (Mg_2SiO_4) ve Fayalit (Fe_2SiO_4) eş yapılı iki uç üye mineral olup $[(\text{Mg}, \text{Fe})_2\text{SiO}_4]$ seri adı Olivindir.

Mineraller geçmişte çok farklı yönlerden incelendi ve sınıflandırıldı. 3000 yıl öncesinden bile önemli ölçüde mineral bilgisi vardı, özellikle kullanım açısından.

Örneğin fiziksel özellik açısından (yapı maddesi veya süs materyali olarak veya seramik yapmakta).

10. yy da minerallerin renk, yoğunluk, sertlik özelliklerinden yola çıkılarak kıymetli mineraller ayırt edilmişti.

16. yy da minerallerin fiziksel özellikleri büyük ilgi topladı. Daha sonra kristal şekilleri, geometrileri ve sınıflanması yapıldı.

19. Yy da sayısal kimya ile birlikte kimyasal analiz ve sınıflamalar yapıldı.



1912 de X-ışın difraksiyonu ile birlikte kimyasal ve kristallografik ve fiziksel özellikler çözüldü.

1960 lardan sonra Elektron, nötron ve field ion mikroskopları ile birlikte her şey çözülmeye başladı. İç ve dış yapı arasındaki ilişki belirlendi.

Günümüzde mineraller,

KRİSTALOGRAFİK ÖZELLİKLERİ (Geometrik Özellikleri)

KİMYASAL ÖZELLİKLERİ ve

FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ olarak üç grup altında ve bu sırayla incelenir.



KRİSTAL VE KRİSTALOGRAFI:

Kristal; kendisini oluşturan atomlar veya iyonların uzayda düzenli ve tekrarlanan bir şekilde düzenlenmesi ile oluşan yapılardır. Mineraller kristal olmaları nedeniyle düzenli bir iç yerleşime sahiptirler. Şartlar uygun olduğunda bu iç yapıdaki düzen dış yapıda da kendisini gösterir. Bu düzenli dış yapı düzgün geometrik formlarla belirlenir. Ancak önemli olan iç yapıdır. Bazıları bunu dış yüzeyde gösteremezler.

Kristalografi; Kristal üç boyutta düzenli iç yapı gösteren katılardır. Bunların büyümeleri, iç ve dış yapılarını inceleme kristalografi adı altında ayrı bir fizik dalıdır. Sadece minerallerle değil, diğer yapay kristallerle de ilgilenir.



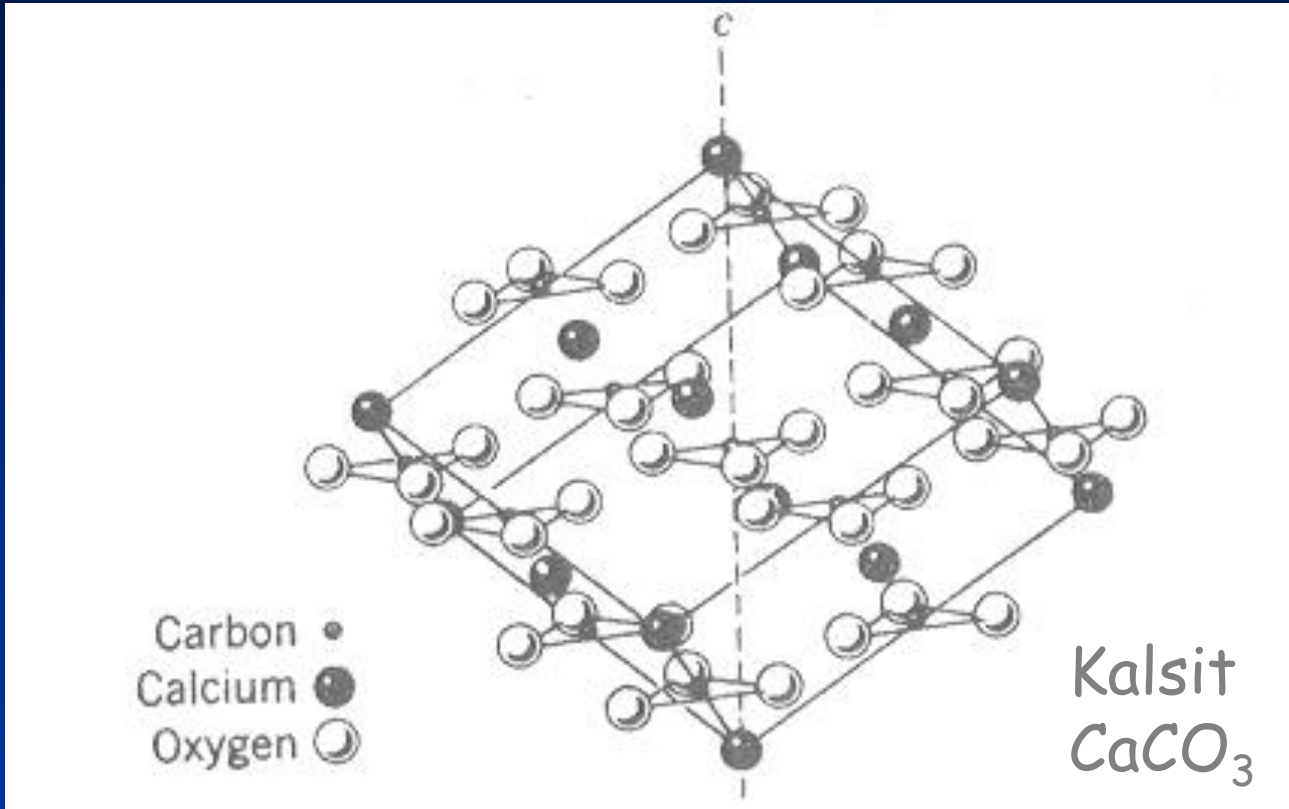
Bir kristalin dış şekli onun morfolojisi olarak bilinir ve içteki düzenin bir ifadesidir. Bir kristaldeki iç düzen veya kristal yapısı, motiflerin (atom, iyon veya molekül gruplarının) bir kafes (lattice) (noktaların veya motiflerin uzaydaki periyodik bir dizilim) deki tekrarlanmaları olarak düşünülür. Kafes iç düzenin ötelenebilen bileşenidir. Motif veya atomlar belli bir simetriyi dış yapıda da yansıtırlar.

Bu bir iki-boyutlu dizilimdir.
Yani iki boyutlu birim.
Virgül bir motifi temsil etmektedir.



Burada kırmızı, sarı, yeşil ve siyah kertenkelelerin oluşturduğu motifler iki boyutta tekrarlanıyor.





Kalsitin atomik yapısı;

* Birim hücrenin şekli rombohedral.

* Ca ve CO_3 'ların yerleri belli ve bunlar üç-boyutlu yapıdaki motifleri oluşturmaktadır.

Kristalografik Özellikler:

Birim Hücre: Bir kristal yapısında temel unsur Birim Hücredir. Birim hücre yapının en küçük hacmi olup, üç-boyutta sonsuz olarak tekrarlandığında, yapıdaki bütün farklı iyonları ve bu iyonlar arasındaki bütün ilişkileri içerir. Yani kristal yapısının yapı bloklarıdır.

Simetri: kristaldeki bir motif veya şeklin,

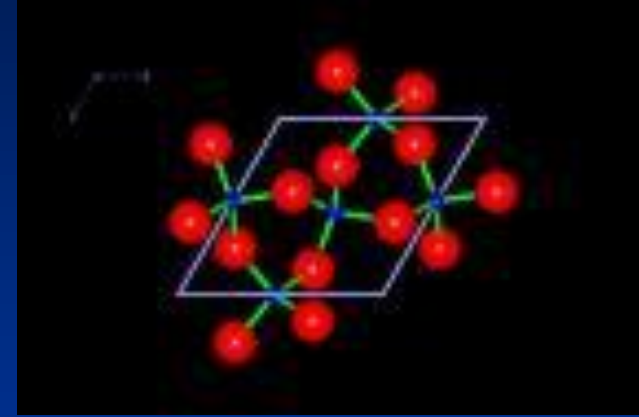
- bir düzleme,
- bir doğruya ve
- bir noktaya göre

zıt tarafında, aynı ve tam olarak tekrarlanmasıdır.





-Dıştan gözlenen geometrik özellik
(üçgen, kare, dikdörtgen,
beşgen,altıgen, yamuk vs)



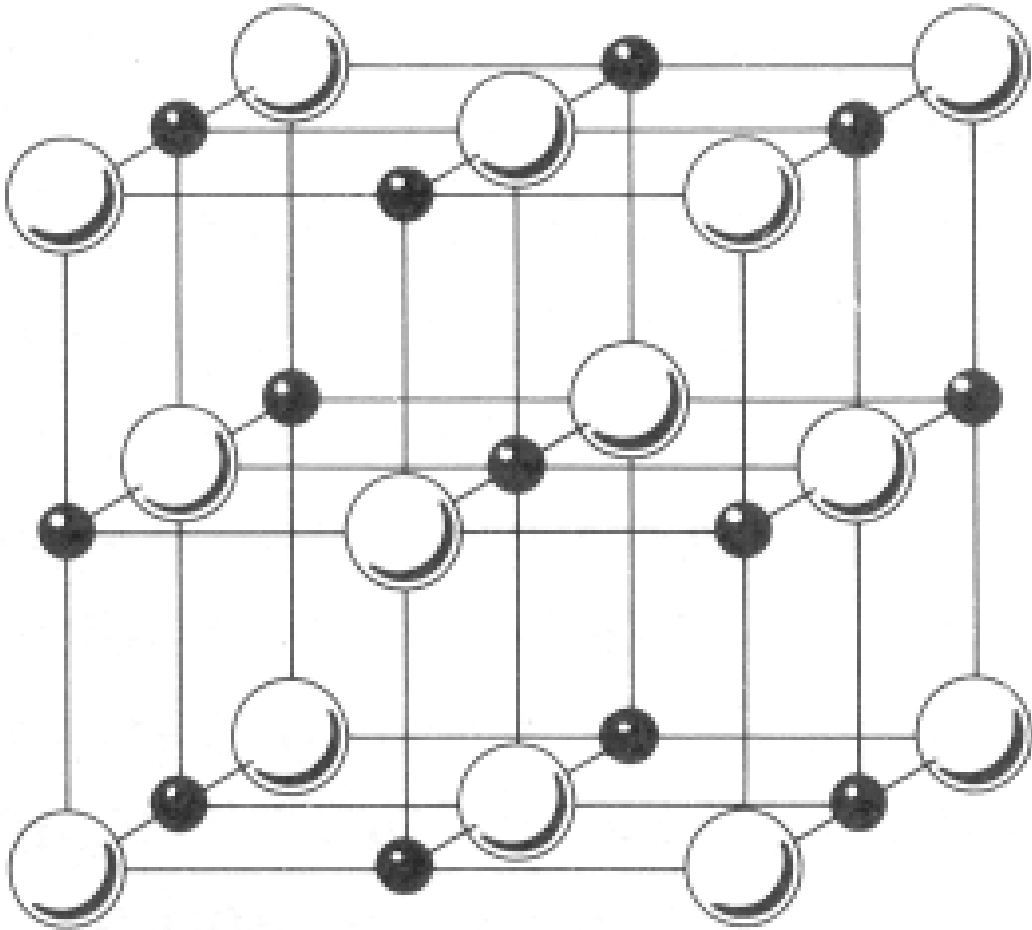
- İçte gözlenen geometrik ve
periyodik dizilim.

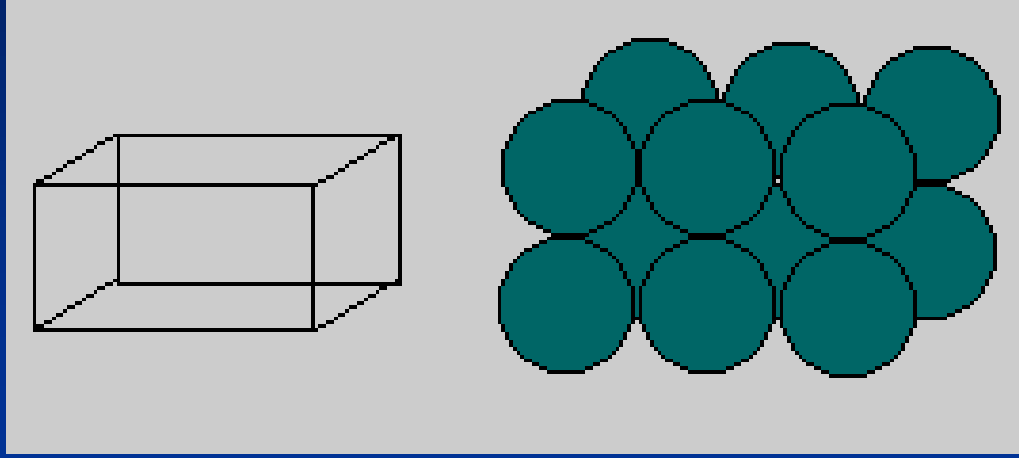
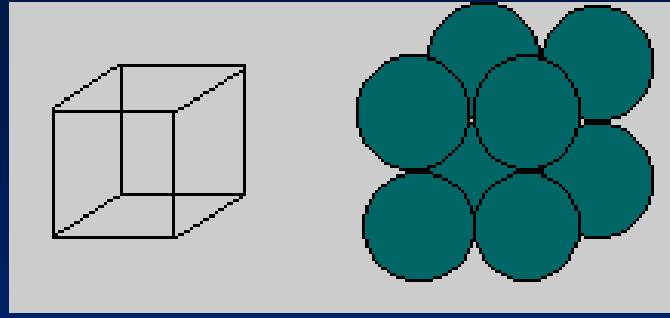


Simetri işlemleri:

- Bir birim hücrede, her bir iyonun birim hücre ile ve her bir iyonun birbirleri ile ilişkilendiren dönüşümlere (transformation) simetri işlemleri denir.
- Simetri işlemi iyonların hayali bir dönüşümü olup, işlem tamamlandığında ortaya çıkan durum, başlangıçtaki orijinal şeklin eşidir. Birim hücre de birbirleri ile simetri işlemleri vasıtasıyla değişebilirler ve simetrik olarak eştirler. Ayrıca yapıdaki farklı birim hücreler de simetrik olarak eştirler. Bundan dolayı tüm kristal kafesi bu kavramsal dönüşümle kurgulanır.





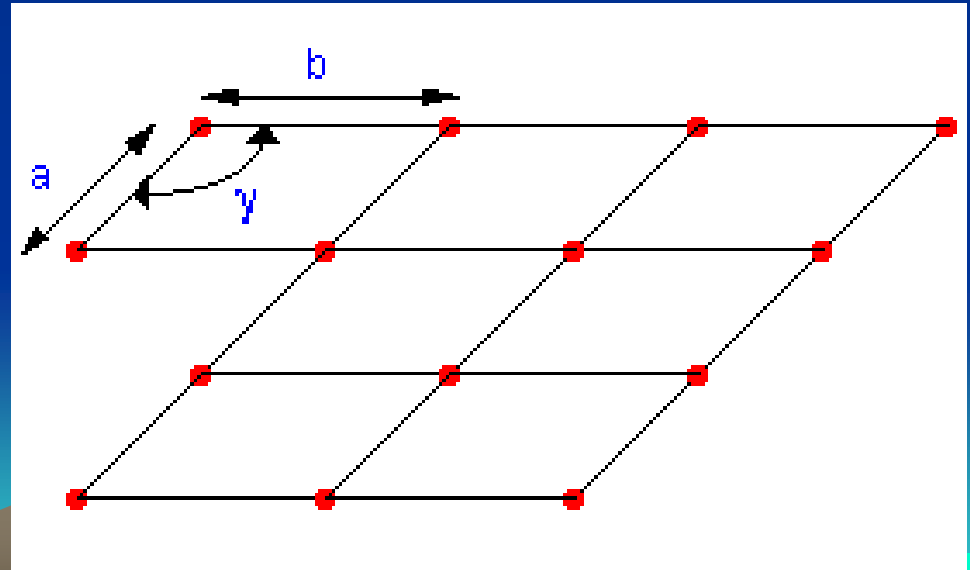
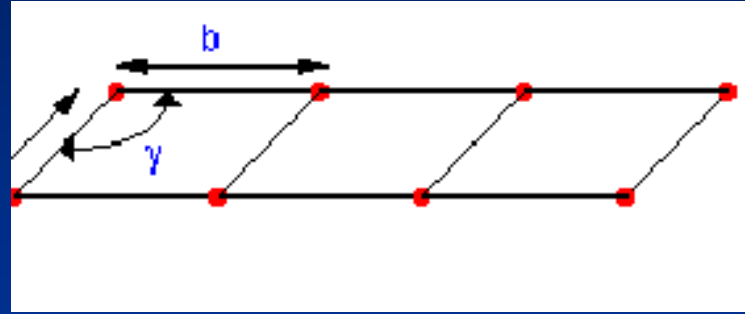
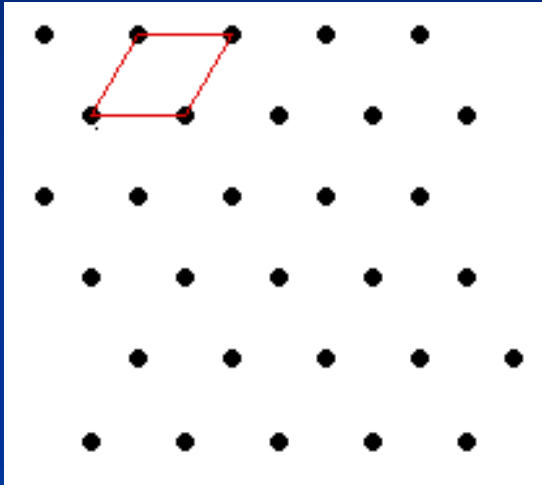


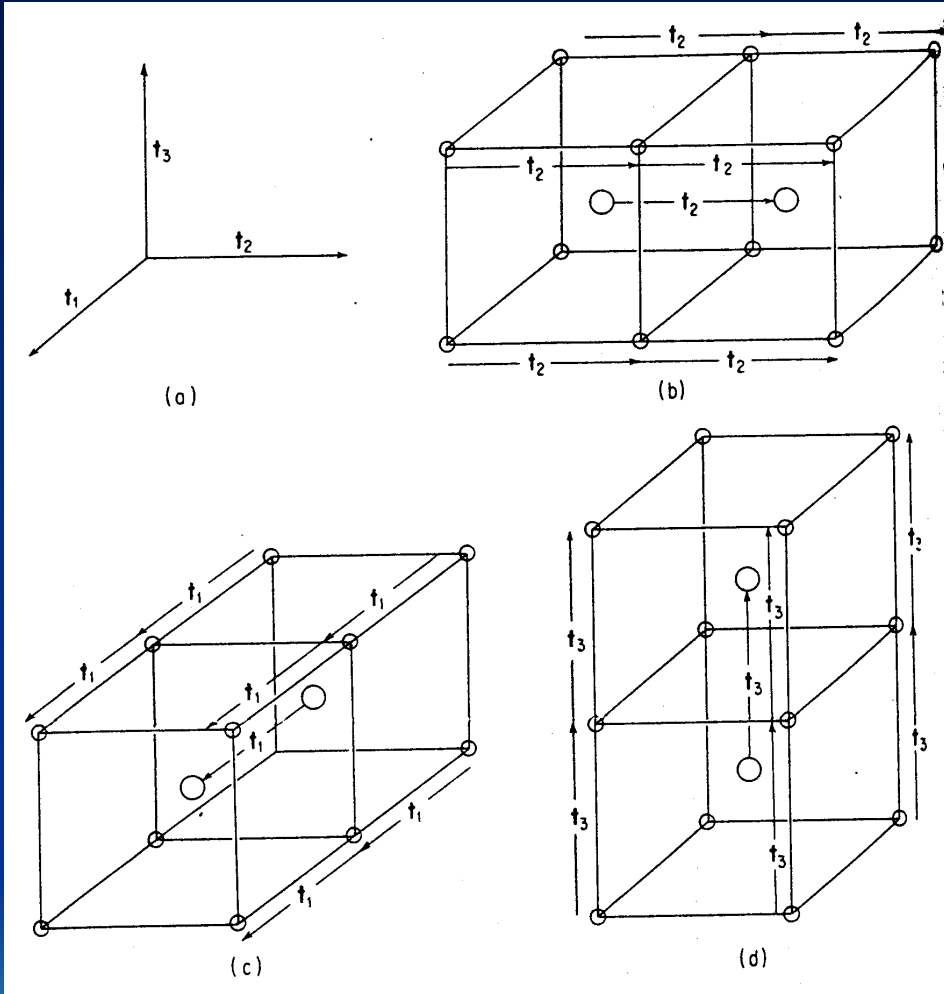
Simetri işlemleri;

1. Yalnızca morfolojide gözlenen ve kristalin dış geometrisinde işlenenler ve
2. Atomik ve/ veya moleküler boyutta yer alanlar olmak üzere 2 grupta incelenir.

