

Bölüm 12: Seramiklerin Yapıları ve Özellikleri

Seramiklerde Atomsal Bağlar

- Bağlar:
 - İyonik ve/yada kovalent karaktere sahip olabilirler.
 - iyonik karakter %'si atomlar arası elektronegativite arttıkça artar.
- İyonik karakterin derecesi büyük yada küçük olabilir:

IA												0							
		IIA										III A	IV A	V A	VIA	VII A	0		
H	2.1											B	C	N	O	F	He		
Li	1.0	Be	1.5											2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	-
Na	0.9	Mg	1.2	III B	IV B	V B	VIB	VII B	VIII			IB	IIB	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	0.8	Ca	1.0	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	0.8	Sr	1.0	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	0.7	Ba	0.9	La-Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	0.7	Ra	0.9	Ac-No	1.1-1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2	2.2	2.2	2.4	1.8	1.8	1.9	2.0	2.2	-

CaF₂: large (arrow from Ca to F)

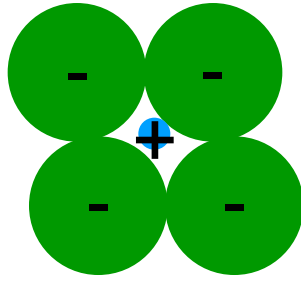
SiC: small (arrows from Si to C)

Adapted from Fig. 2.7, Callister & Rethwisch 8e. (Fig. 2.7 is adapted from Linus Pauling, *The Nature of the Chemical Bond*, 3rd edition, Copyright 1939 and 1940, 3rd edition. Copyright 1960 by Cornell University.)

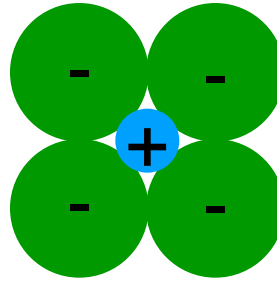


Kristal Yapıyı Belirleyen Faktörler

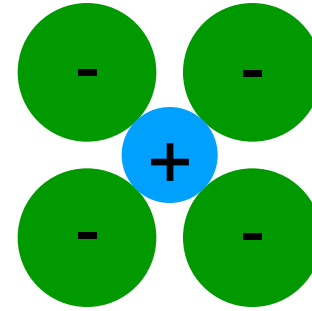
1. İyonların boyutu – Kararlı yapı oluşumu:



kararsız



kararlı



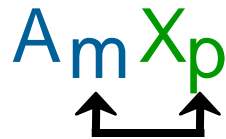
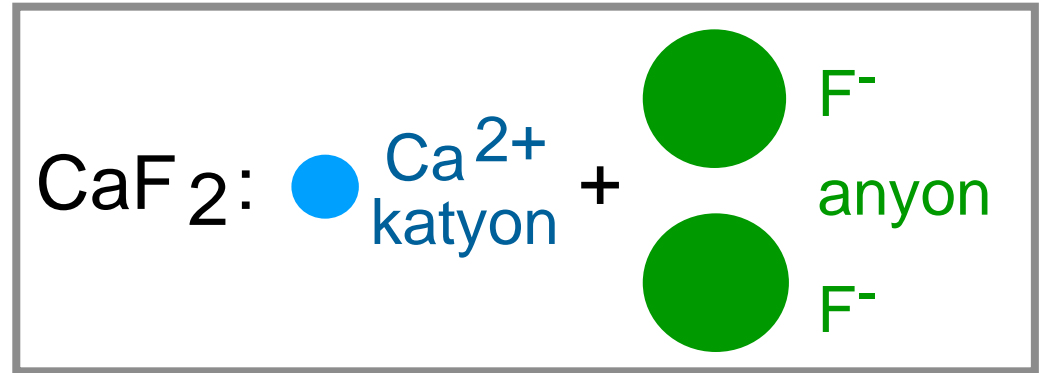
kararlı

Adapted from Fig. 12.1,
Callister & Rethwisch 8e.

2. Elektiksel yüklerin nütürlüğü:

--seramiklerin net yükü sıfır olmalıdır.

--kimyasal formülde gösterimi:



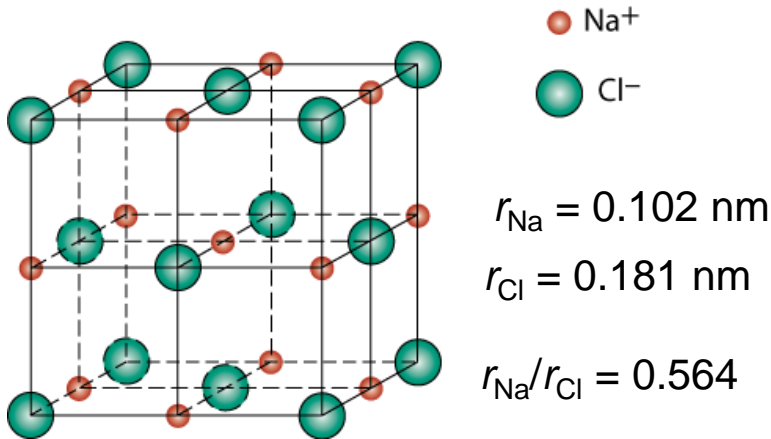
m, p değerleri yüklerin nütürlüğünü sağlar

