



ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

Χ. Κορδούλης

ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Τα κεραμικά υλικά είναι ανόργανα μη μεταλλικά υλικά (ενώσεις μεταλλικών και μη μεταλλικών στοιχείων), τα οποία έχουν υποστεί θερμική κατεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες (πύρωση).

Ταξινόμηση κεραμικών υλικών

- Παραδοσιακά κεραμικά (προϊόντα πορσελάνης, τούβλα, κεραμικά πλακίδια, ύαλοι κλπ.)
- Προηγμένα κεραμικά (εξαρτήματα ηλεκτρονικών και υπολογιστών, τηλεπικοινωνιών, αεροδιαστημικών εφαρμογών κλπ.)



Γιατί μελετάμε τη δομή και τις ιδιότητες των κεραμικών;

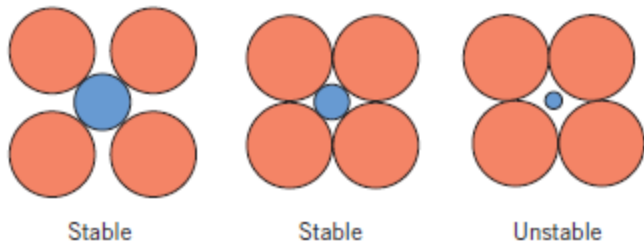
- Η οπτική διαφάνεια των υάλων οφείλεται στη μη κρυσταλλικότητά τους
- Η υδροπλαστικότητα των πηλών εξαρτάται από την αλληλεπίδραση των μορίων του ύδατος με τις δομικές μονάδες του πηλού
- Η μόνιμη μαγνητική και σιδηρομαγνητική συμπεριφορά κάποιων κεραμικών αποδίδεται στις κρυσταλλικές δομές τους



ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ

Εξαρτώνται:

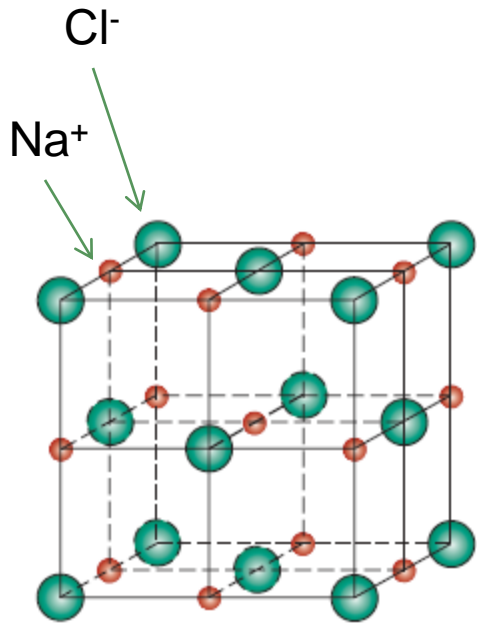
- ✓ Το μέγεθος του ηλεκτρικού φορτίου του κάθε ιόντος (κρύσταλλος ηλεκτρικά ουδέτερος)
- ✓ Τα σχετικά μεγέθη των κατιόντων και ανιόντων ($r_C/r_A \leq 1$)



<i>Coordination Number</i>	<i>Cation–Anion Radius Ratio</i>	<i>Coordination Geometry</i>
2	<0.155	
3	0.155–0.225	
4	0.225–0.414	
6	0.414–0.732	
8	0.732–1.0	