SİMETRİ İŞLEMLERİ= 4+2

1) Öteleme(translation) işlemi: Bu işlem kristalin morfolojisinde yer almaz. İki boyutlu bir motifin iki boyutta ötelenmesi.



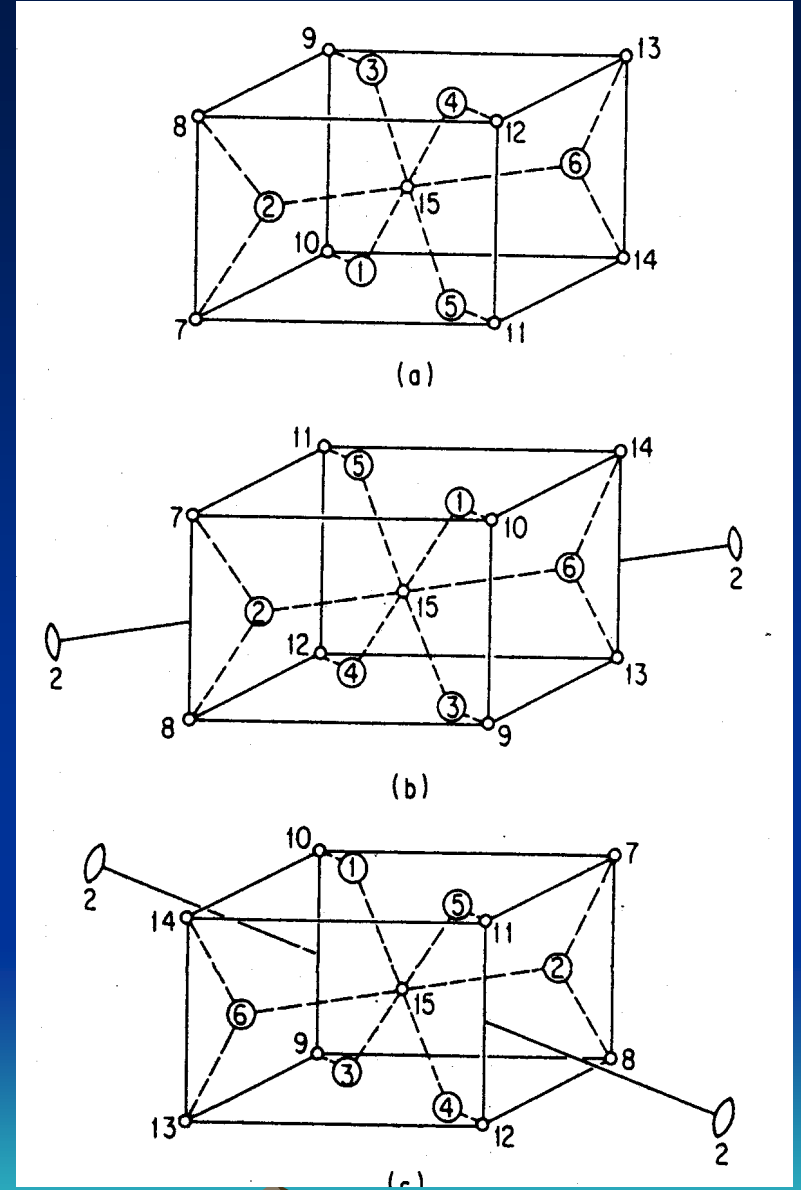


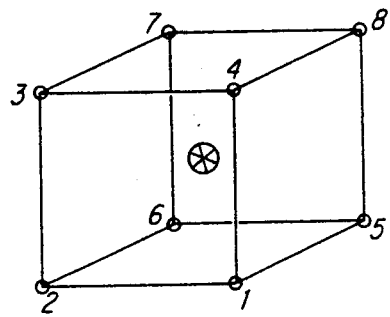
Bir kristal yapısını kurmak için bir birim hücreye üç yönde öteleme yapılması gerekir. Her bir yöndeki öteleme , birim hücrenin o yöndeki boyutu kadar yapılır. Üç boyuttaki öteleme birim hücrenin kenarlarının yaptığı açı ile eşittir. Yani dik doğrultuda yapılması gerekmez. Bu işlem kristal içerisindeki **atomların periyodik olarak düzenlendiğini** ispatlar.

2) Döndürme (rotation):

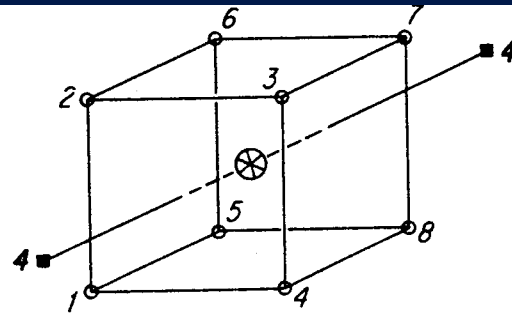
Bir birim hücre birim hücrenin merkezinden geçen hayali bir eksen etrafında 360 derece veya bunların bölümleri olarak döndürüldüğünde orijinal şekil başlangıçdaki aynı olur. Bu döndürme işlemidir. Bu işlem **kristal yapısında simetrinin varlığını ispatlar**. Tam bir döndürme işlemi sonucu 1-, 2-, 3-, 4-, 6- kere tekrarlanma gerçekleşebilir.

Bu işlem sonucu **simetri elemanı olarak döndürme eksenini veya simetri eksenini oluşturur.**

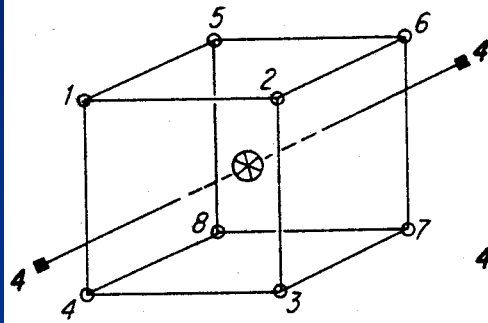




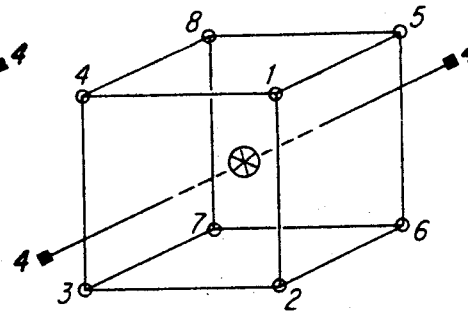
(a)



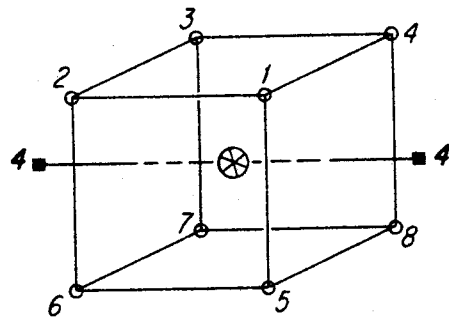
(b)



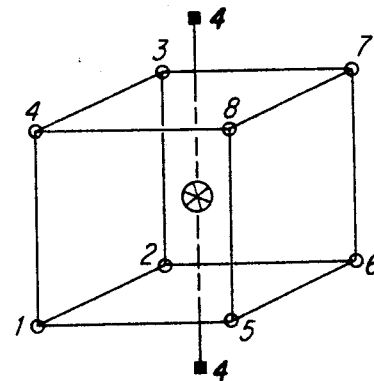
(c)



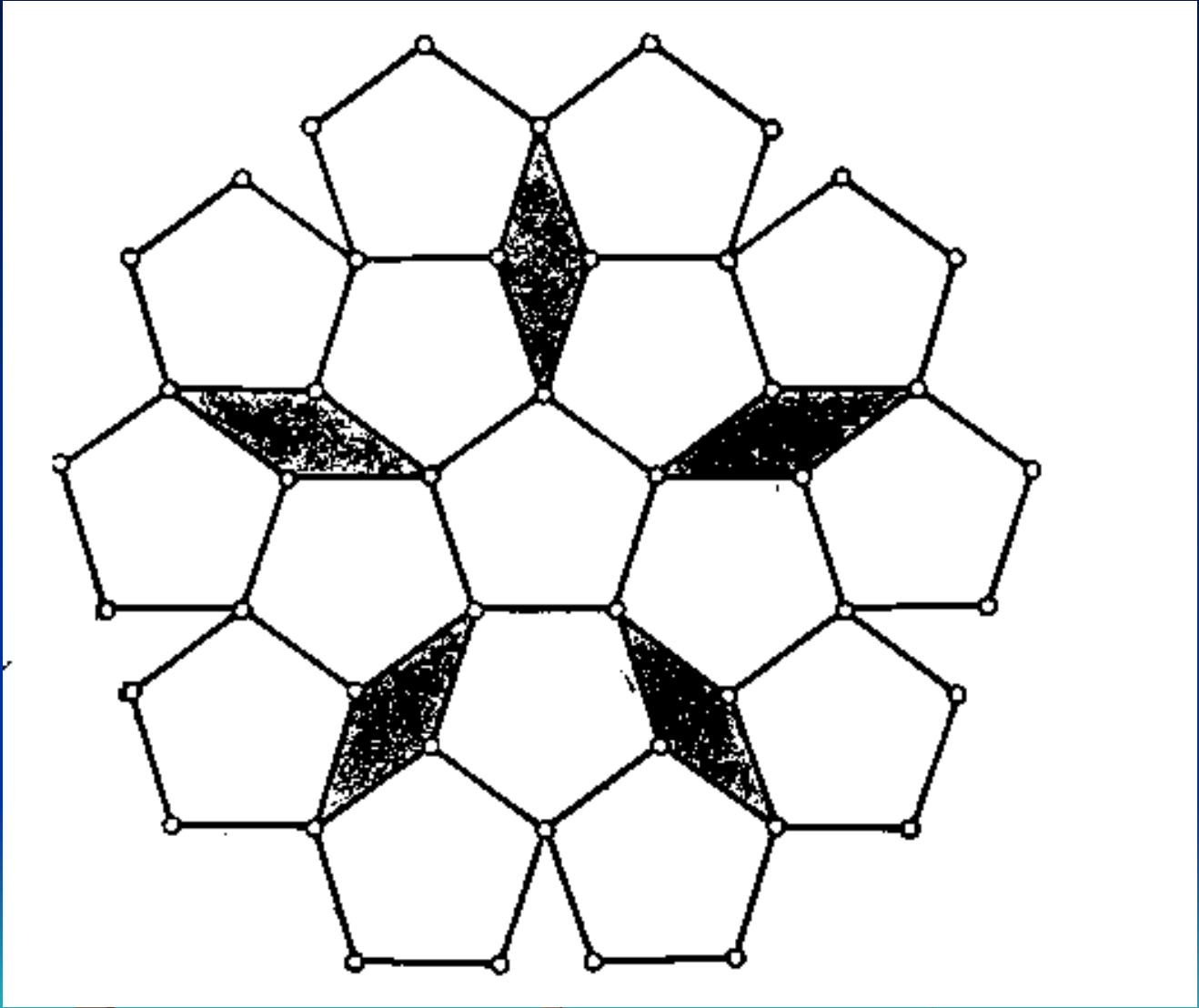
(d)

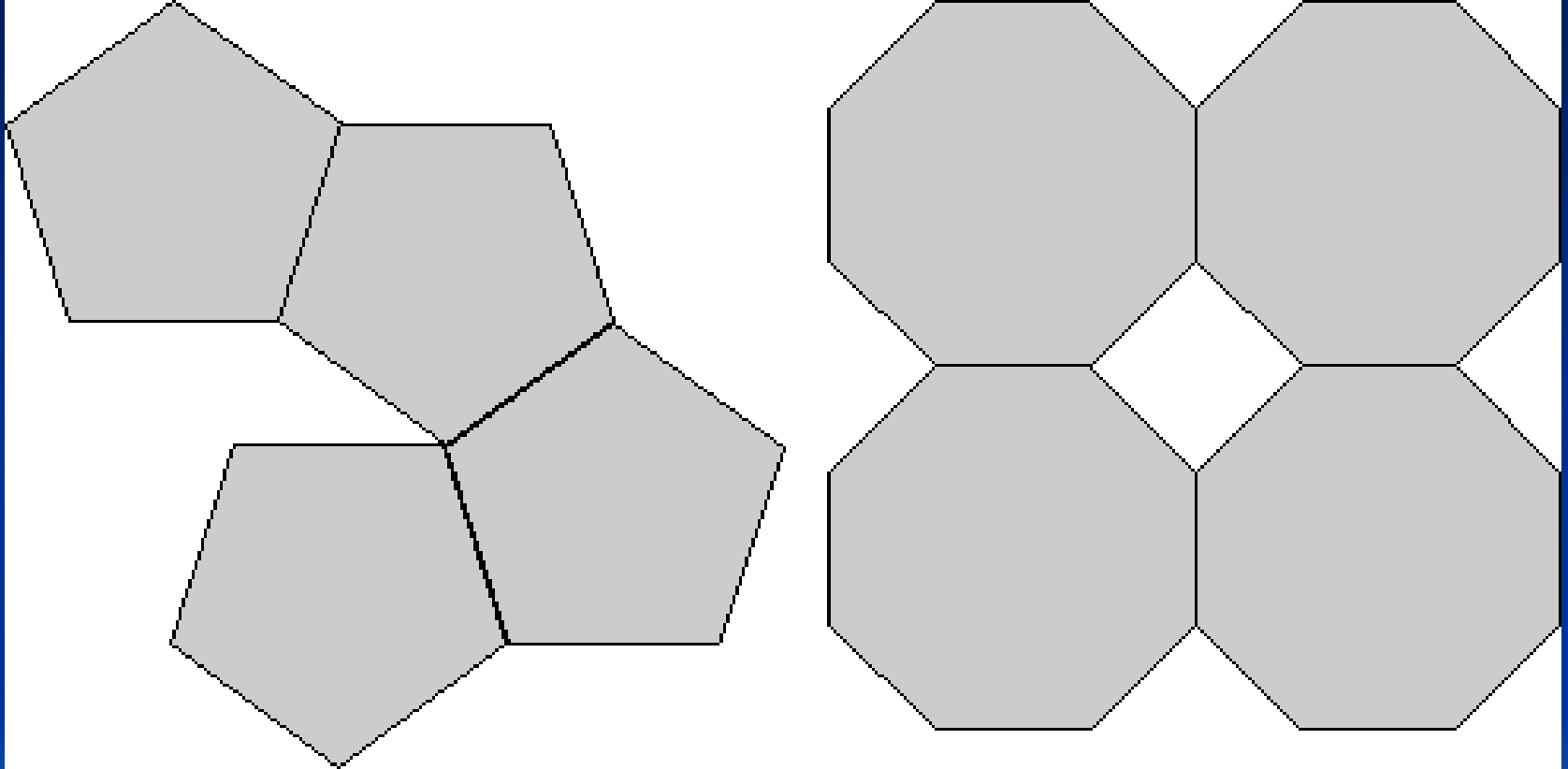


(e)



(f)

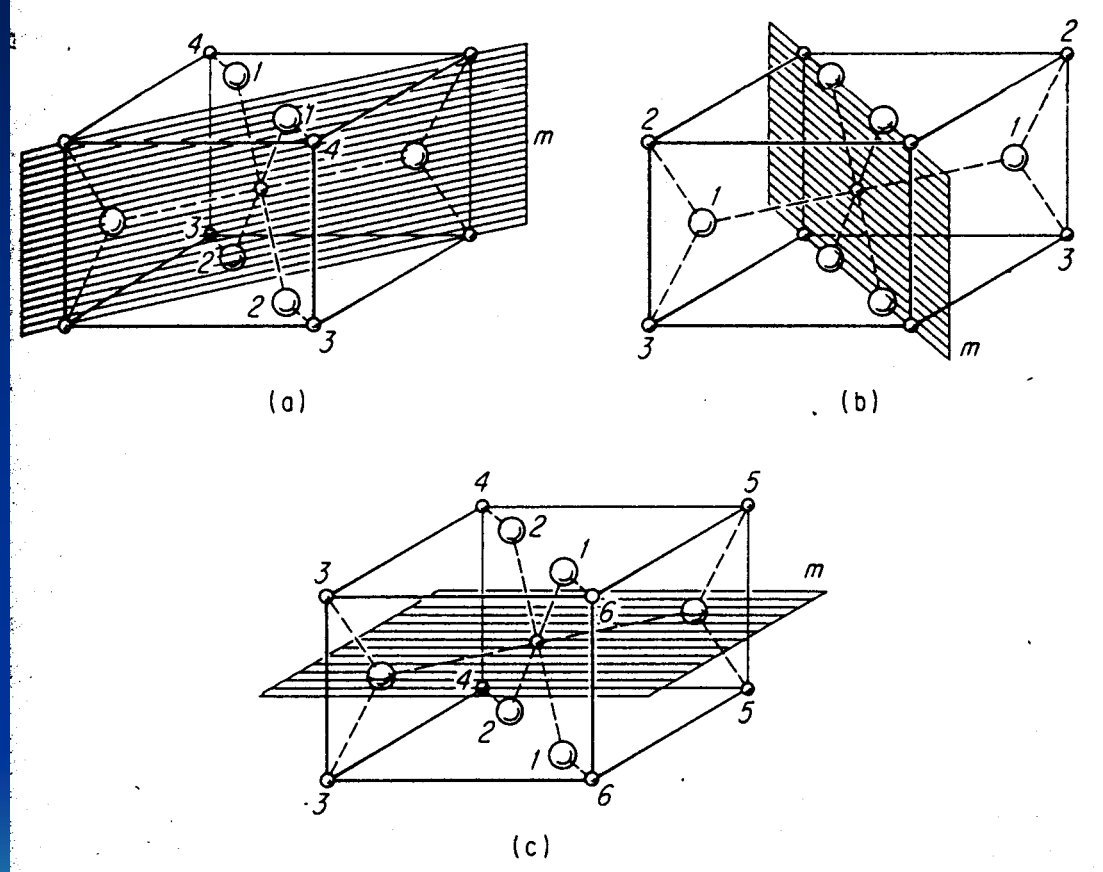




3) Yansıtma (reflection):

Bu simetri işlemi bir şeklin ayna görüntüsünü oluşturur. Bu işlemde simetrinin varlığını ispatlar ve birim hücrenin merkezinden geçer.