Seramiklerde Kristal Yapı Türleri

AX – tipi Kristal Yapısı:

Kaya Tuzu Yapısı

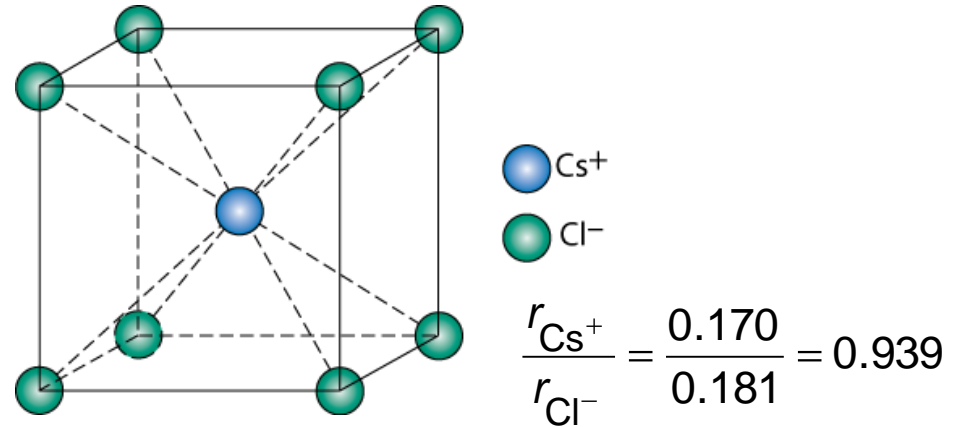
Örnek: NaCl (kaya tuzu) yapısı



∴ kationlar (Na⁺)
oktahedral kısımları
tercih eder.

Adapted from Fig. 12.2,
Callister & Rethwisch 8e.

Sezyum Klorür yapısı:



∴ kationlar (Cs⁺) $0.732 < 0.939 < 1.0$
olduğundan hacimde bulunmayı tercih
eder

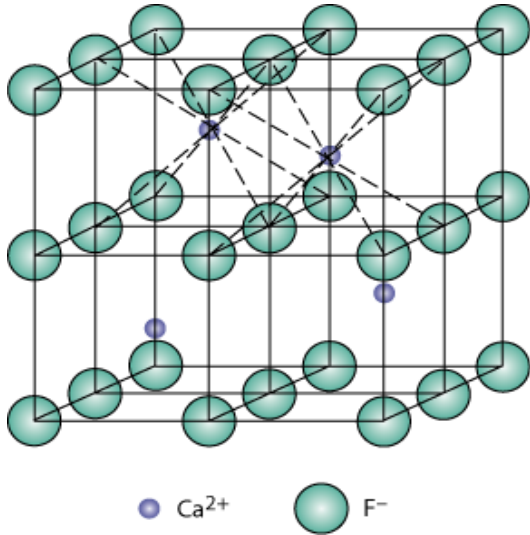
Adapted from Fig. 12.3,
Callister & Rethwisch 8e.



Seramiklerde Kristal Yapı Türleri

$A_m X_p$ –tipi Kristal Y.

Florit yapısı



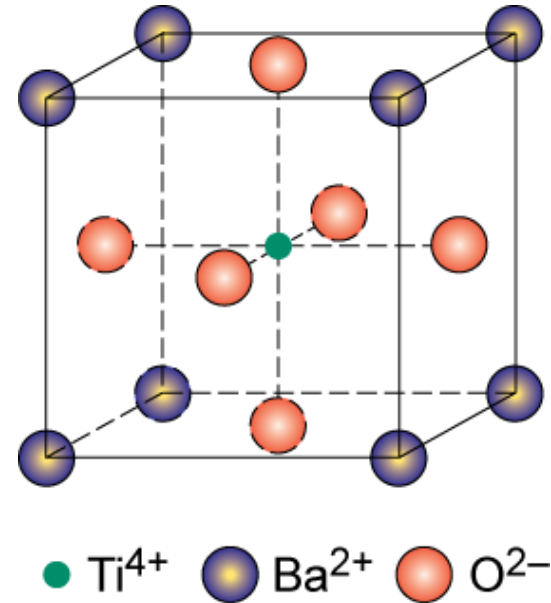
- Kalsiyum Florit (CaF_2)
- Katyonlar Kübün içindedir.
- UO_2 , ThO_2 , ZrO_2 , CeO_2

Adapted from Fig. 12.5,
Callister & Rethwisch 8e.

$A_m B_n X_p$ - tipi Kristal Y.