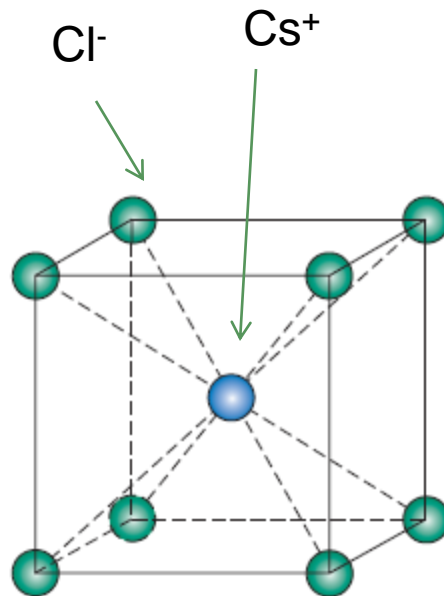


ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ ΤΥΠΟΥ AX

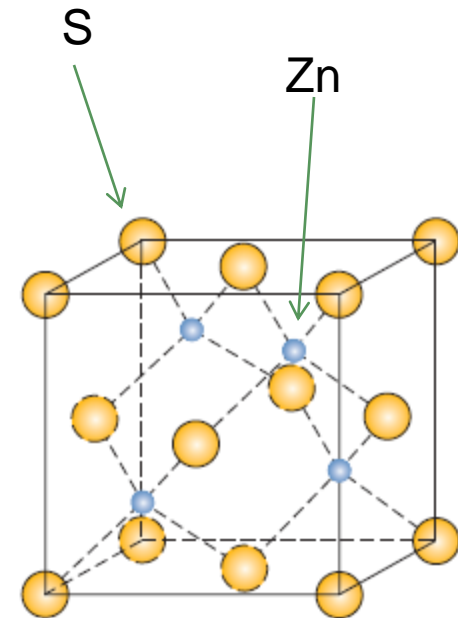


Δομή ορυκτού
άλατος

MgO, MnS
LiF, FeO



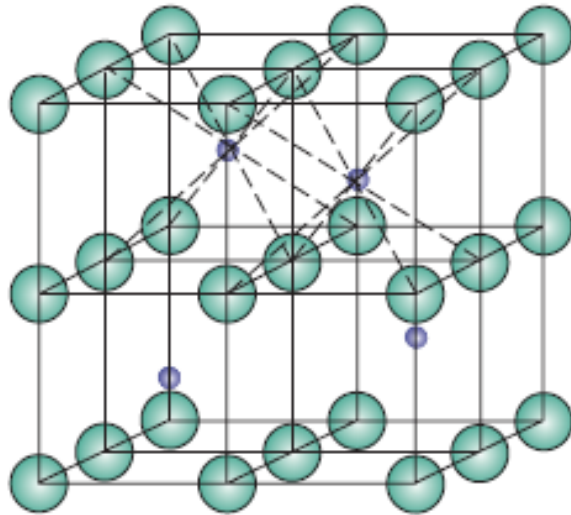
Δομή χλωριούχου
καισίου



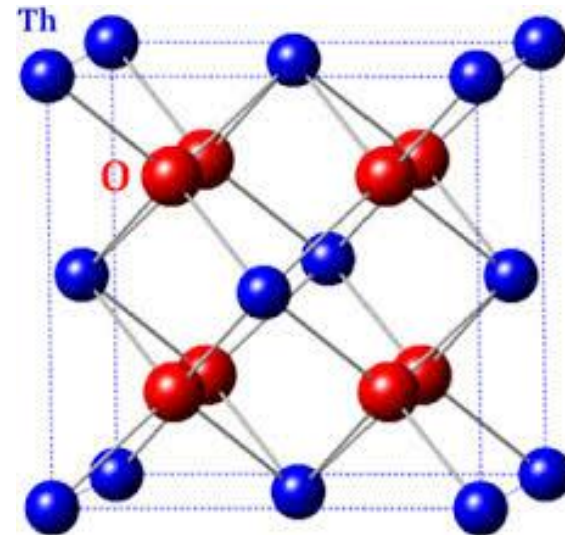
Δομή σφαλερίτη