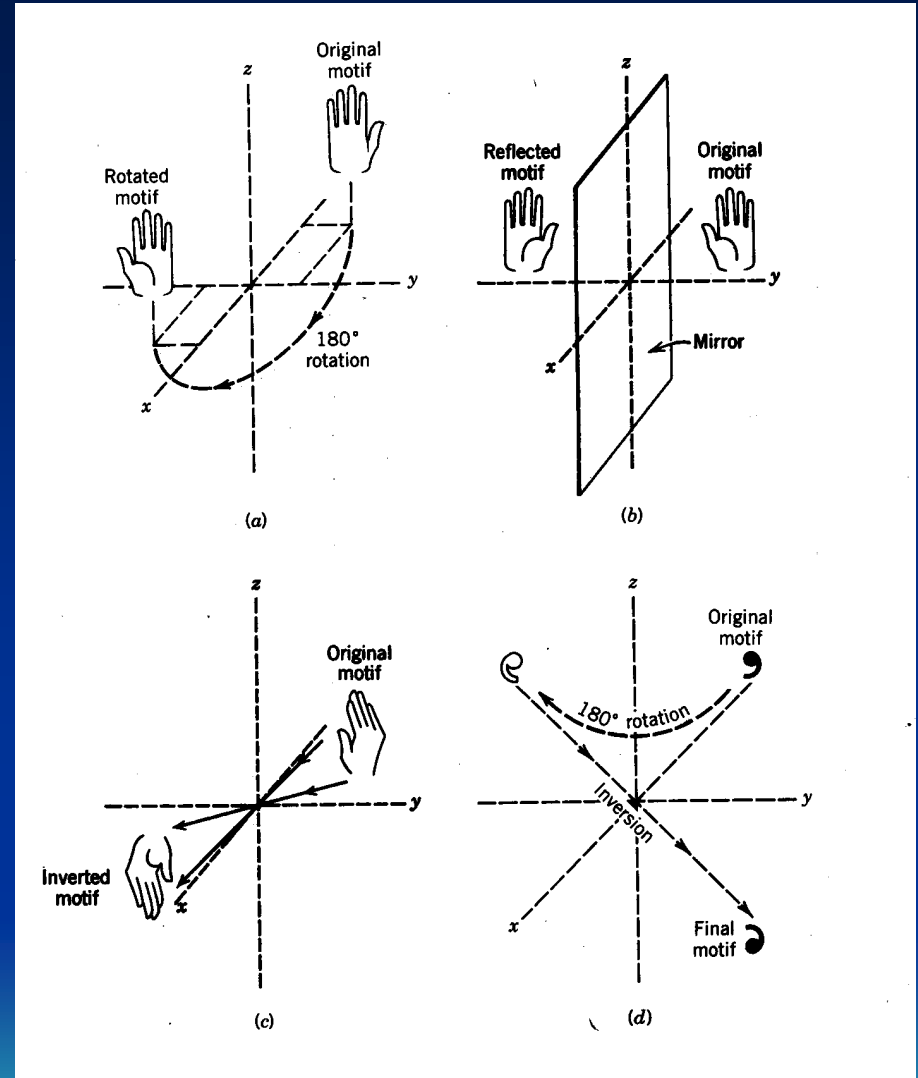
Bu işlem sonucu simetri elemanı olarak ayna veya simetri düzlemi türer.

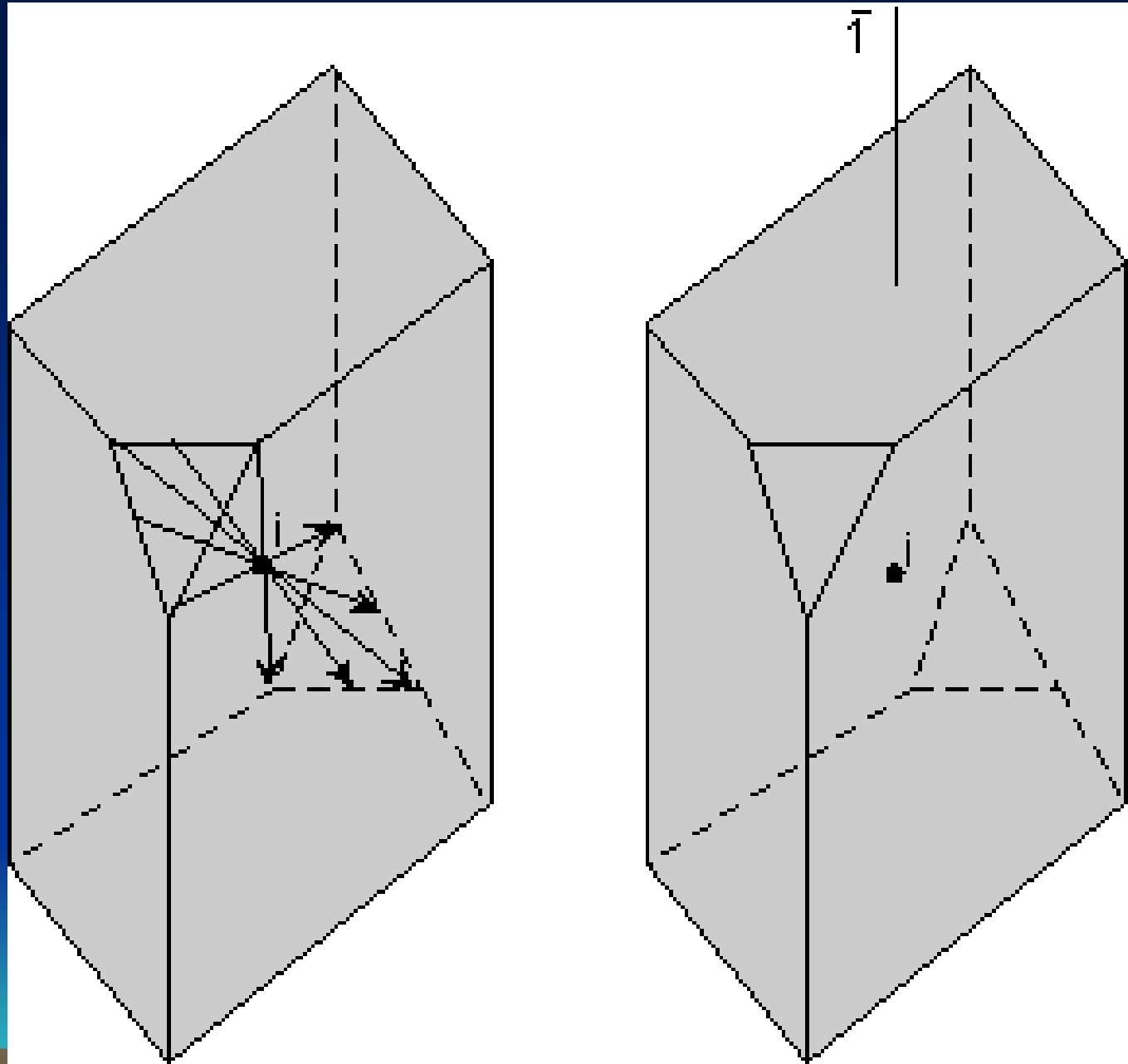


4) Evirme (inversion):

Bu işlem, birim hücre içerisindeki bir iyonu veya grubunu, merkezden geçen bir doğrunun diğer ucunda merkeze eşit uzaklıkta tekrarlar. Bu işlem de simetrinin varlığını ispatlar.

Simetri elemanı olarak simetri merkezini türetir. Simetri noktasal simetridir.





5) Simetri işlemlerinin kombinasyonu

a) Döndürmeli-yansıtma
(Roto-reflection)

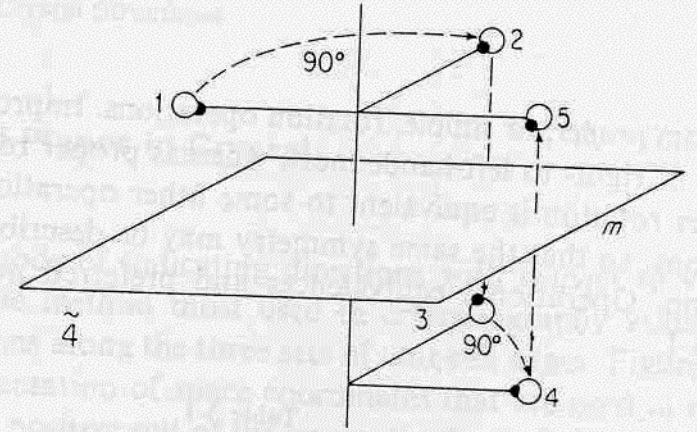
(a) Rotoreflexion

$$2 + m = \tilde{2}$$

$$3 + m = \tilde{3}$$

$$4 + m = \tilde{4}$$

$$6 + m = \tilde{6}$$



b) Döndürmeli-evirme
(Roto-inversion)

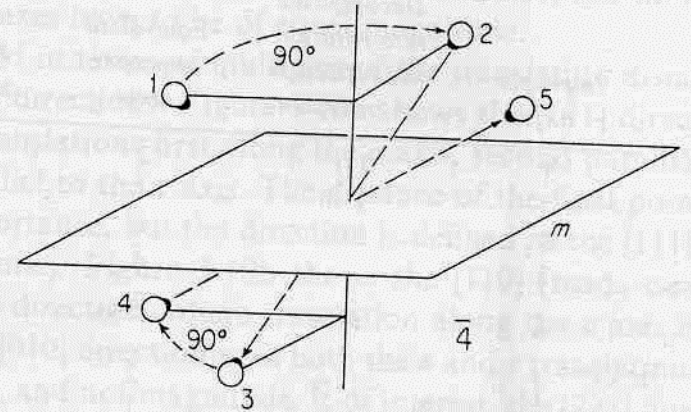
(b) Rotoinversion

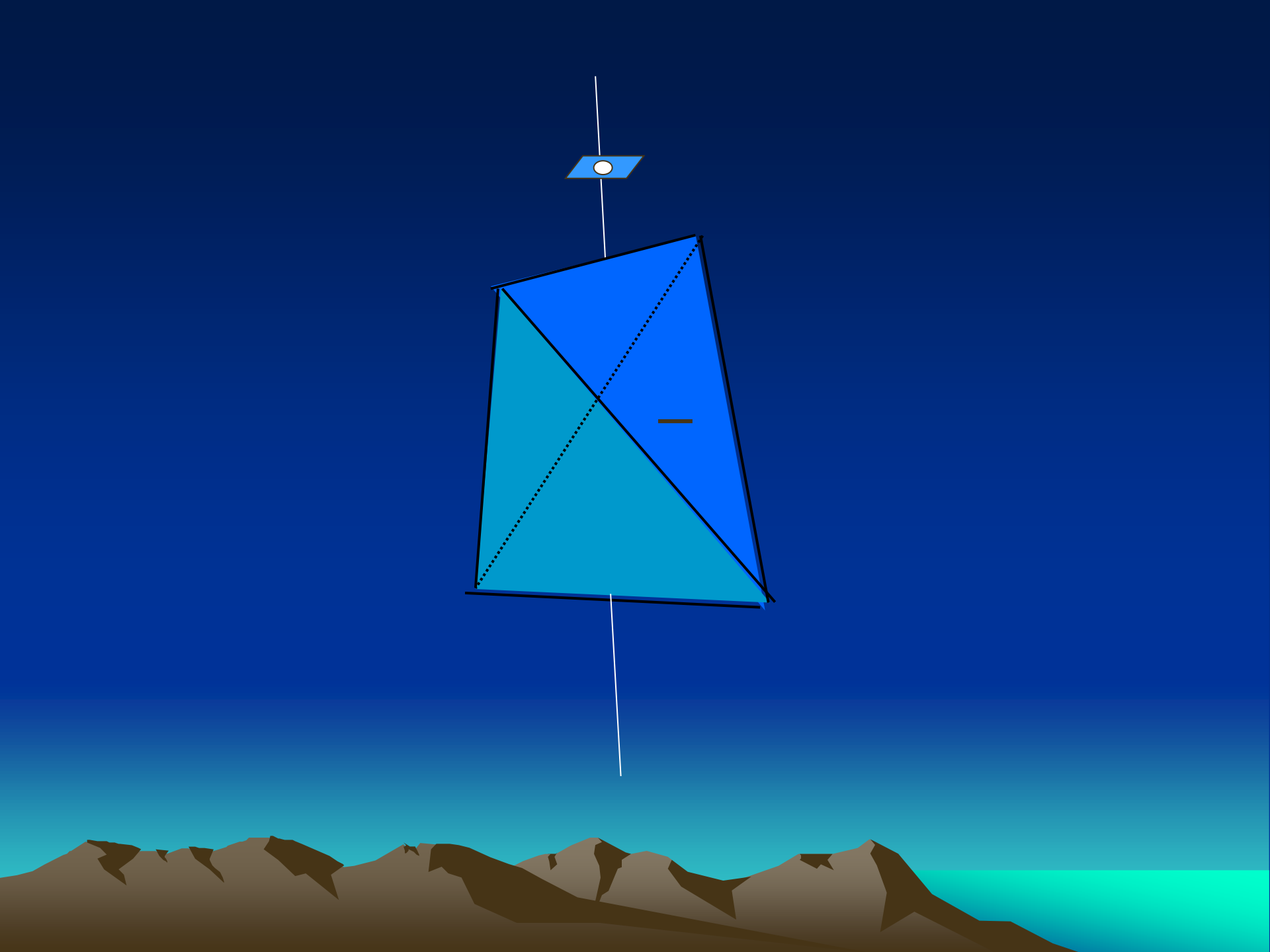
$$2 + i = \bar{2}$$

$$3 + i = \bar{3}$$

$$4 + i = \bar{4}$$

$$6 + i = \bar{6}$$





29 EYLÜL 2014



Mineraloji



Mineral



Birim hücre



Simetri



Simetri işlemleri



Simetri elamanları



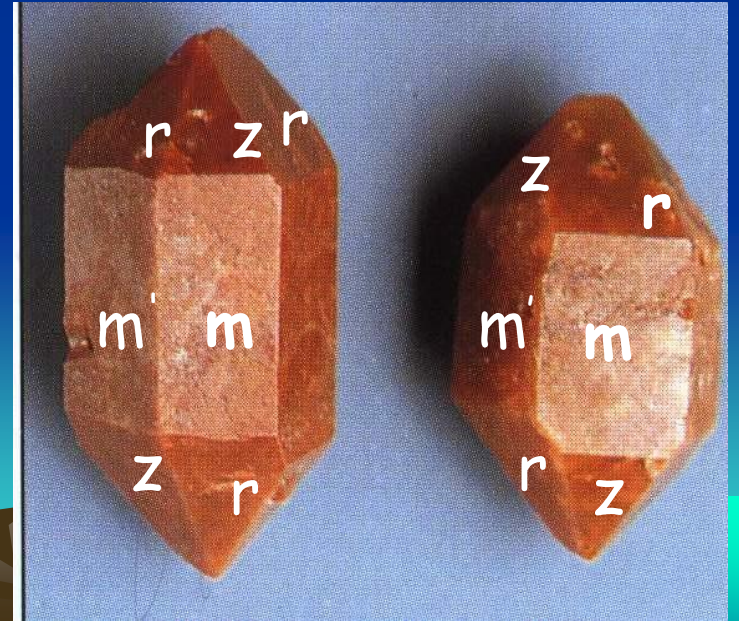
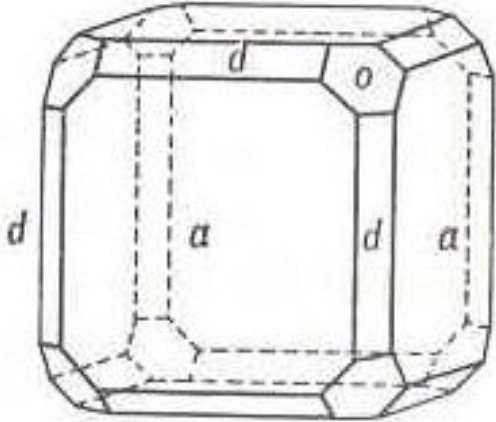
YÜZEYLERİN VE SİMETRİ ELEMANLARININ İKİ BOYUTTA GÖSTERİLMESİ

Kristallerde gözlenen simetriyi ve simetri elemanlarını (simetri düzlemi, simetri eksenini ve simetri merkezi) 2 boyutta gösterebilmek için değişik yöntemler uygulanabilir:

-Üç boyutlu şekil çizilir (ancak bunlarda simetriyi belirleyen yüzeyler ve aralarındaki açılar tam olarak ölçülemez).