• Perovskit yapısı

Ör: kompleks oksit $BaTiO_3$

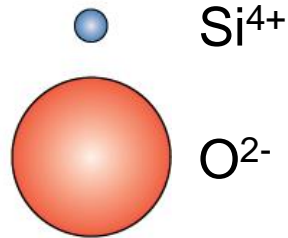
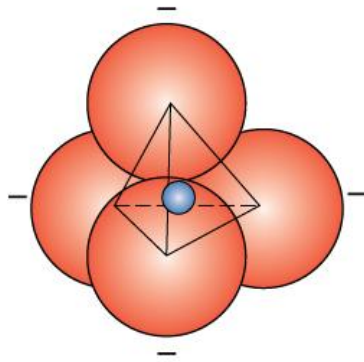


Adapted from Fig. 12.6,
Callister & Rethwisch 8e.

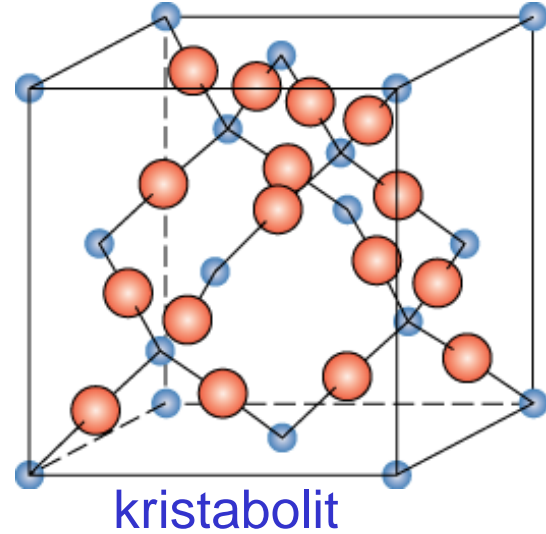


Silikat Seramikler

Yer kabuğunda en çok bulunan elementlerden oluşur: Si & O



Adapted from Figs.
12.9-10, Callister &
Rethwisch 8e

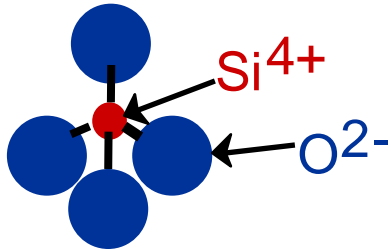


- SiO₂ (silika) **polimorfik** formları; kuvars, kristabolit, & tridimit.
- Kuvvetli Si-O bağları yüksek erime noktası sağlar (1710°C)

Silika Camları

- Basit birim:

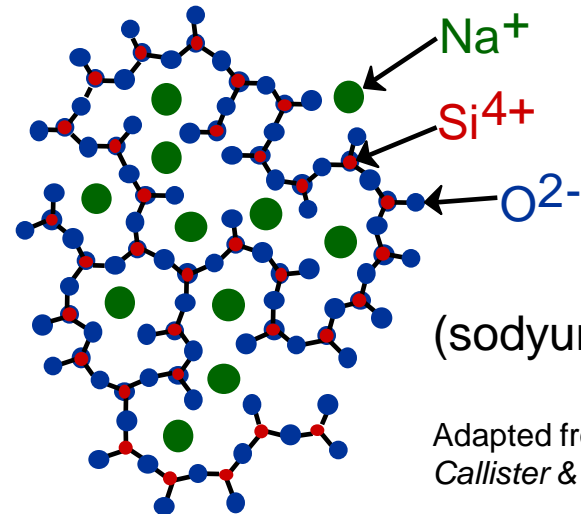
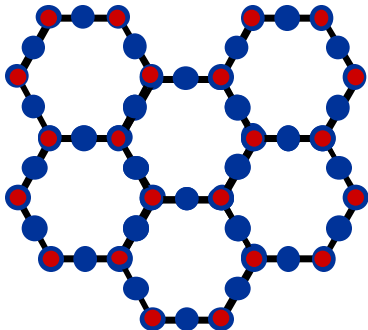
$4-$
 SiO_4 tetrahedra



Cam kristal değildir (**amorf**)

- Saf silika camı SiO_2 'dir ve impürite eklenmemiştir.
- Diğer cam türlerinde Na^+ , Ca^{2+} , Al^{3+} , ve B^{3+} gibi impürite iyonlar vardır.

- Kuvars **kristal yapıda**
 SiO_2 'dir :



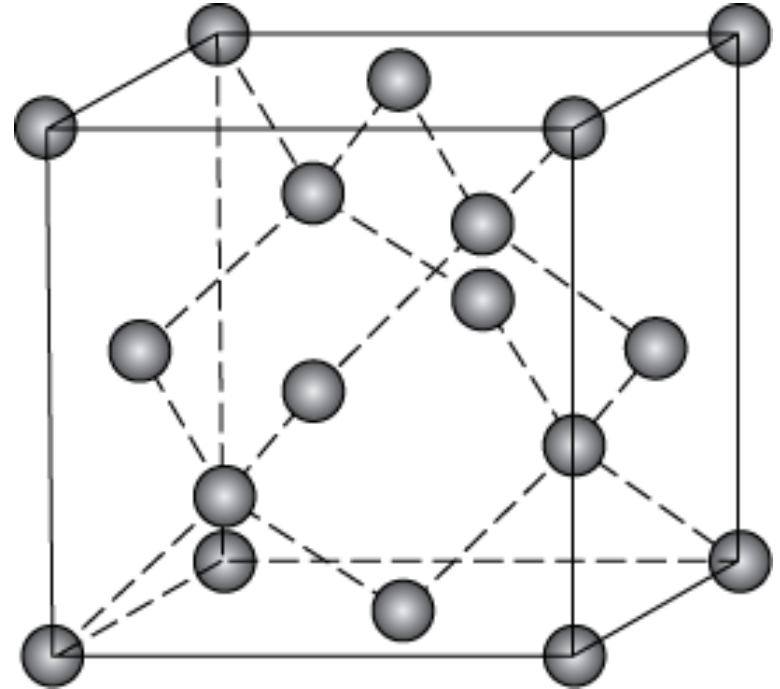
(sodyum-silika camı)