Κεραμικά με αυτή τη δομή
χαρακτηρίζονται από
έντονο ομοιοπολικό
χαρακτήρα

ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ ΤΥΠΟΥ A_mX_p



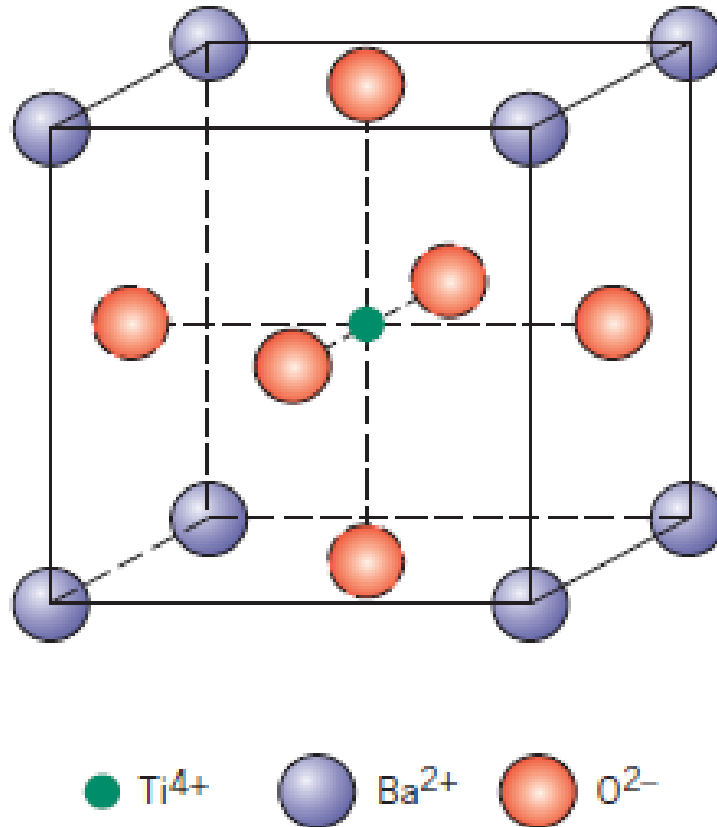
CaF₂



ThO₂



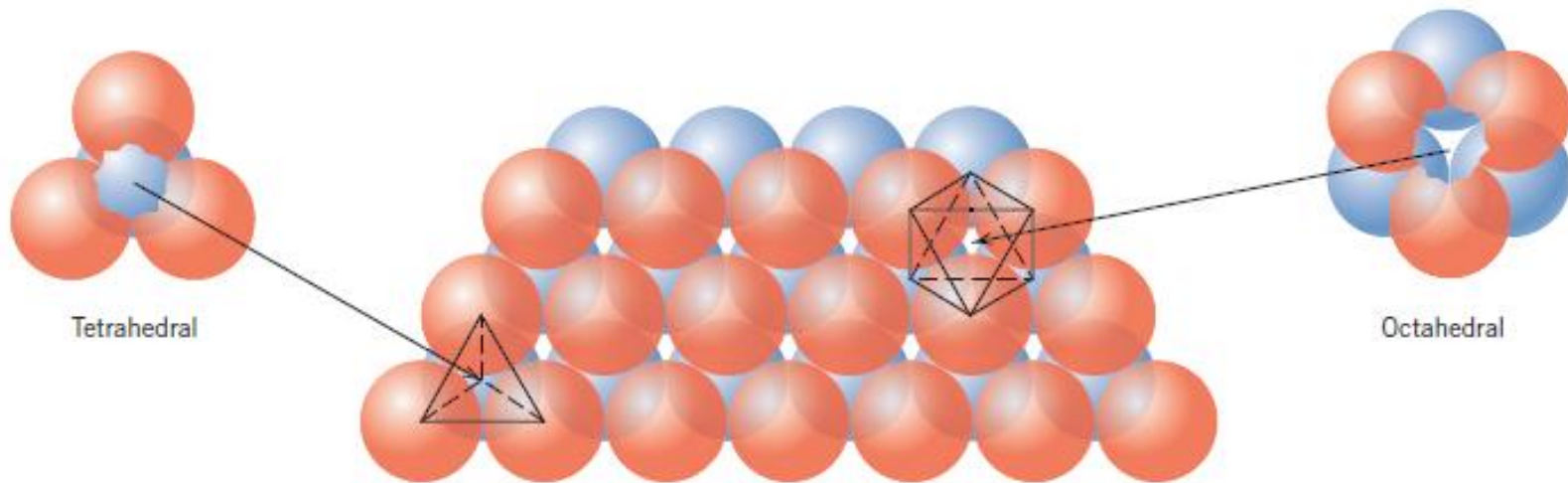
ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΕΣ ΔΟΜΕΣ ΤΥΠΟΥ $A_m B_n X_p$