-Projeksiyonlar kullanılır. Bunlar,

- * Küresel projeksiyon
- * Stereografik projeksiyon olabilir.



HERMANN-MAUGUIN FORMÜLLERİ

- **Simetri Eksenleri:**

1 dönümlü eksen \longrightarrow 1

2 dönümlü eksen \longrightarrow 2

3 dönümlü eksen \longrightarrow 3

4 dönümlü eksen \longrightarrow 4

6 dönümlü eksen \longrightarrow 5

- **Altern Simetri Eksenleri:**

$\bar{1}$ \longrightarrow Simetri merkezini gösterir

$\bar{2}$ \longrightarrow Simetri düzlemi ile aynıdır

$\bar{3}$ \longrightarrow 3 dönümlü eksen ve buna ek simetri merkezine eşdeğerdir

$\bar{4}$ \longrightarrow Simetri ekseni tektir

$\bar{6}$ \longrightarrow 3 dönümlü eksen ve eksene dik bir simetri düzlemine eşdeğerdir.

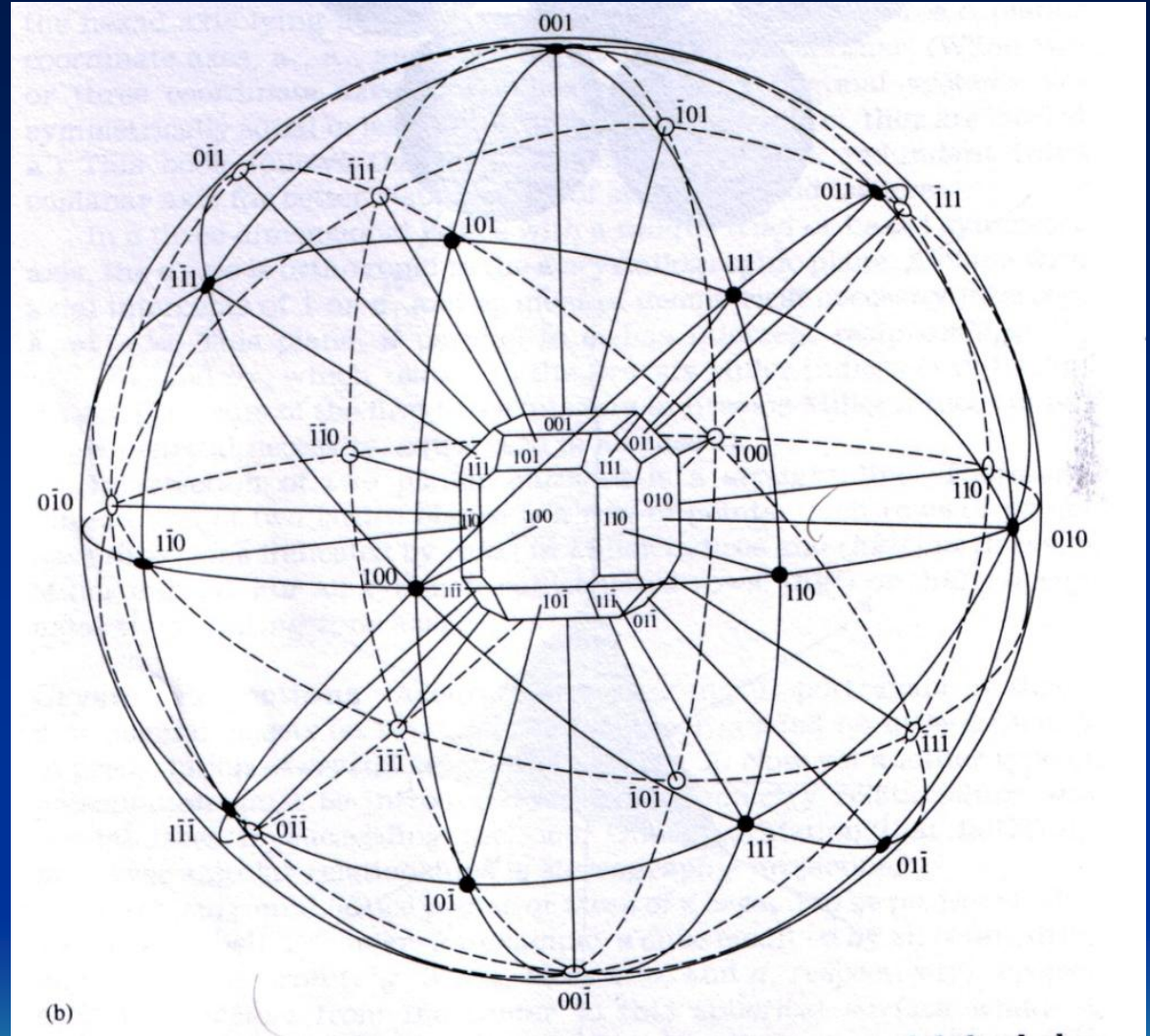
- **Simetri Düzlemi: m**

Küresel projeksiyonda;

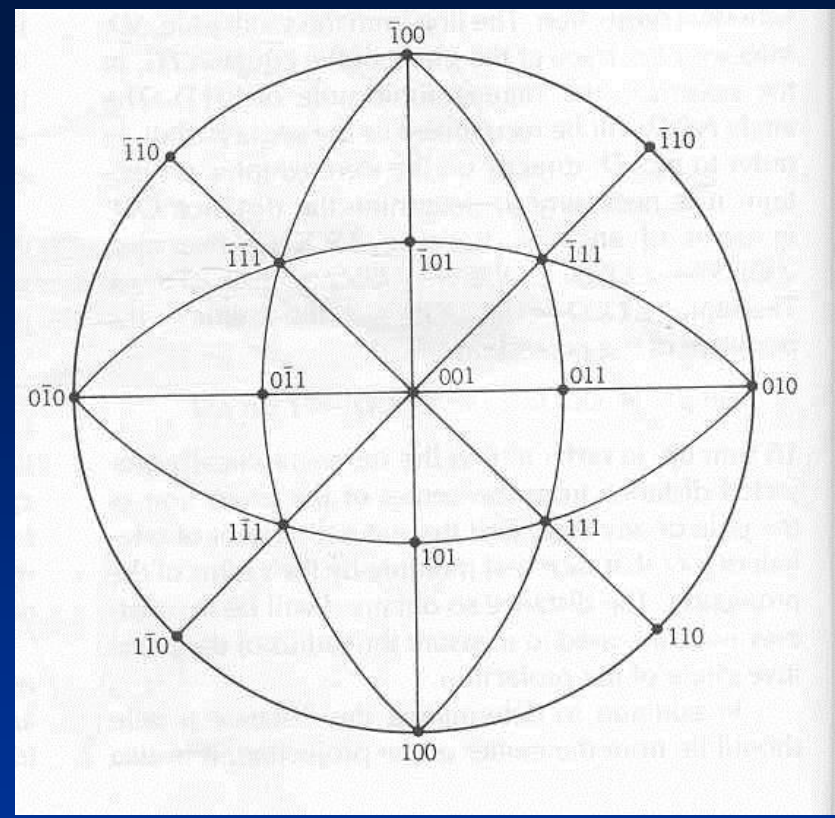
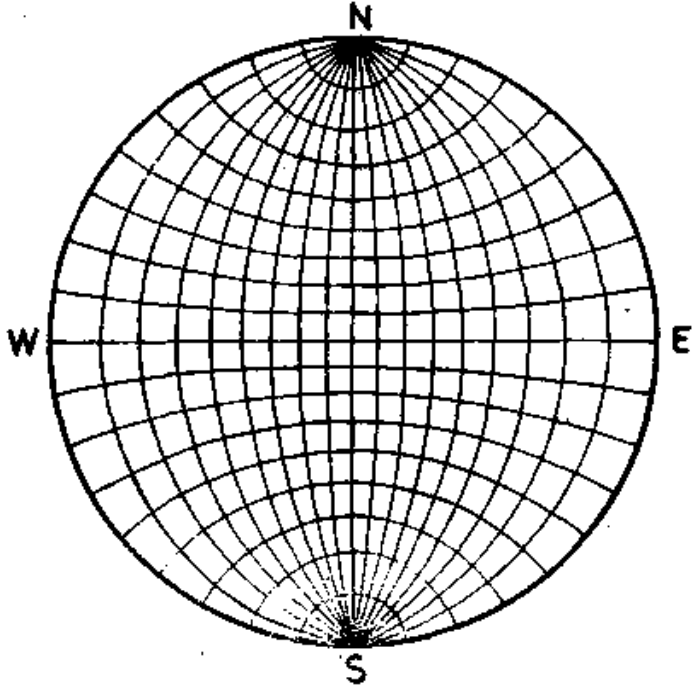
1. Açısal ilişki korunmuştur.

2. Yüzeyler noktalarla temsil edilmektedir.

3. Yüzeylerin tekrarlanmasından oluşan noktalar, kristalde gözlenen simetriyi de açısal ilişkileri de koruyarak belirtilmektedir.



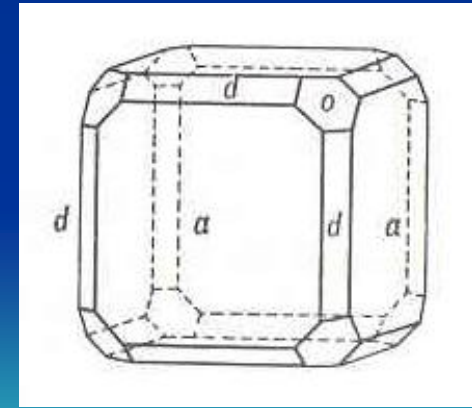
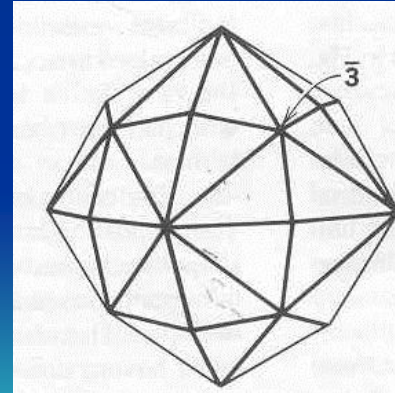
Stereo-net (Wulff net)



- Projeksiyon düzlemine dik yüzeyler
- Projeksiyon düzlemine paralel yüzeyler
- Arada yer alan yüzeyler

Stereografik projeksiyonda yüzeyler,
-ya açılar ölçülerek Wulff neti üzerinde
işaretlenir ve simetri elemanları bulunur

-ya da simetri elemanları kullanarak yüzeyler işaretlenir.



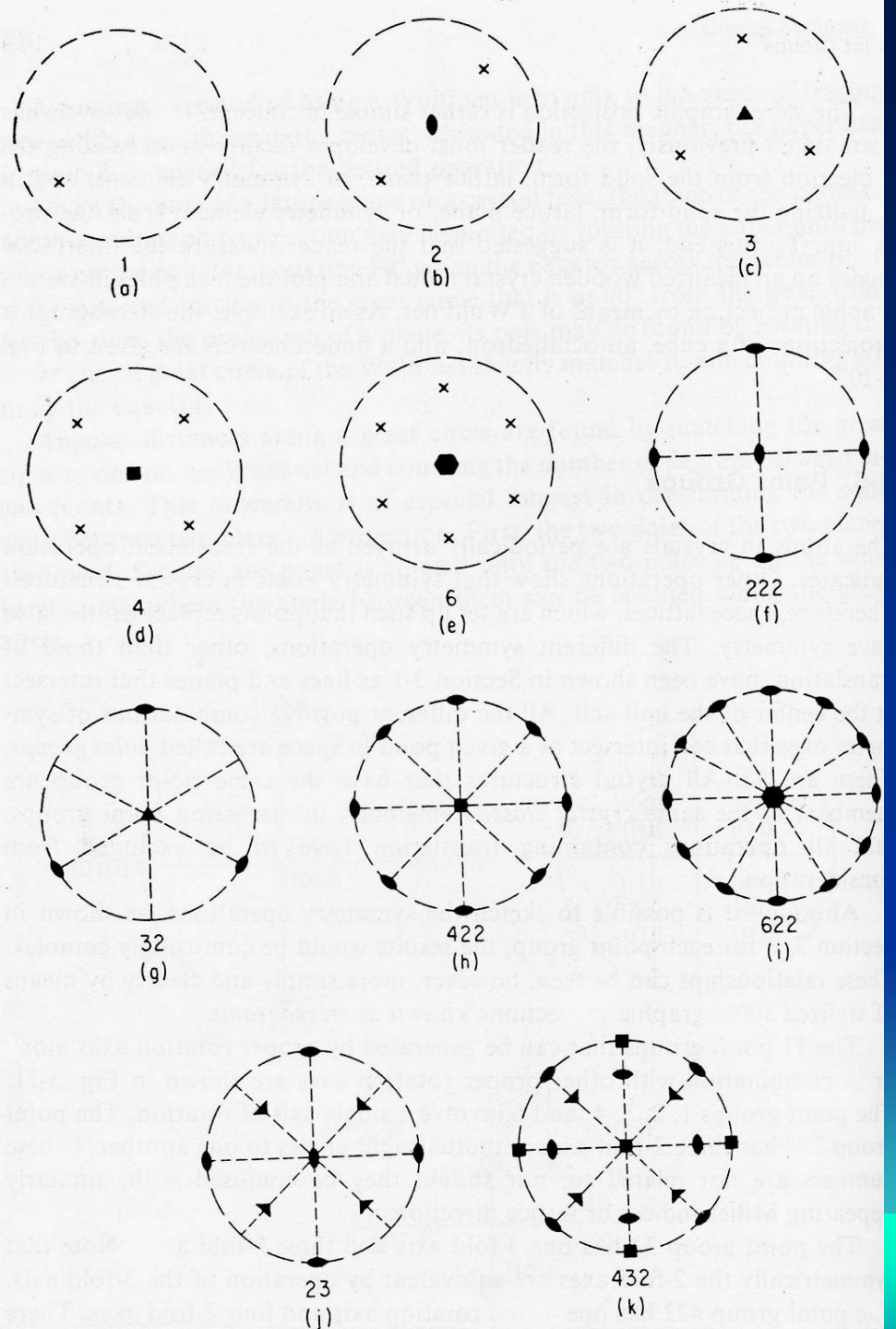
Stereografik projeksiyonlarda Simetri Elemanlarının Kombinasyonları

- 1) Döndürme eksenini ve döndürme eksenlerinin kombinasyonlarından türeyen nokta grupları (kristal sınıfları)
- 2) Döndürme ve evirme işlemlerinin kombinasyonundan türeyen nokta grupları
- 3) Döndürme eksenini ve yansıtma düzlemleri birbirlerine dik iken türeyen nokta grupları
- 4) Döndürme eksenini ve Simetri düzlemi birbirlerine paralel iken türeyen nokta grupları
- 5) Döndürme eksenleri ile yansıtma düzlemleri birbirlerine hem dik hem de paralel iken türeyen nokta grupları
- 6) Döndürmeli- evirme eksenleri ile döndürme eksenlerinin kombinasyonundan türeyen nokta grupları



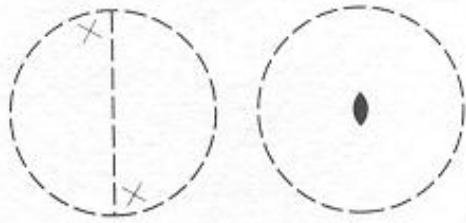
Stereografik projeksiyonlar

-1) Döndürme eksenini ve döndürme eksenlerinin kombinasyonlarından türeyen nokta grupları (kristal sınıfları)

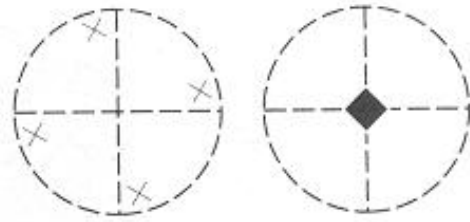




1



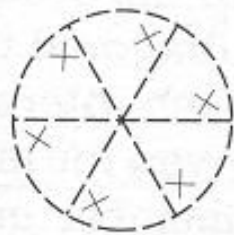
2



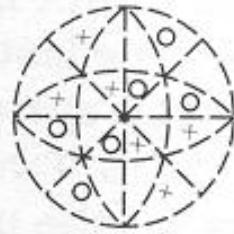
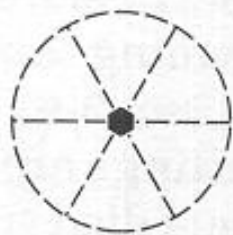
4



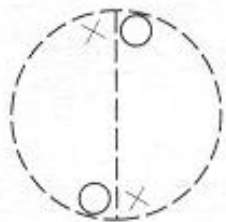
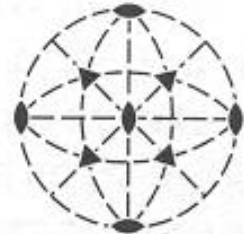
3



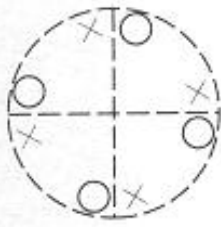
6



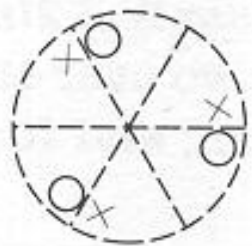
23



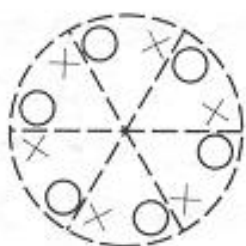
222



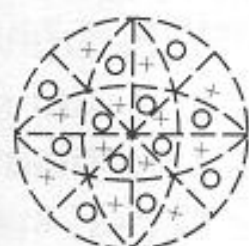
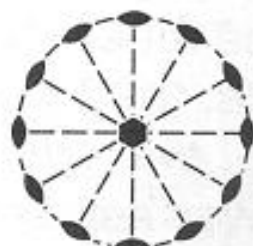
422