Adapted from Fig. 12.11,
Callister & Rethwisch 8e.

Karbonun Polimorfik Formları

Elmas

- Tetrahedra bağı karbon
 - Bilinen en sert malzeme
 - Çok yüksek termal iletkenlik
- Dev tek kristal – mücevher taşı
- Küçük kristal – diğer malzemeleri kesme/parçalama işinde
- İnce film
 - Yüzey sertliği arttırmak için – kesici aletler, tıp cihazları, vb.



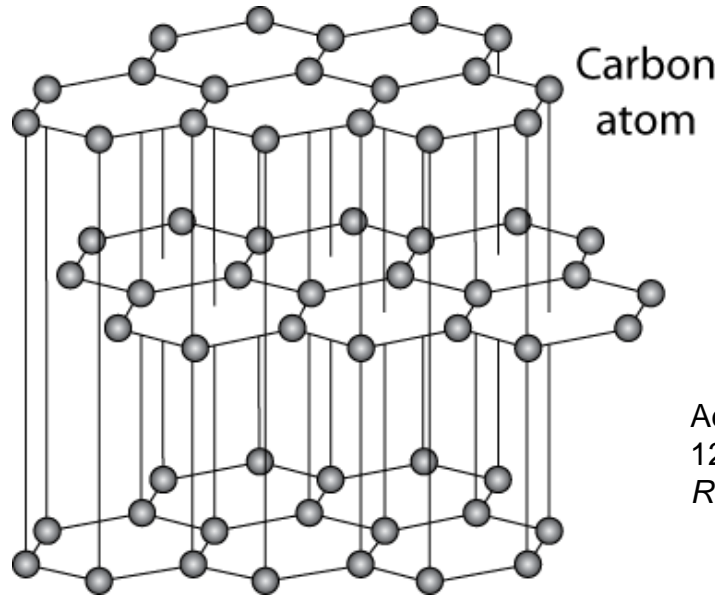
Adapted from Fig. 12.15,
Callister & Rethwisch 8e.



Karbonun Polimorfik Formları

Grafit

- Katmanlı yapı – hekzagonal olarak düzenlenmiş karbonlar.



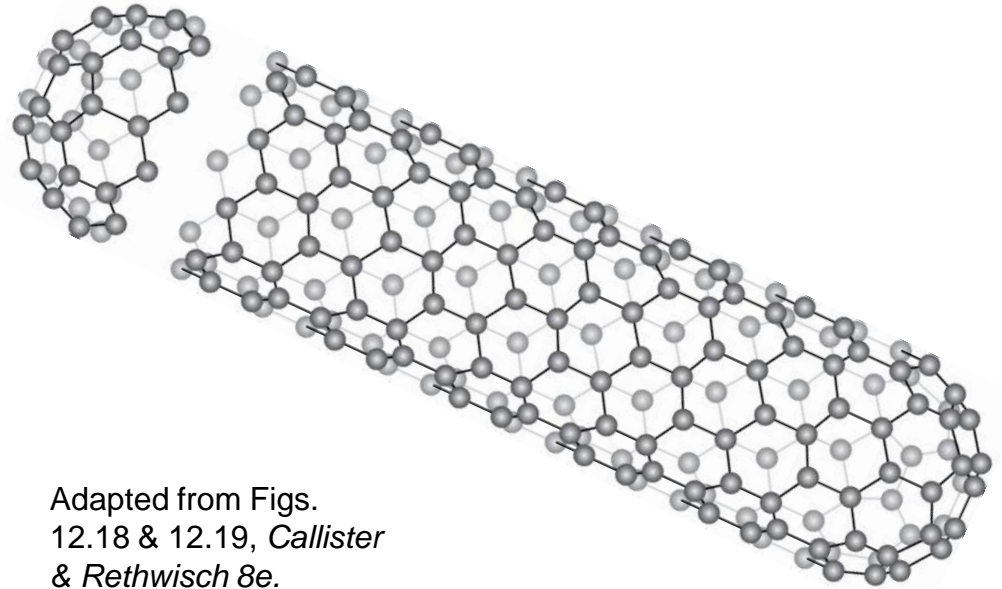
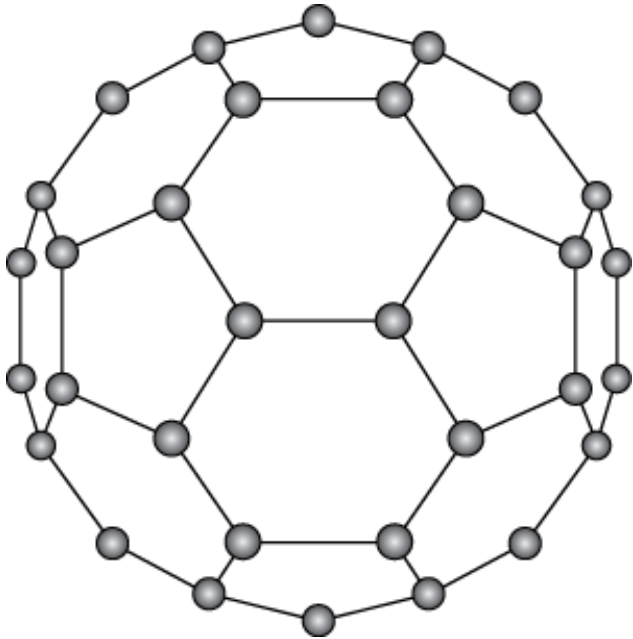
Adapted from Fig.
12.17, Callister &
Rethwisch 8e.