Δομή περοβσκίτη: ενδιαφέρουσες ηλεκτρομηχανικές και καταλυτικές ιδιότητες

ΔΙΑΤΑΞΗ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

- Τα συμπαγώς διατεταγμένα επίπεδα ανιόντων στοιβάζονται το ένα πάνω στο άλλο δημιουργώντας θέσεις παρεμβολής όπου τοποθετούνται τα κατιόντα



ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ

$$\rho = \frac{n'(\sum A_C + \sum A_A)}{V_C N_A}$$

n' : αριθμός τυπικών μονάδων μέσα στη μοναδιαία κυψελίδα

$\sum A_C$: άθροισμα των ατομικών βαρών όλων των κατιόντων στην τυπική μονάδα

$\sum A_A$: άθροισμα των ατομικών βαρών όλων των ανιόντων στην τυπική μονάδα

V_C : όγκος της μοναδιαίας κυψελίδας

N_A : αριθμός του Avogadro

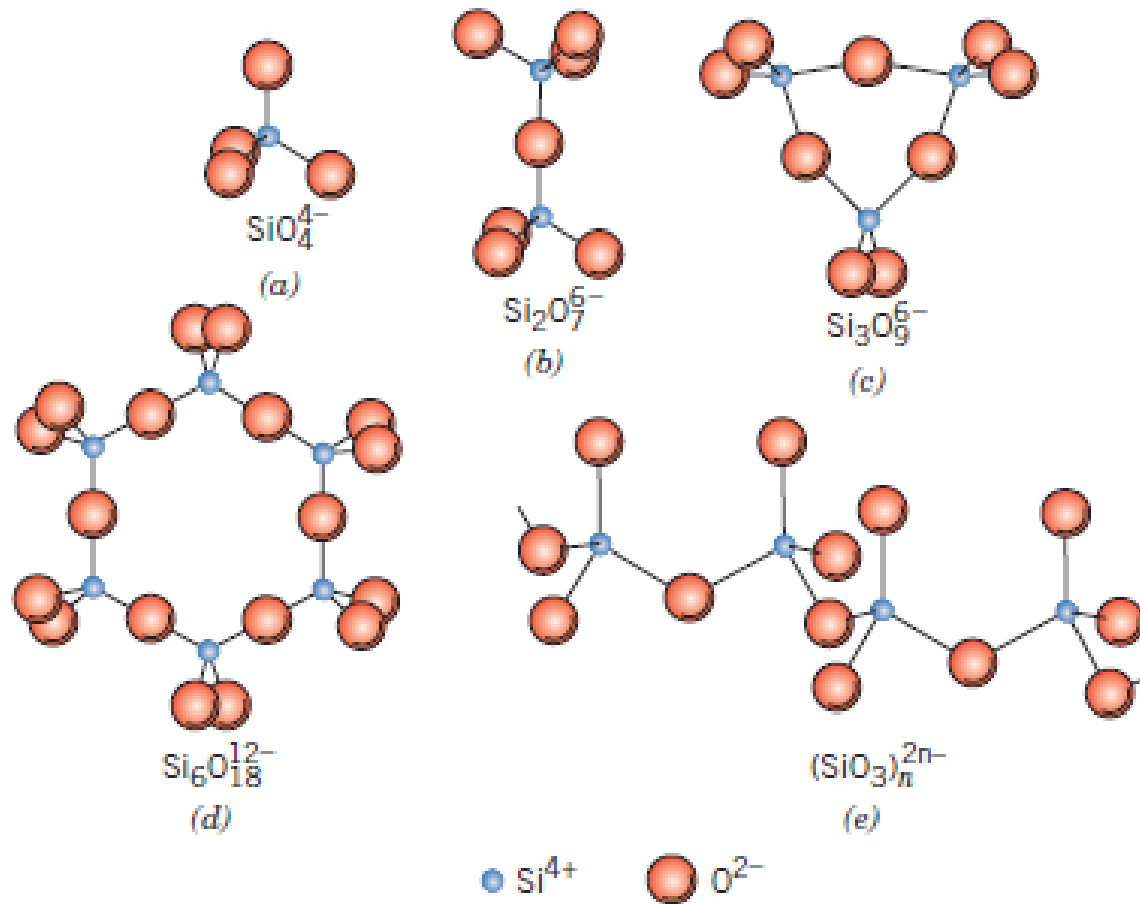


ΠΥΡΙΤΙΚΑ ΚΕΡΑΜΙΚΑ

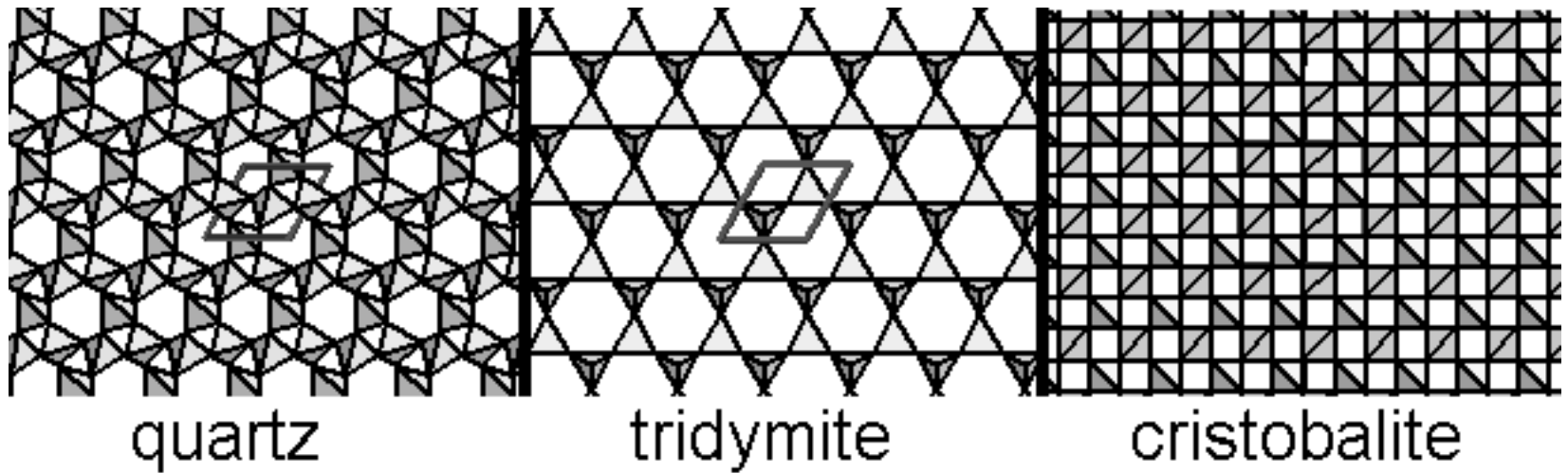
- Αποτελούνται κυρίως από Si και O
- Βασική δομική μονάδα θεωρείται το τετράεδρο SiO_4^{4-}
- Ο δεσμός Si-O θεωρείται ότι παρουσιάζει σημαντικό ομοιοπολικό χαρακτήρα
- Οι μονάδες SiO_4^{4-} μπορούν να συνενωθούν σε μονο-, δι-, και τρισδιάστατες διαμορφώσεις