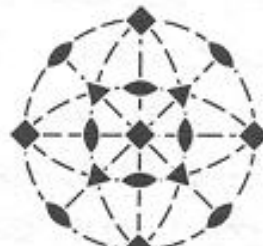
32

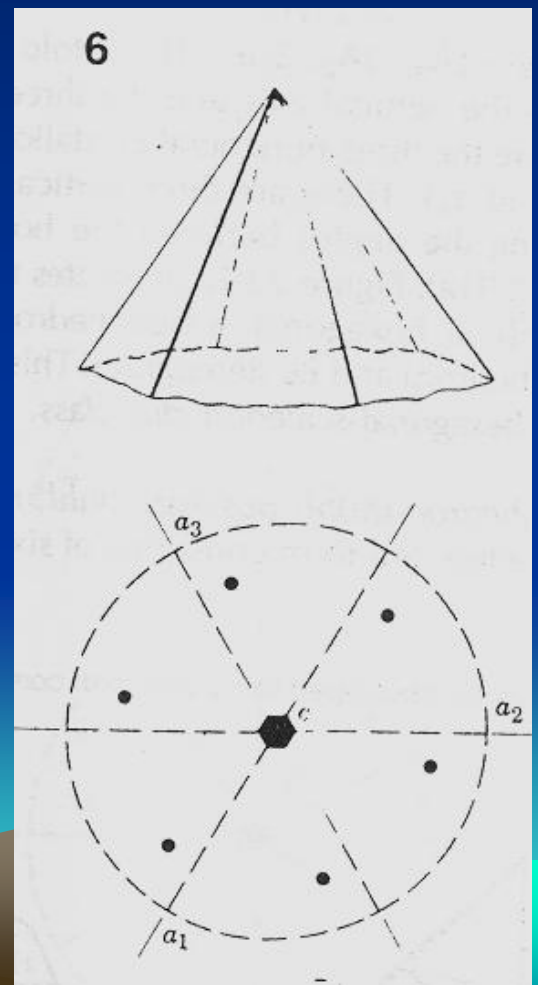
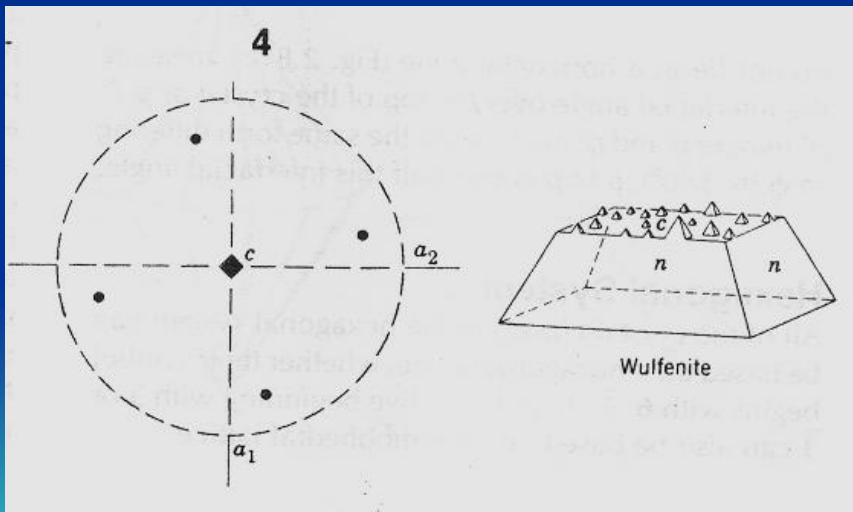
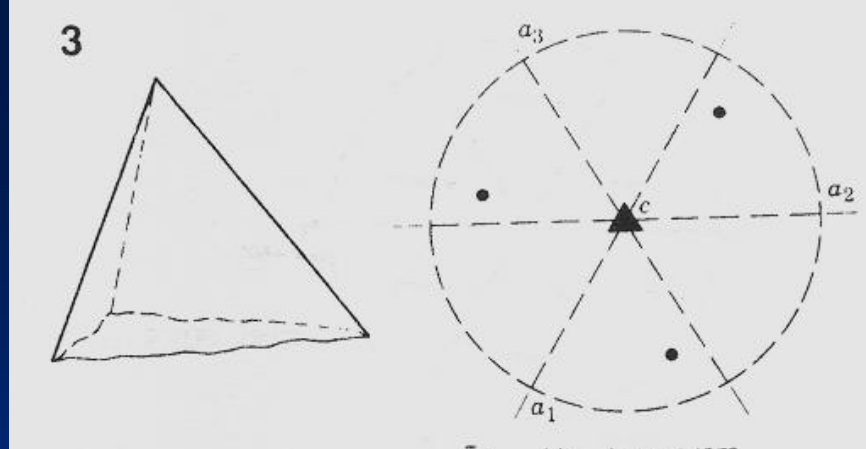
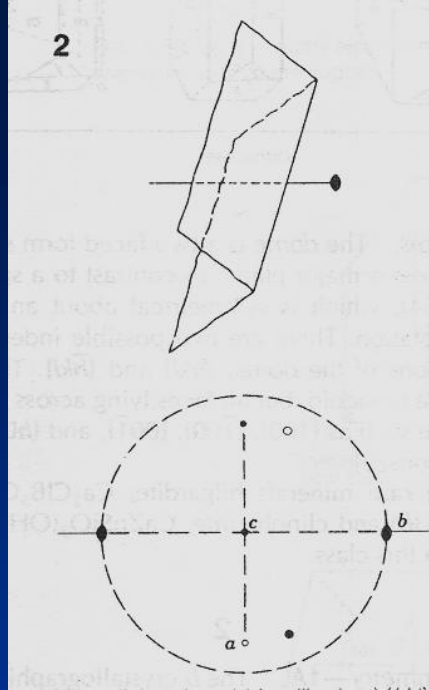
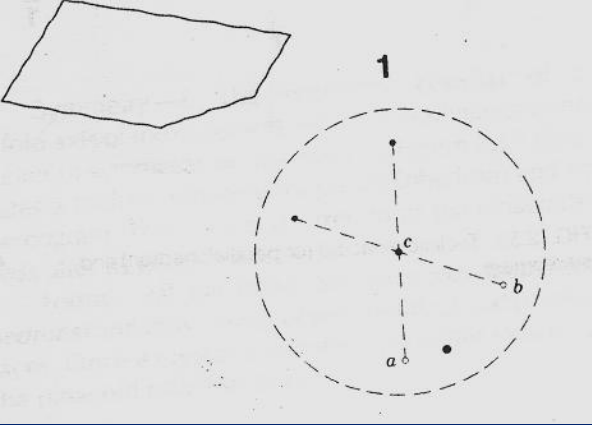


622

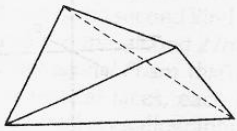


432

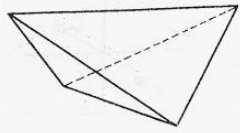




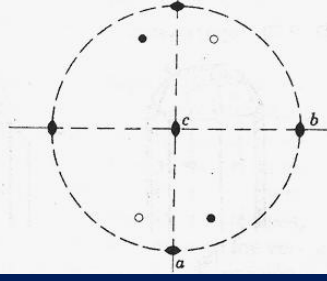
222



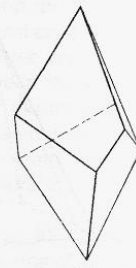
Left



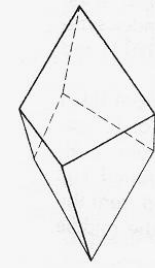
Right



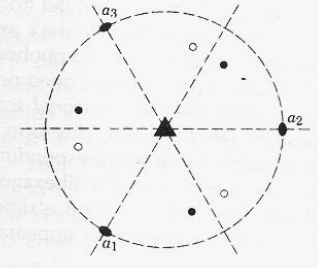
32



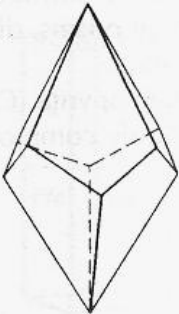
Left



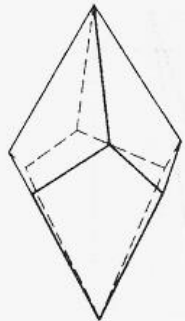
Right



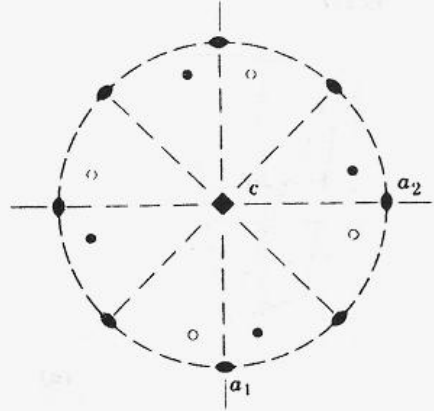
422



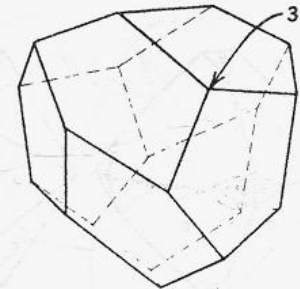
Left



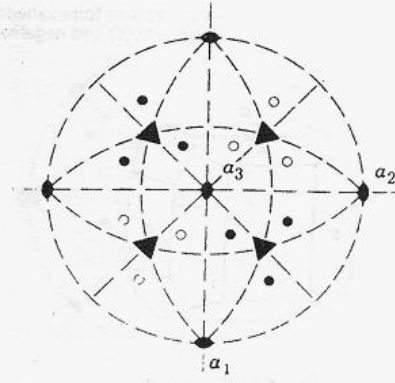
Right



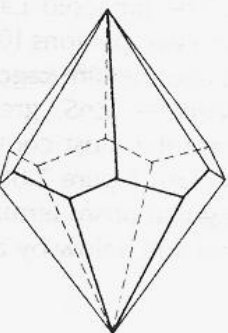
23



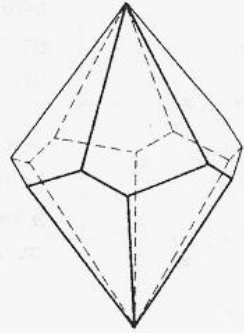
Right



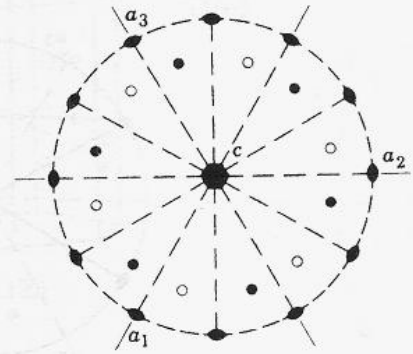
622



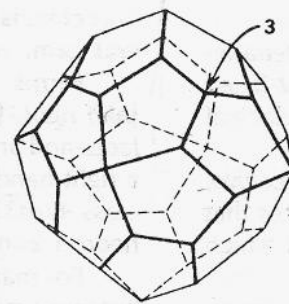
Left



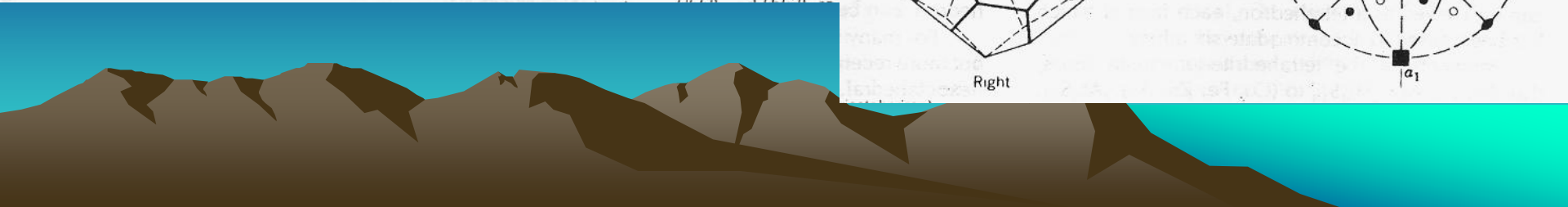
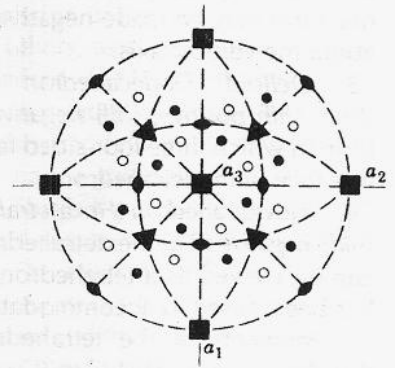
Right



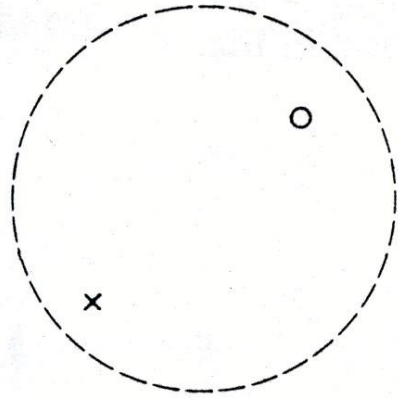
432



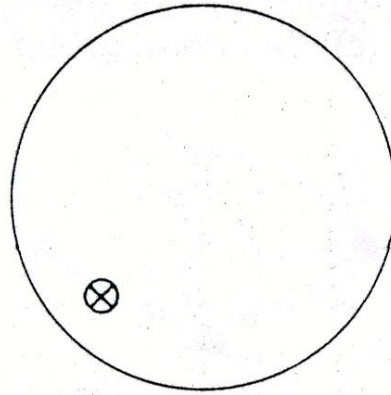
Right



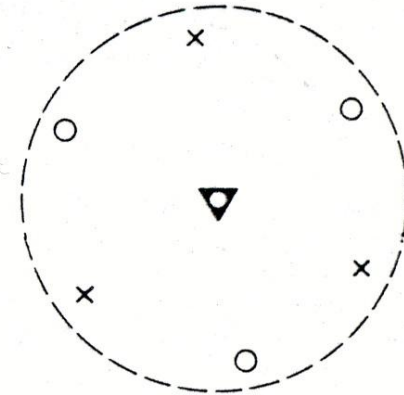
-2) Döndürme ve evirme işlemlerinin kombinasyonundan türeyen nokta grupları



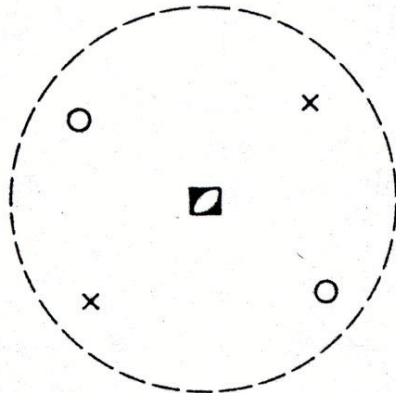
$\bar{1}$
(a)



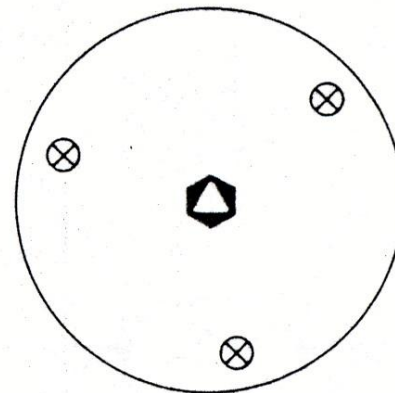
$\bar{2}=m$
(b)



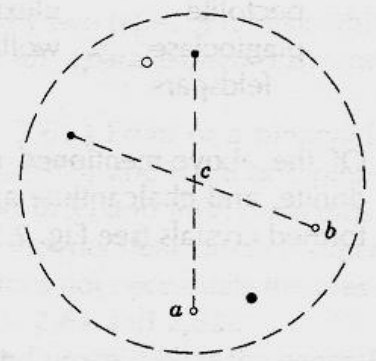
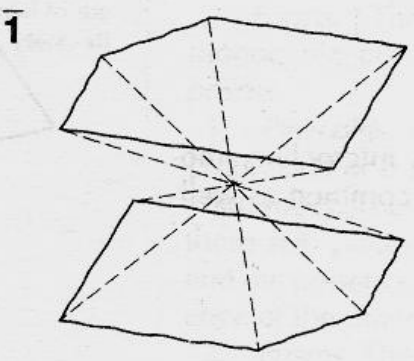
$\bar{3}$
(c)



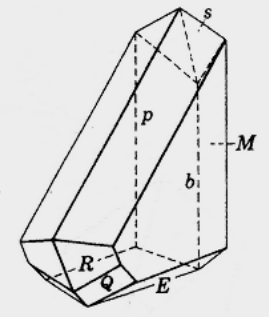
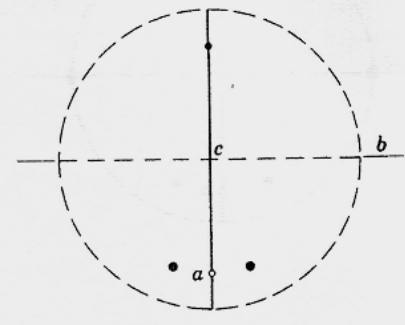
$\bar{4}$
(d)