- Katmanlar arası zayıf van der Waal kuvvetleri
- Düzlemler birbirinin üzerinden akar, iyi bir yağlayıcı

Karbonun Polimorfik Formları

Fulerenler ve Nanotüpler

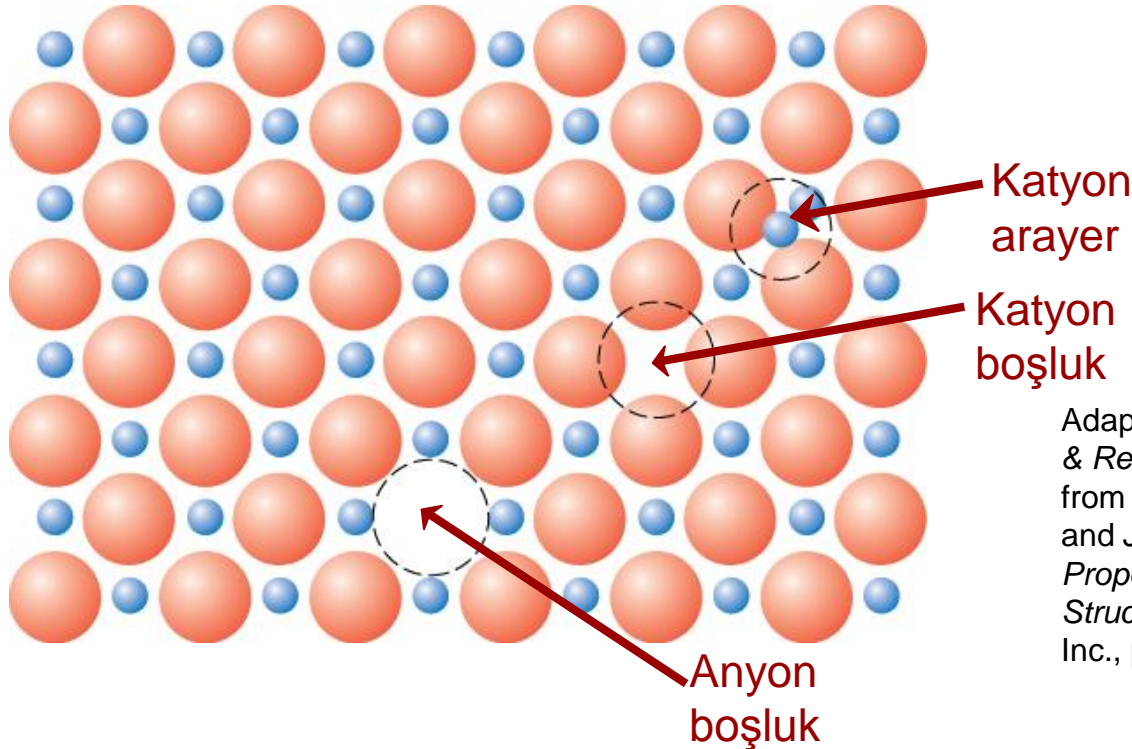
- **Fuleren** –60 tane karbon atomundan oluşan küre, C_{60}
 - Futbol topu şeklinde
- **Karbon nanotüpler** – grafit levhanın kıvrılarak birleştirilmesi ve uçlarıda fuleren yarı küresi ile kapatılmış.



Adapted from Figs.
12.18 & 12.19, *Callister
& Rethwisch 8e.*

Seramiklerde Noktasal Kusurlar(i)

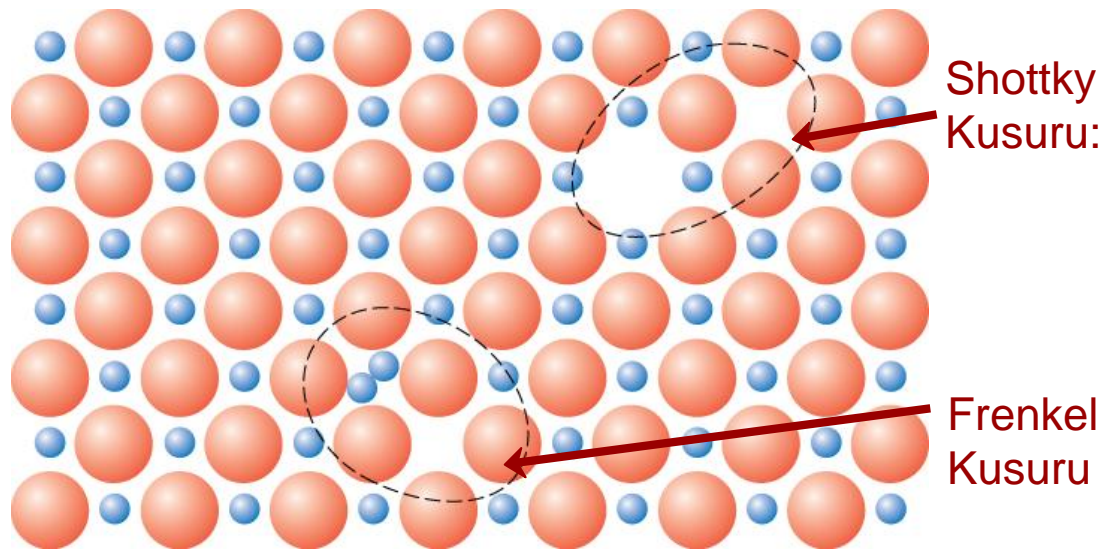
- Boşluklar
 - Hem katyon hem anyonlardan oluşan boşluklar
- Arayer
 - sadece katyon rayer iyonu olabilir.



Adapted from Fig. 12.20, *Callister & Rethwisch 8e*. (Fig. 12.20 is from W.G. Moffatt, G.W. Pearsall, and J. Wulff, *The Structure and Properties of Materials*, Vol. 1, *Structure*, John Wiley and Sons, Inc., p. 78.)

Seramiklerde Noktasal Kusurlar(ii)

- Frenkel Kusuru
 - kation boşluk ve kation arayer ikilisi
- Shottky Kusuru
 - kation ve anyon boşluğu.



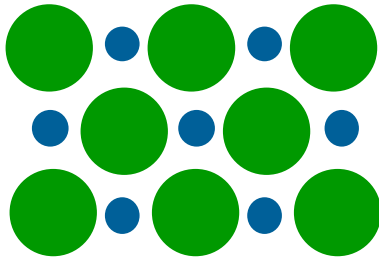
Adapted from Fig.12.21, *Callister & Rethwisch 8e*. (Fig. 12.21 is from W.G. Moffatt, G.W. Pearsall, and J. Wulff, *The Structure and Properties of Materials*, Vol. 1, *Structure*, John Wiley and Sons, Inc., p. 78.)

Seramiklerde Noktasal Kusurlar(iii)

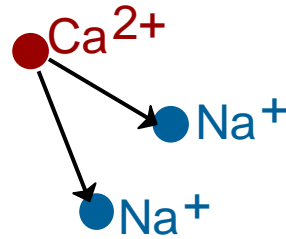
- İmpüriteler olsada elektriksel denge (nötrlük) sağlanmalıdır.