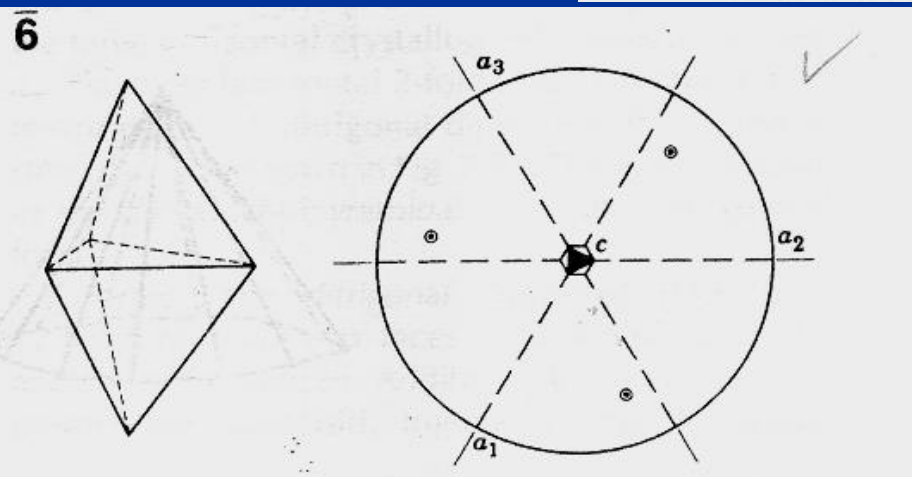
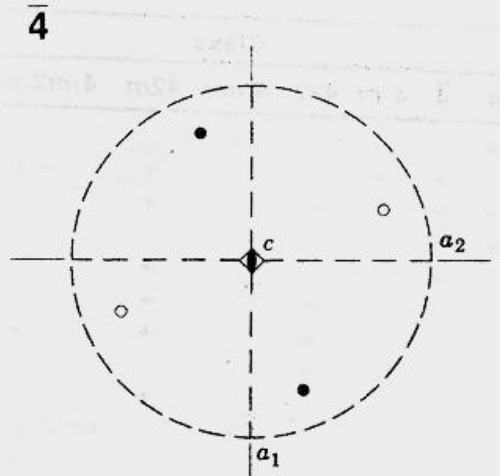
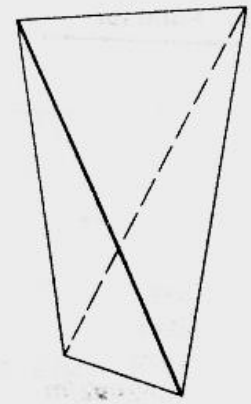
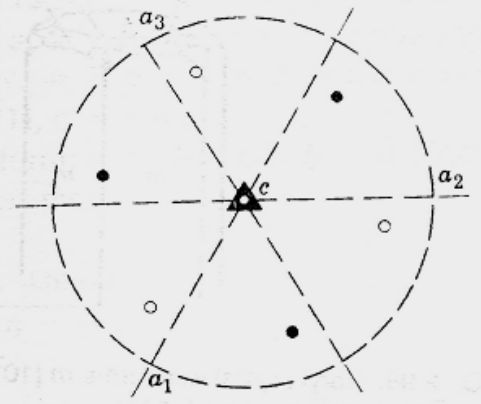
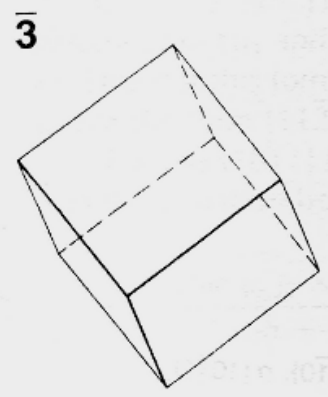
$\bar{6}=\frac{3}{m}$
(e)

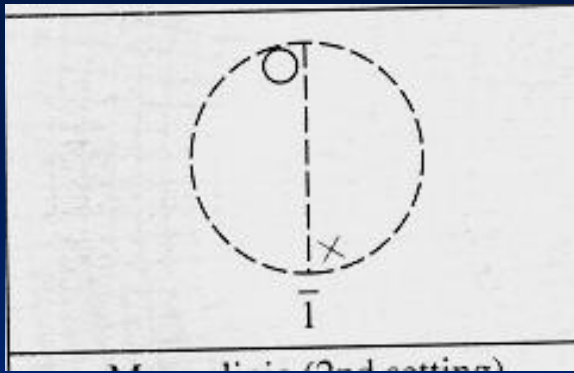


$m = -2$

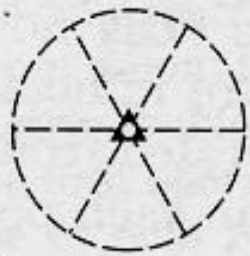


(b)

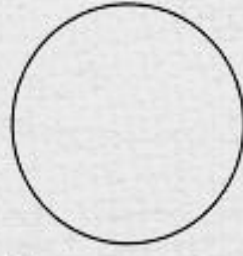
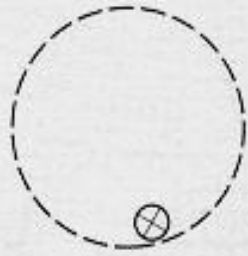




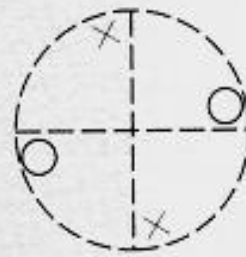
$\bar{1}$ (2 settings)



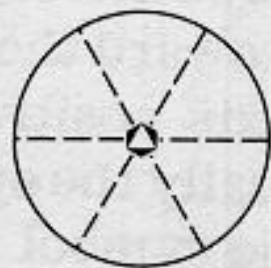
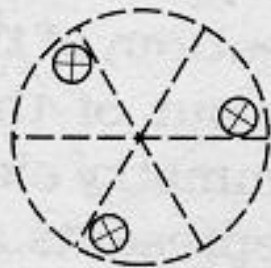
$\bar{3}$



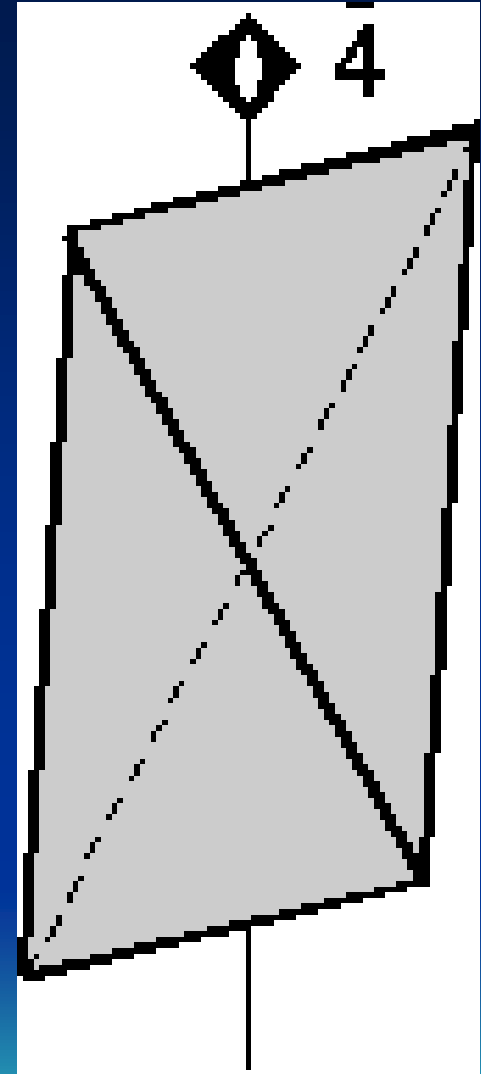
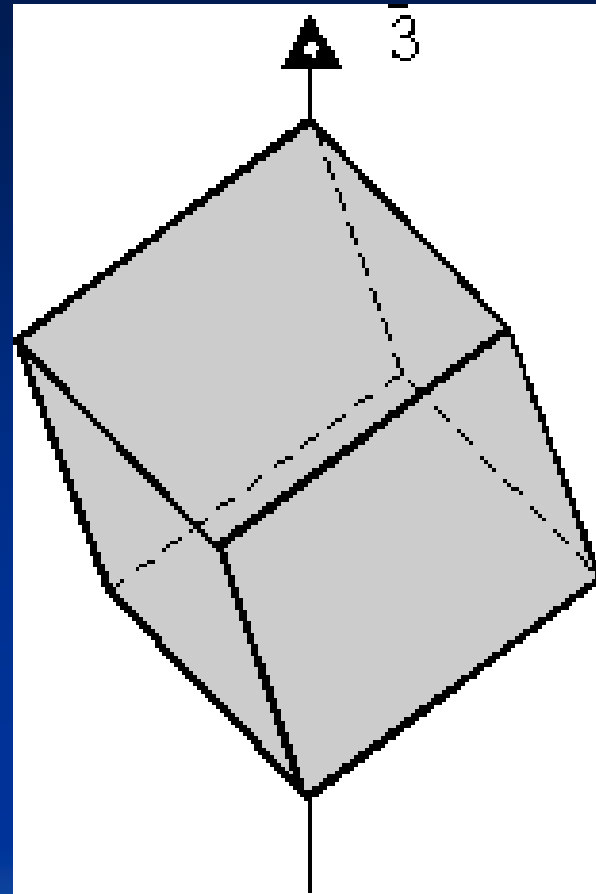
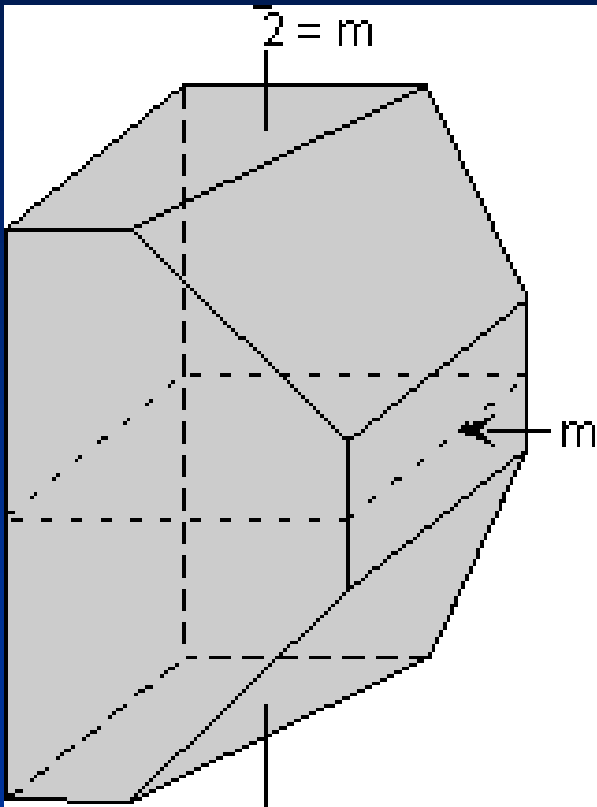
$m(\bar{2})$



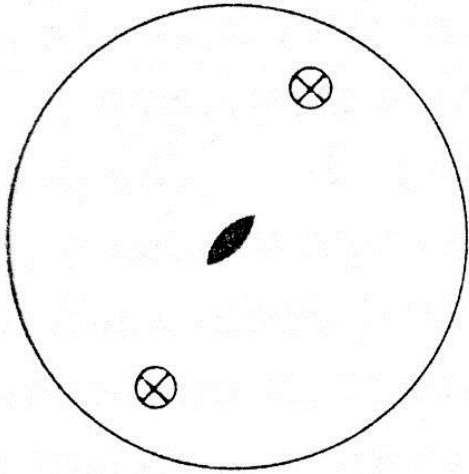
$\bar{4}$



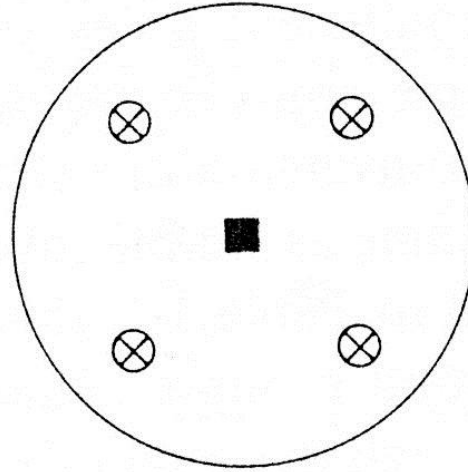
$\bar{6}$



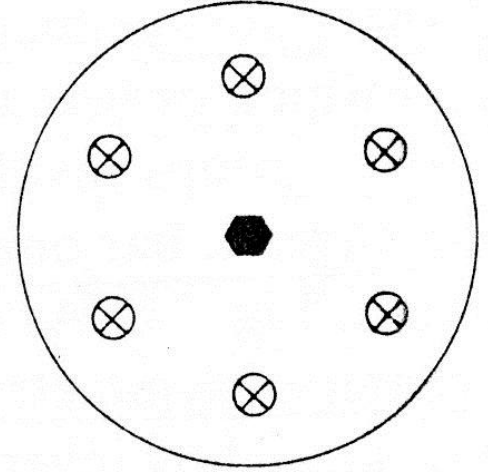
-3) Döndürme eksenini ve yansıtma düzlemleri birbirlerine dik iken türeyen nokta grupları:



$\frac{2}{m}$
(a)

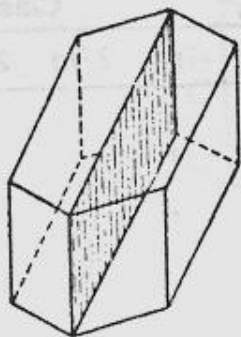
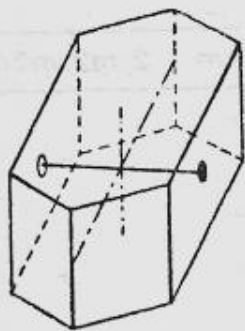


$\frac{4}{m}$
(b)

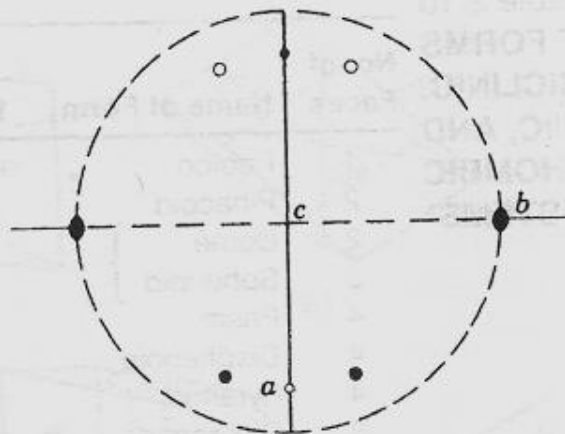


$\frac{6}{m}$
(c)

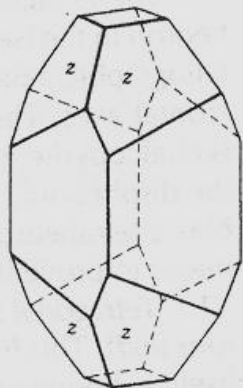
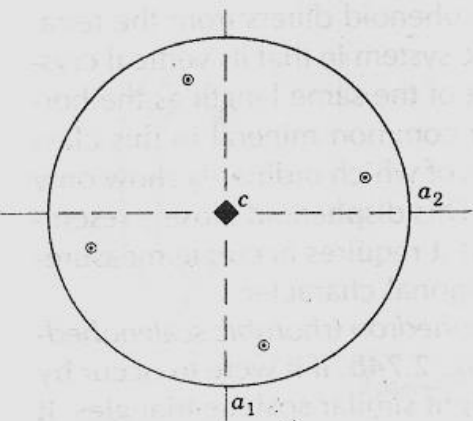
$2/m$



(a)

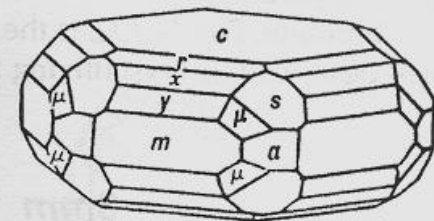
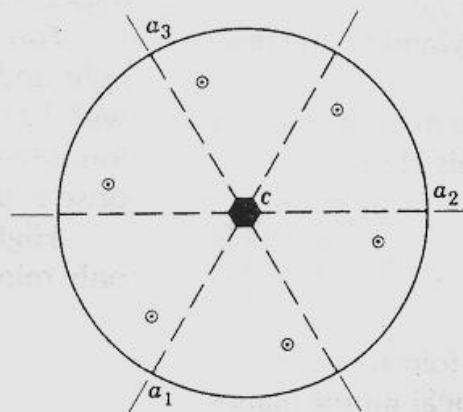


$4/m$

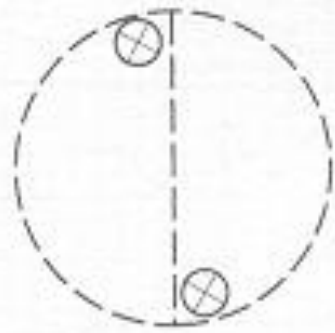


Fergusonite

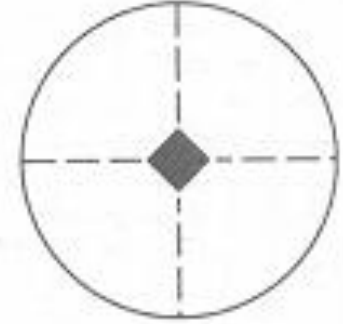
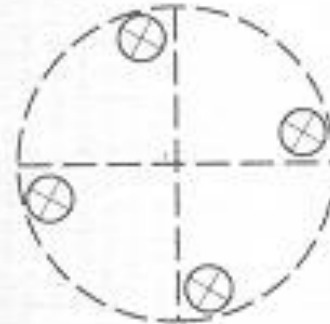
$6/m$



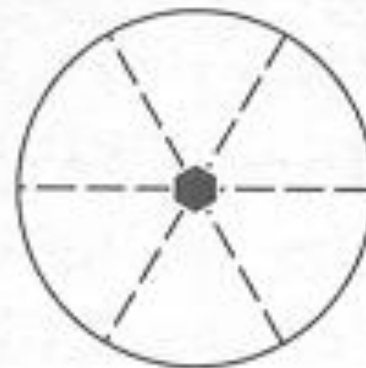
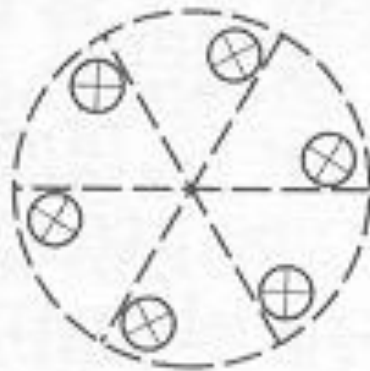
Apatite crystal



$2/m$

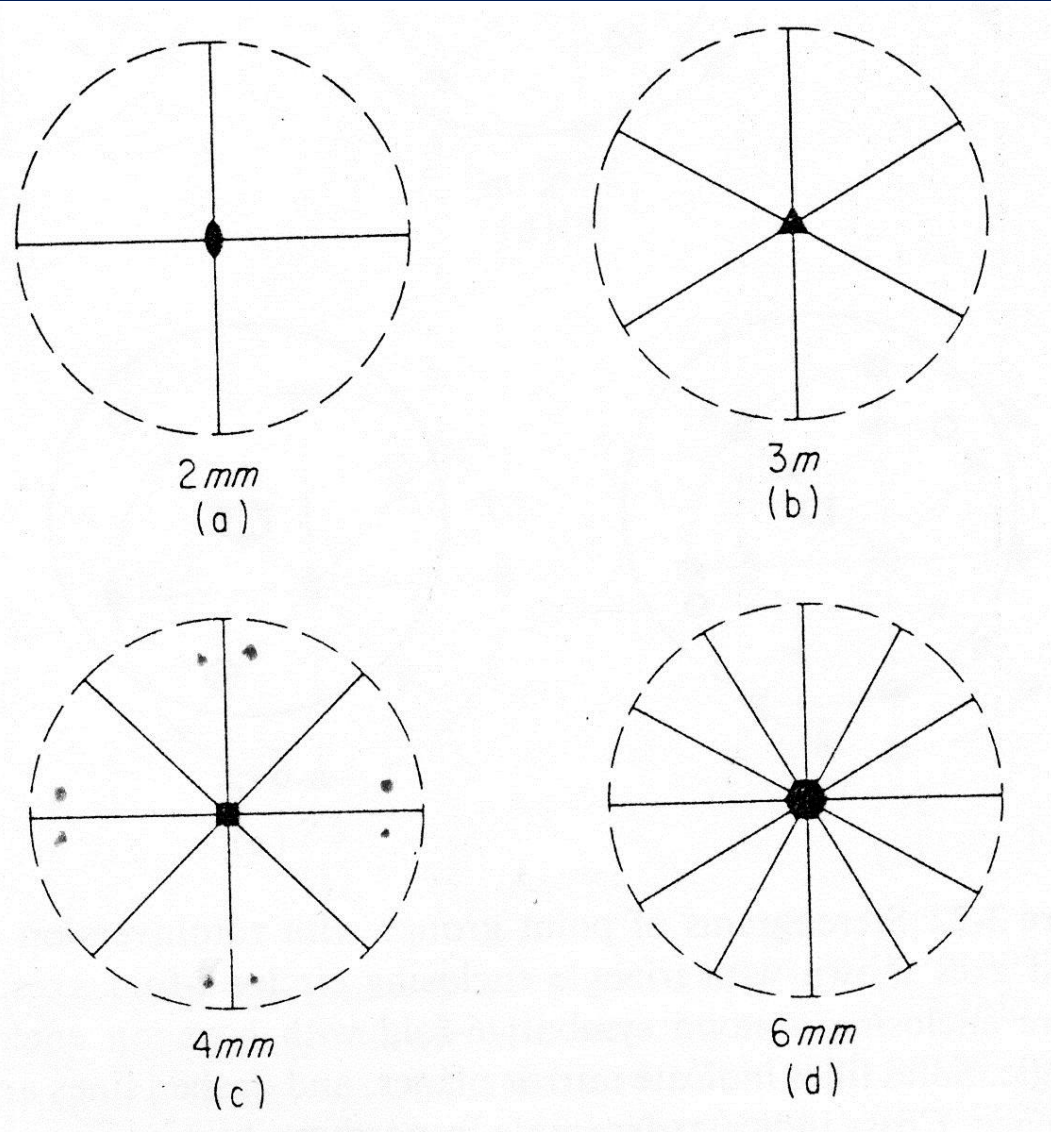


$4/m$

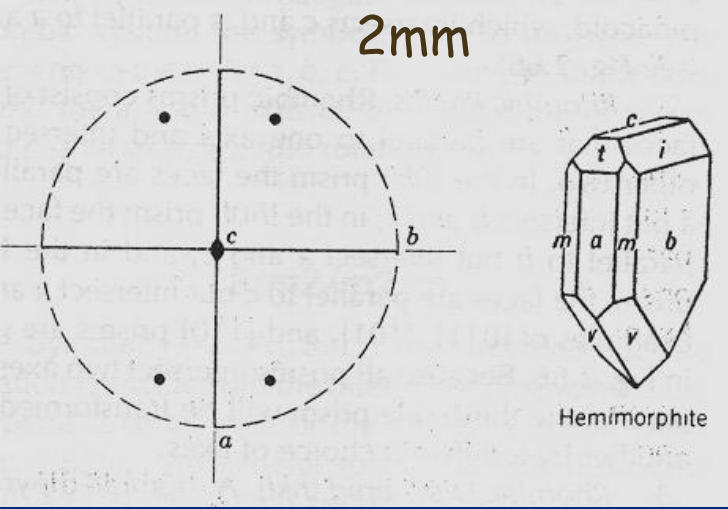


$6/m$

-4) Döndürme eksenini ve Simetri düzlemi birbirlerine paralel iken türeyen nokta grupları:

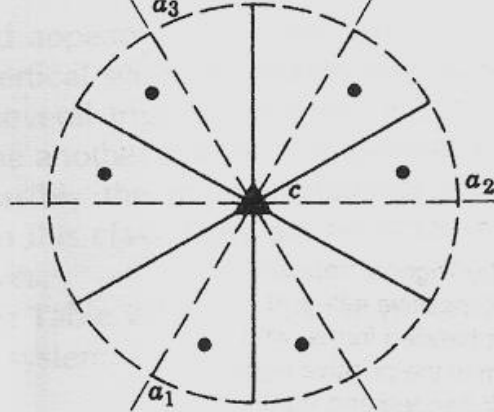


2mm

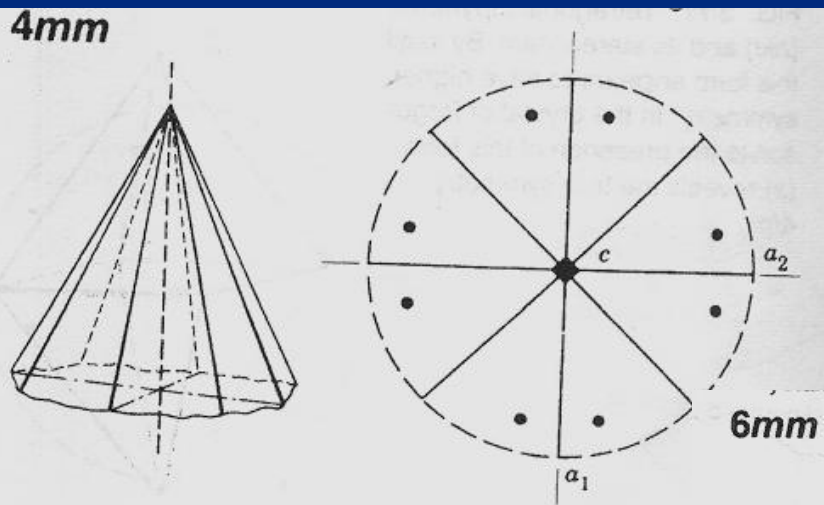


Hemimorphite

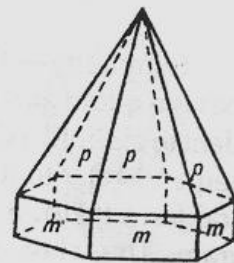
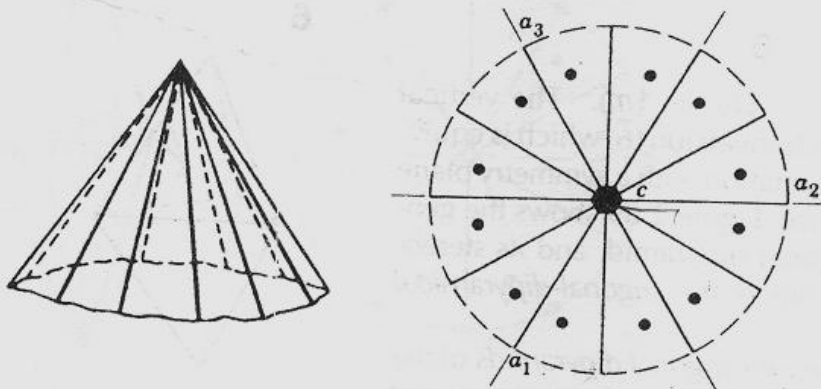
3m



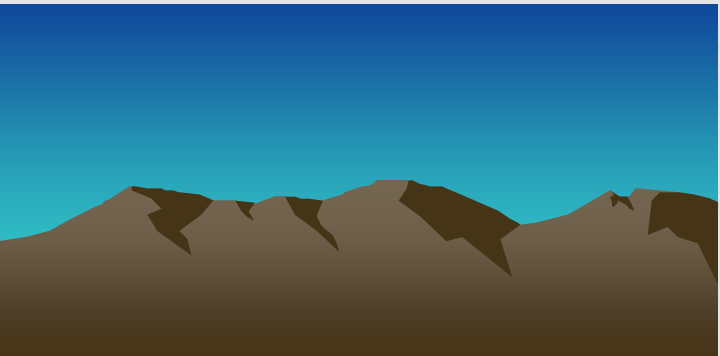
4mm



6mm

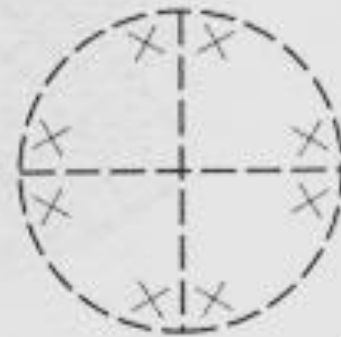
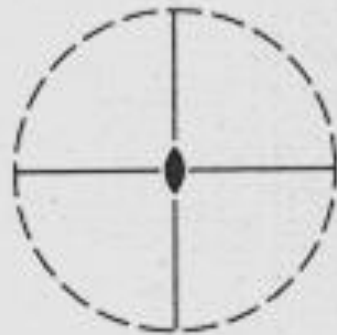


Zincite.

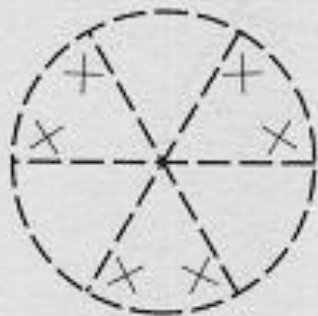




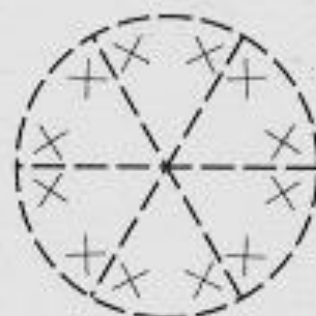
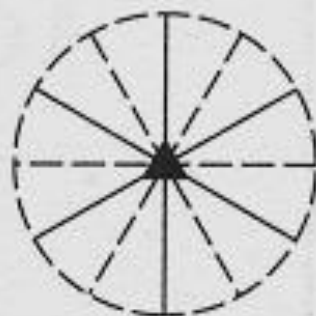
mm2



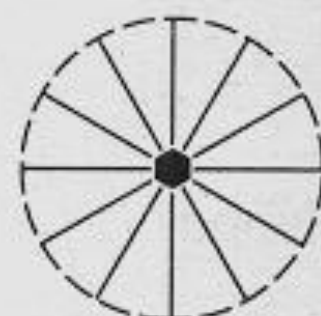
4mm



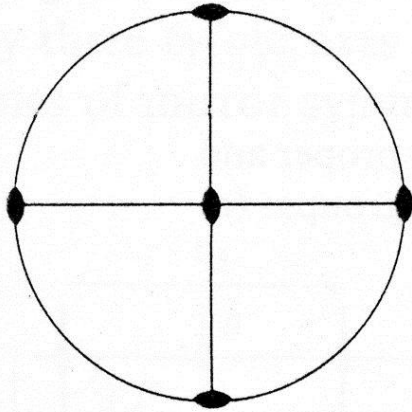
3m



6mm

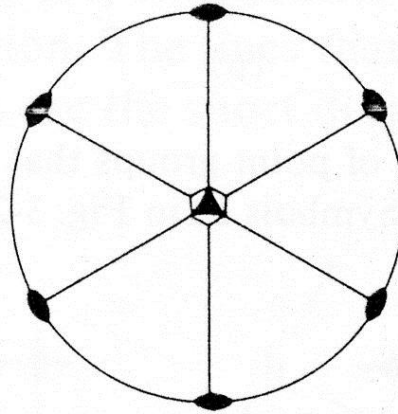


-5) Döndürme eksenleri ile yansıtma düzlemleri birbirlerine hem dik hem de paralel:



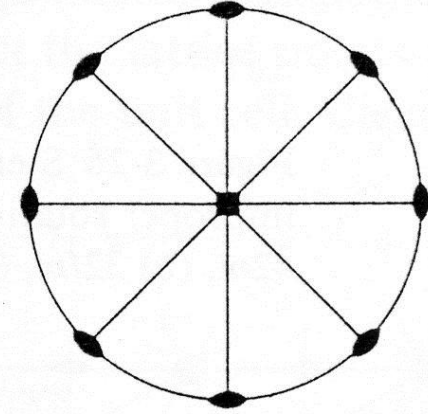
$$\frac{2}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m} = mmm$$

(a)



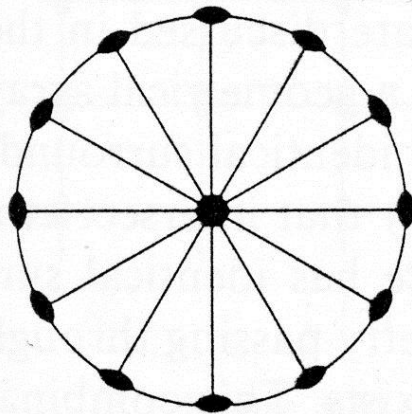
$$\frac{3}{m} m2 = \bar{6}m2$$

(b)



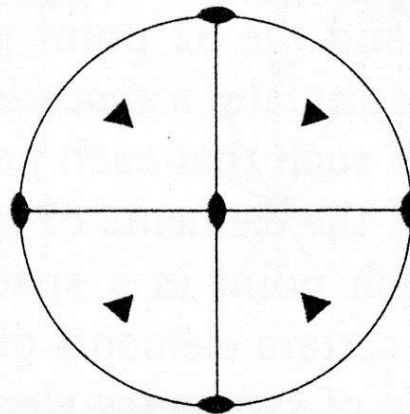
$$\frac{4}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m} = \frac{4}{m} mm$$

(c)



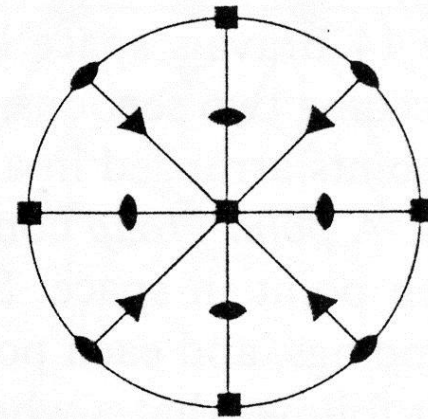
$$\frac{6}{m} \frac{2}{m} \frac{2}{m} = \frac{6}{m} mm$$

(d)



$$\frac{2}{m} \bar{3}$$

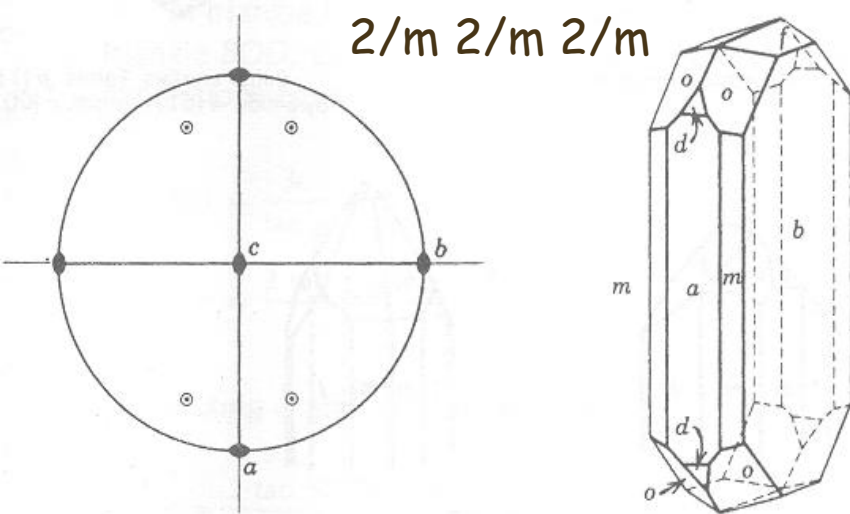
(e)



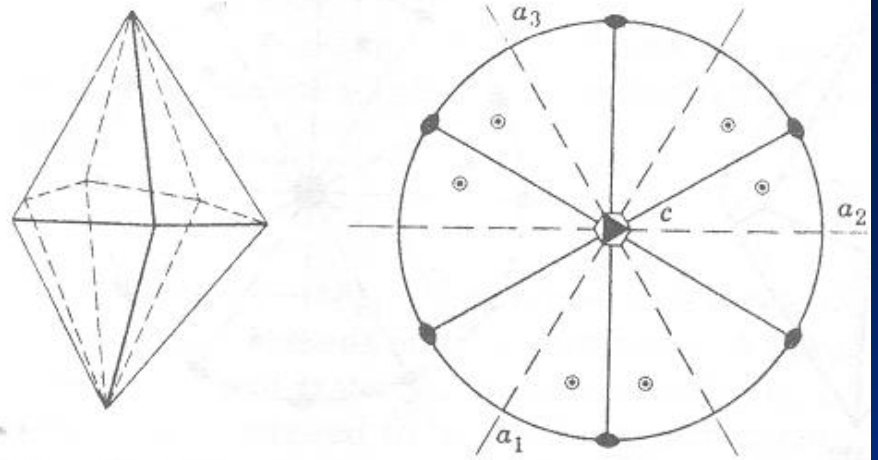
$$\frac{4}{m} \bar{3} \frac{2}{m} = m\bar{3}m$$

(f)