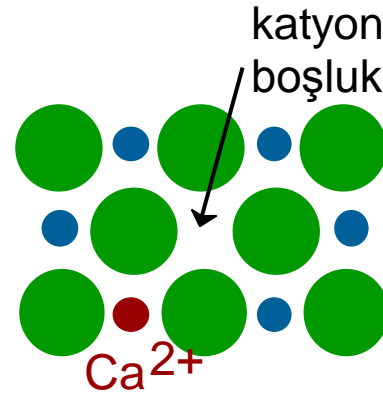
- Yeralan katyon impüritesi



impüritesiz

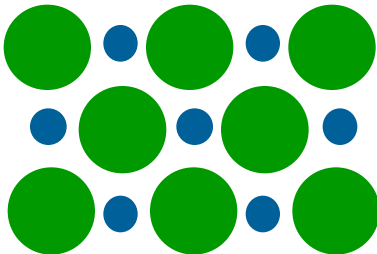


Ca^{2+} impüritesi

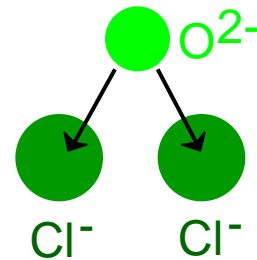


impüriteli

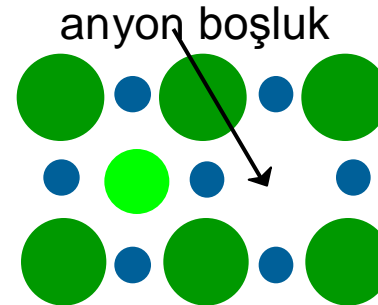
- Yeralan anyon impüritesi



impüritesiz



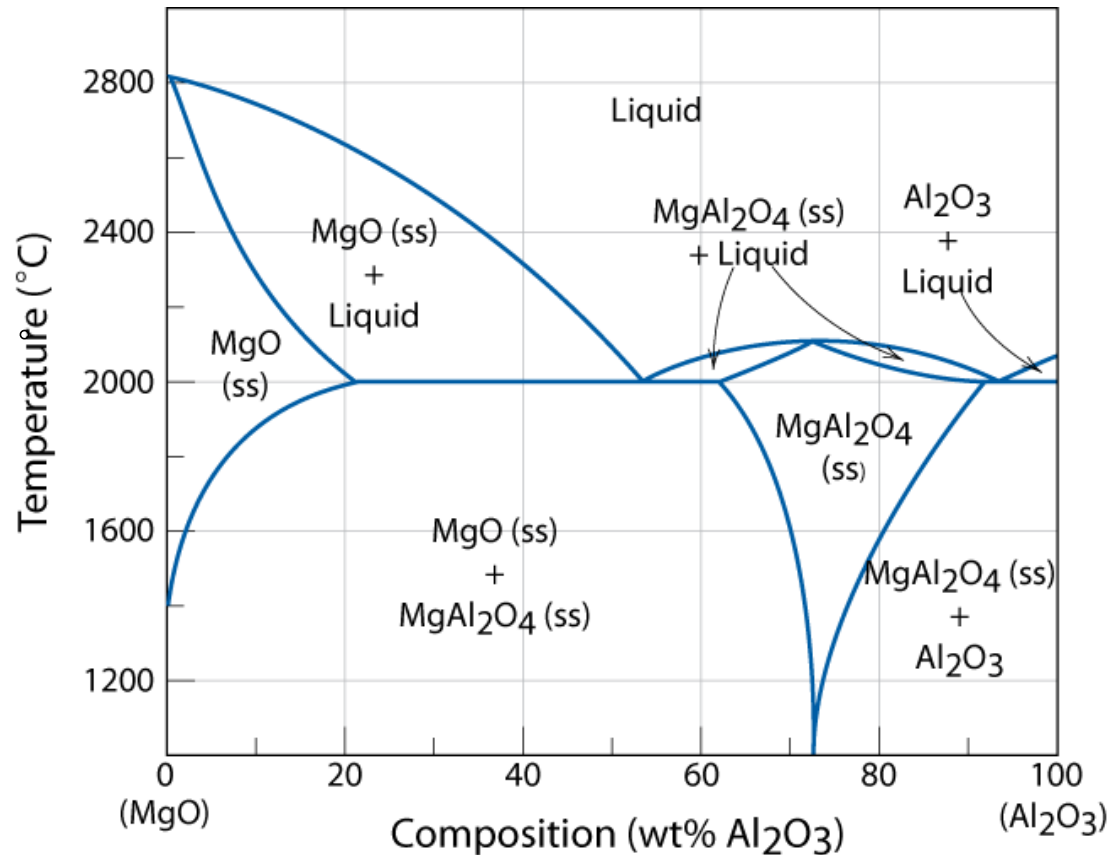
O^{2-} impüriresi



impüriteli

Seramik Faz Diyagramları

MgO-Al₂O₃ diyagramı:



Adapted from Fig. 12.25, Callister & Rethwisch 8e.



Mekanik Özellikler

Seramik malzemeler metallerden daha kırılgandır.

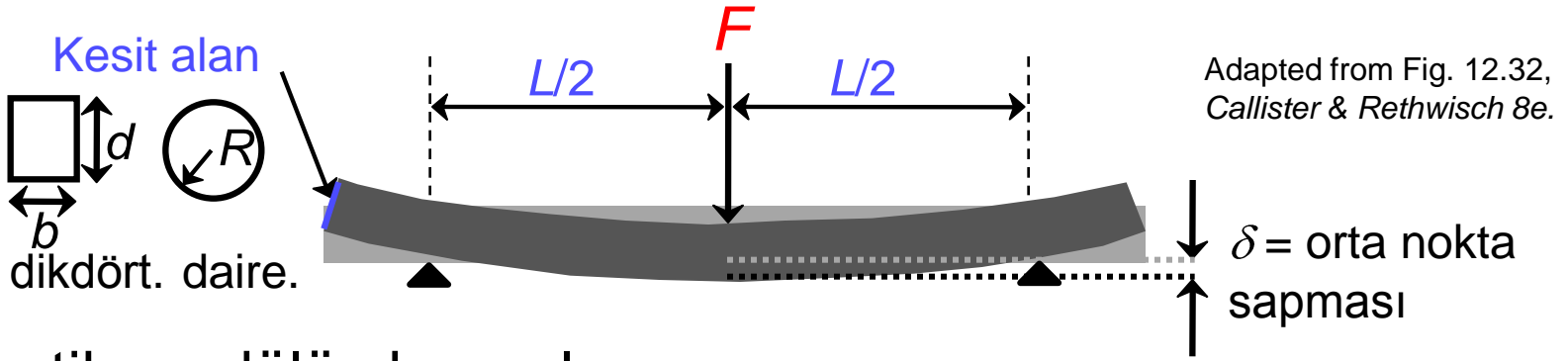
Bu neden böyledir?