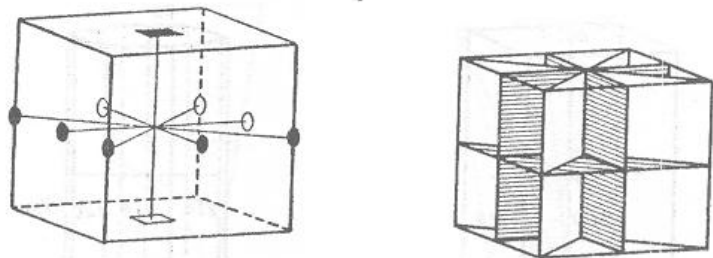
$2/m\ 2/m\ 2/m$



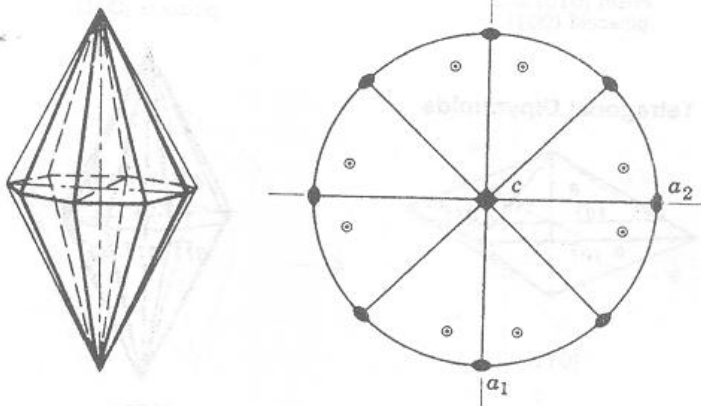
$\bar{6}m2 = 3/m\ 2m$



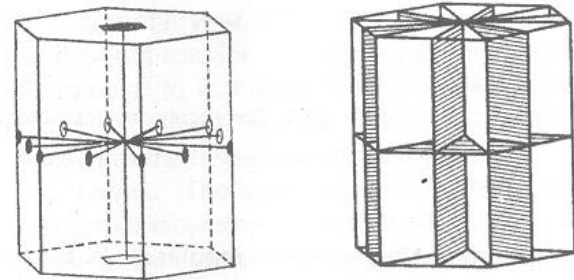
$4/m\ 2/m\ 2/m$



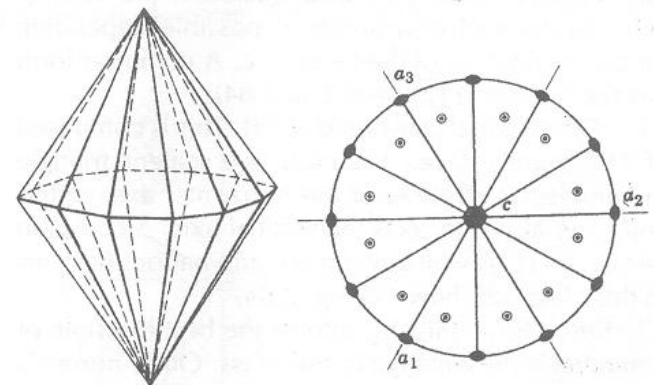
(a)



$6/m\ 2/m\ 2/m$

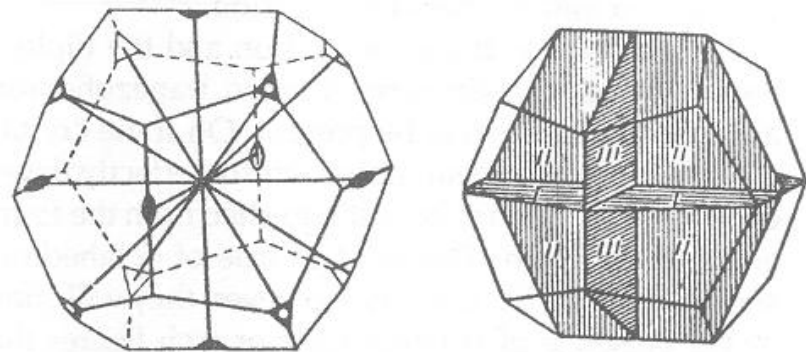


(a)

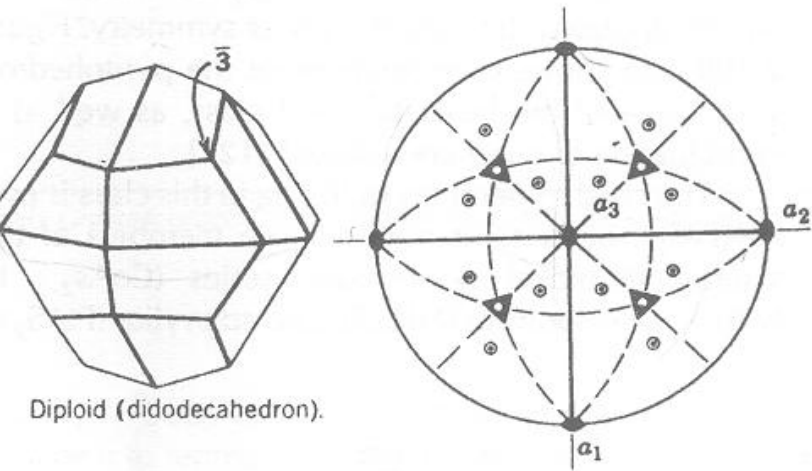


(b)

$2/m\bar{3}$

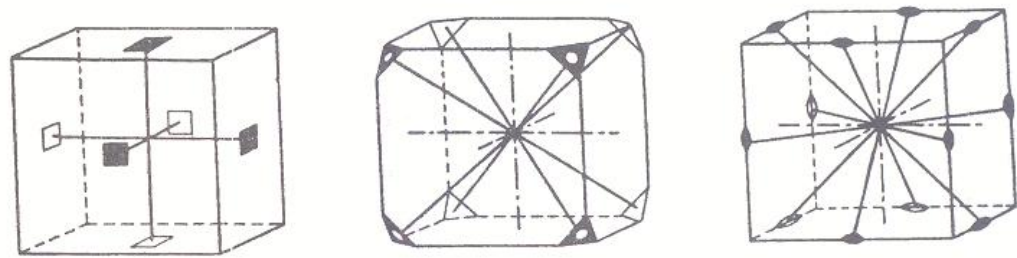


(a)

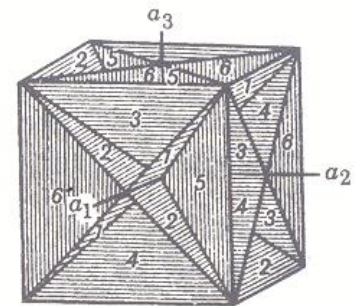
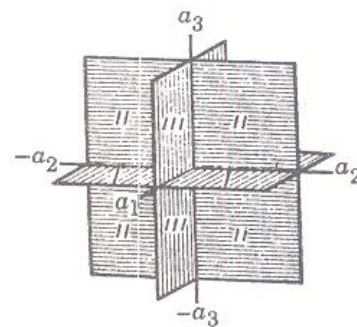


Diploid (didodecahedron).

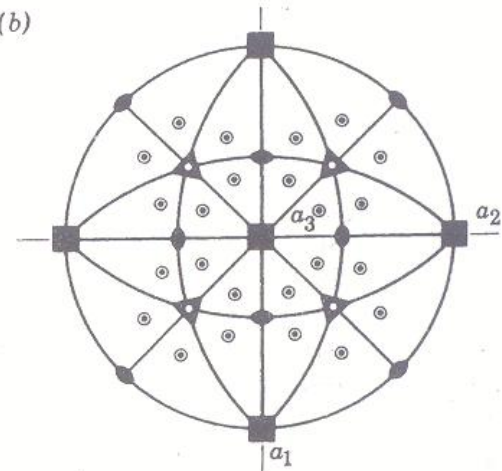
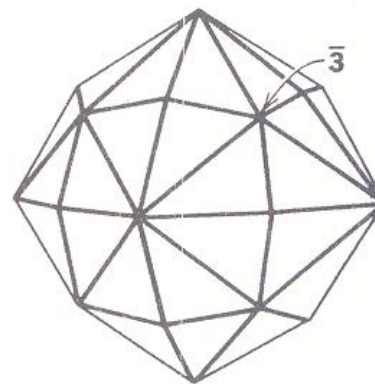
$4/m\bar{3}2/m$



(a)



(b)

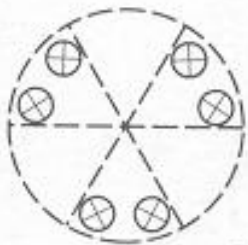




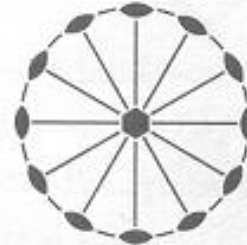
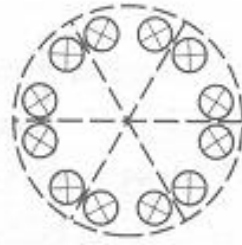
$2/m 2/m 2/m$



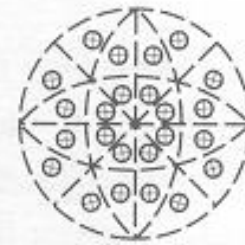
$4/m 2/m 2/m$



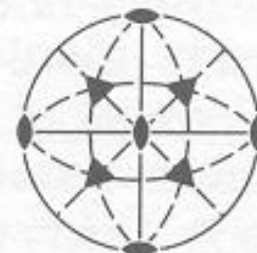
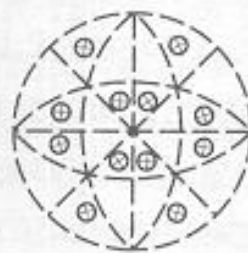
$\bar{6}m2$



$6/m 2/m 2/m$

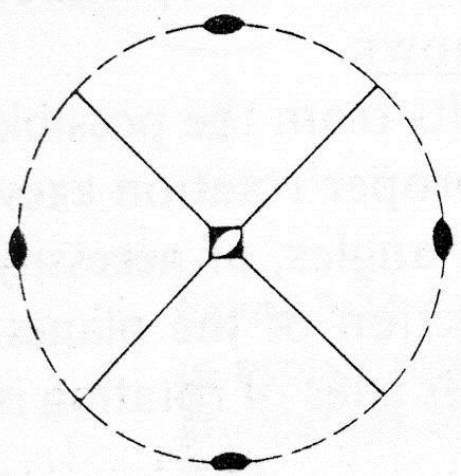


$4/m \bar{3} 2/m$



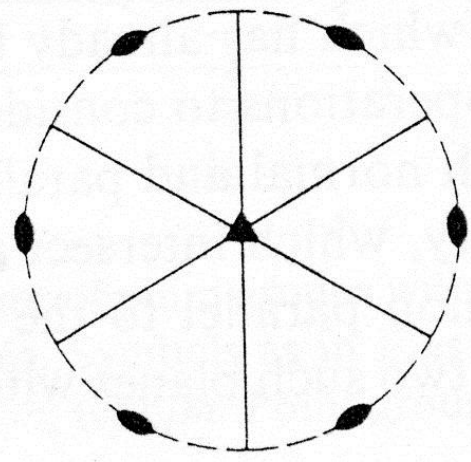
$2/m 3$

6) Döndürmeli- evirme eksenleri ile döndürme eksenlerinin kombinasyonundan türeyen nokta grupları:



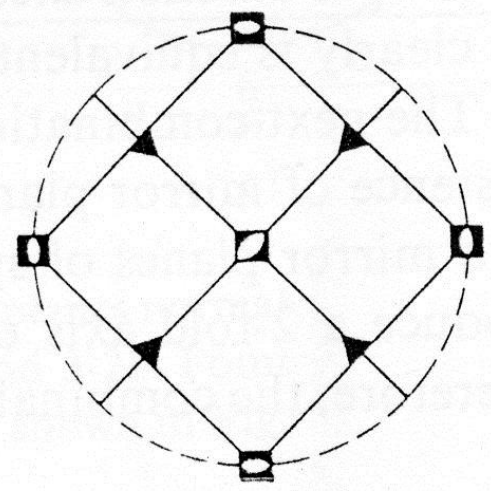
$\bar{4}2m$

(a)



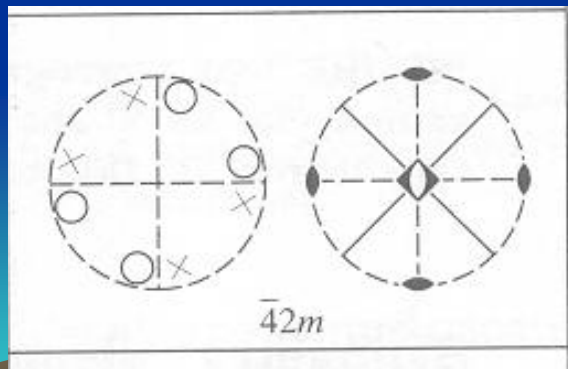
$\bar{3}2/m$

(b)

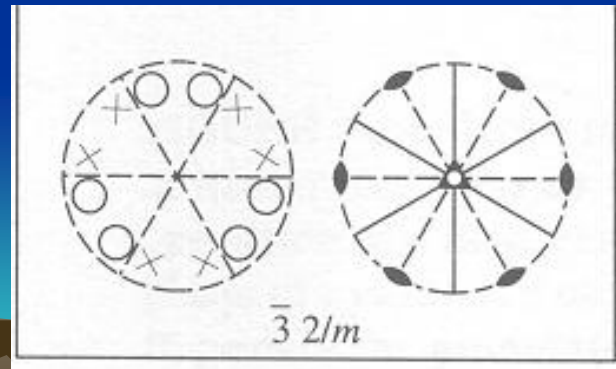


$\bar{4}3m$

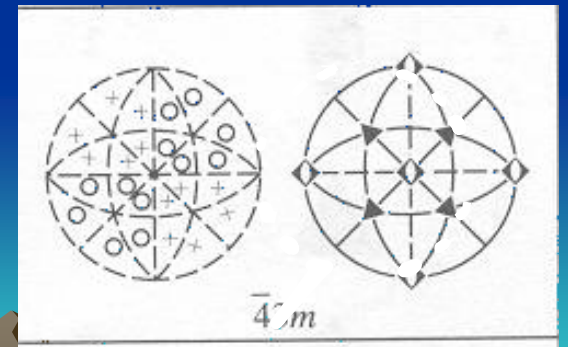
(c)



$\bar{4}2m$

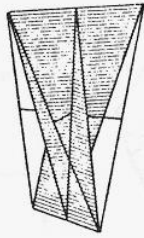
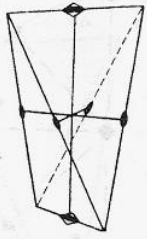


$\bar{3}2/m$

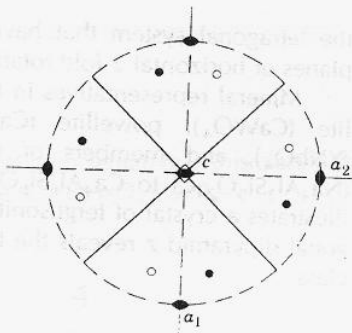
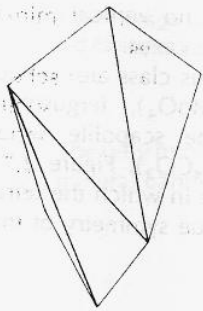


$\bar{4}3m$

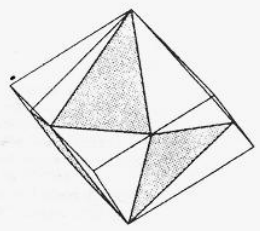
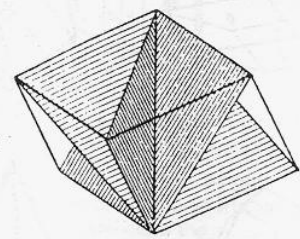
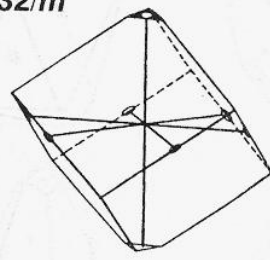
$\bar{4}2m$



(a)

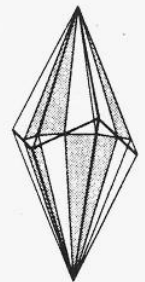
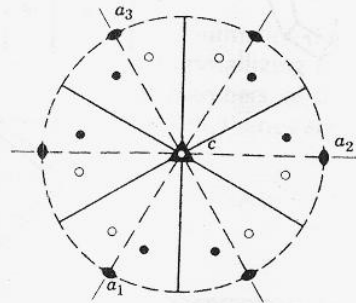
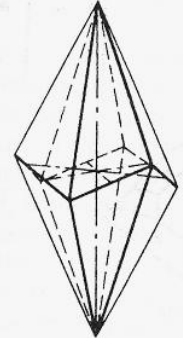


$32/m$

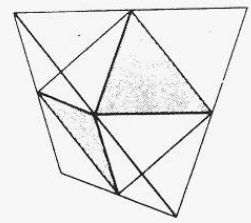
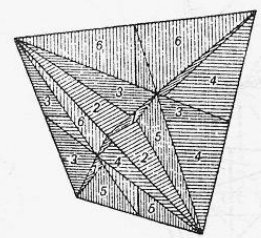
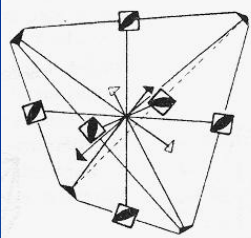


(a)

(b)

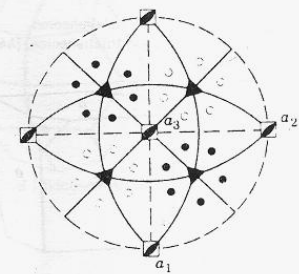
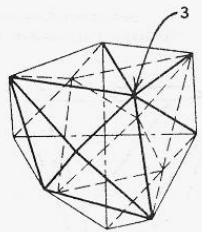


$\bar{4}3m$



(a)

(b)



SONUÇLAR

1. Mineral inorganik doğal işleyler sonucu oluşan, kristalin yapıda olan (düzenli bir iç yapı sunan), tanımlı ancak sabit olmayan kimyasal bileşim (kimyasal formülle belirtilen) ve fiziksel özellikler gösteren katılardır.
2. Kristalin olma mineralin en temel özelliğidir. Kristallerde iç ve dış yapılar simetri işlemleri ile birbirleriyle bağlantılıdır.
3. Kristallerde 4 simetri işlemi vardır. Bunlardan ilk döndürme, yansıtma ve evirme ve bunların kombinasyonları kristalin dış yapısında simetri eksenini, düzlemi, merkezi ve döndürmeli evirme olarak yansır. 4. simetri işlemi öteleme ise kristalin iç yapısında, diğer işlemlerle kombinasyon yaparak minerallerin uzay gruplarını yansıtır.
4. Stereografik projeksiyon açısal ilişkileri koruma ilkesinde, simetri elemanlarını ve kristal yüzeylerini ikili boyutta gösterir.
5. Simetri işlemleri ve bunların kombinasyonlarından 32 nokta grubu veya kristal sınıfı türetilir.