- Deformasyon mekanizmasını hatırlayalım
 - kristallerde, dislokasyon hareketi ile
 - Yüksek iyonik yapılarda, dislokasyon hareketi zordur
 - Çok ender kayma sistemi
 - Aynı yüklü iyonların hareketinde zorluk vardır (anyonlar birbirlerinin üstünden atlayamazlar)

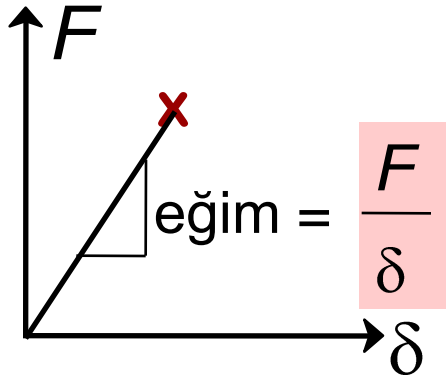


Eğme Testi –Elastik Modülünün Ölçümü

- Oda T'inde genelde elastik davranış gösterirler ve gevrek kırılırlar.
- **3-Noktalı Eğme testi** sıklıkla kullanılır.
 - gevrek malzemeye çekme testi uygulamak güçtür.



- Elastik modülüs hesaplanması:



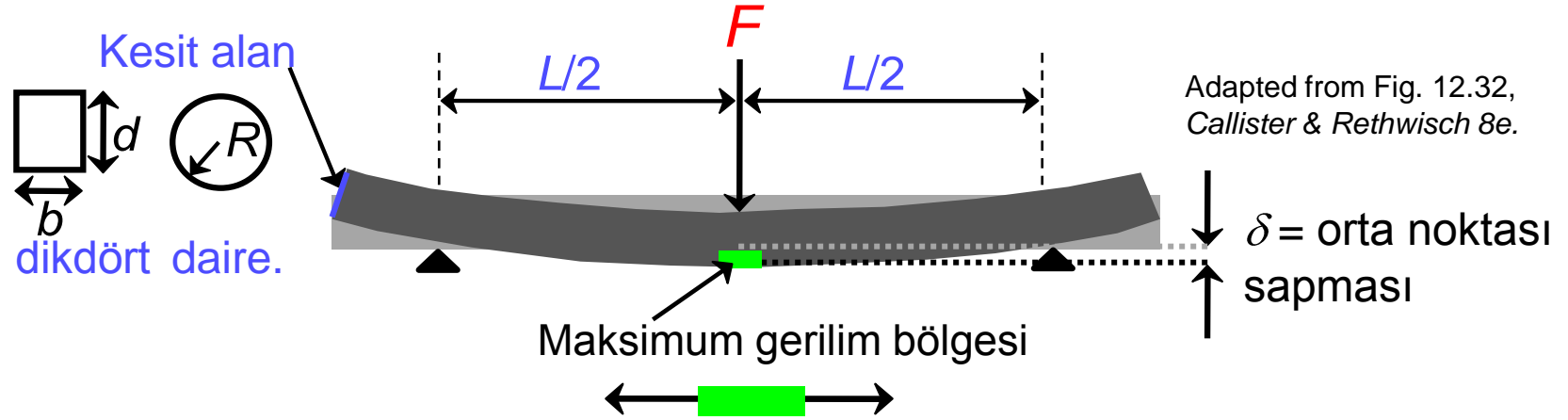
Doğrusal elastik davranış

$$E = \frac{F}{\delta} \frac{L^3}{4bd^3} \quad (\text{dikdörtgen kesit a.})$$

$$E = \frac{F}{\delta} \frac{L^3}{12\pi R^4} \quad (\text{circ. cross section})$$

Eğme Testi –Eğme Dayanımı Ölçümü

- Oda sıcaklığında 3- noktalı eğme testi ile eğme dayanımı ölçülür.



- Eğme Dayanımı:

$$\sigma_{fs} = \frac{3F_f L}{2bd^2} \quad (\text{dikdörtgen kesit a.})$$

$$\sigma_{fs} = \frac{F_f L}{\pi R^3} \quad (\text{dairesel kesit a.})$$

- Tipik değerler:

Malzeme	σ_{fs} (MPa)	E(GPa)
Si nitrür	250-1000	304
Si carbür	100-820	345
Al oksit	275-700	393
cam (soda-kireç)	69	69

Data from Table 12.5, Callister & Rethwisch 8e.

ÖZET

- Seramiklerde atomlararası bağlar iyonik yada/ve kovalentdir.
- Seramik kristal yapısı:
 - elektriksel olarak yüksüz
 - katyon-anyon yarıçap oranları dikkate alınmalı.
- Kusurlar
 - Atomsal: boşluklar, arayer (katyon), Frenkel, Schottky
 - İmpüriteler: yeralan, arayer
 - yüklerin nötrlüğü sağlanmalıdır.
- Oda-sıcaklığında mekanik davranışlar - eğme testi
 - lineer-elastik; elastik modülü ölçümü
 - gevrek kırılma; eğme dayanımı ölçümü