ΔΟΜΕΣ ΠΥΡΙΤΙΚΩΝ ΙΟΝΤΩΝ



ΠΥΡΙΤΙΑ (SILICA)

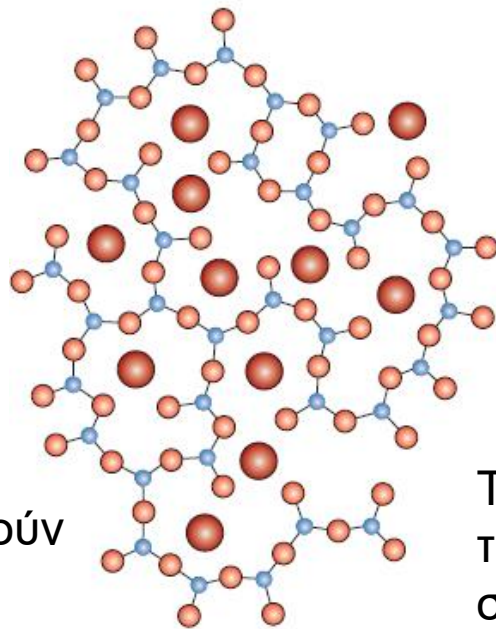


ΠΥΡΙΤΥΑΛΟΙ

Μορφοποιητές δικτύων
 SiO_2 , B_2O_3 , GeO_2

Τροποποιητές δικτύων
 CaO , Na_2O

Ενδιάμεσα / σταθεροποιούν
 TiO_2 , Al_2O_3



● Si^{4+}

● O^{2-}

● Na^+

Τα ενδιάμεσα και οι τροποποιητές μειώνουν το σημείο τήξης και το ιξώδες



ΠΥΡΙΤΙΚΑ ΑΝΙΟΝΤΑ

○ Απλά πυριτικά ανιόντα

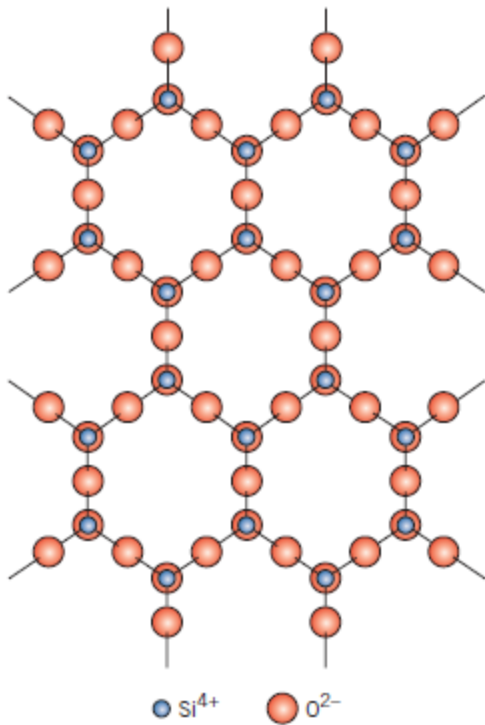
- Περιλαμβάνουν απομονωμένα τετράεδρα (π.χ. φωστερίτης: Mg_2SiO_4 ή ακερμανίτης: $Ca_2MgSi_2O_7$).

○ Στρωματικά πυριτικά ανιόντα

- Το μοίρασμα και των τριών ιόντων οξυγόνου καθενός τετραέδρου με γειτονικά του οδηγεί στο σχηματισμό ενός διδιάστατου στρώματος με επαναλαμβανόμενη μονάδα $(Si_2O_5)^{2-}$.
- Τα υλικά αυτά ονομάζονται επίπεδα ή στρωματικά. Τέτοια δομή έχουν οι πηλοί και άλλα ορυκτά.

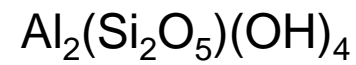
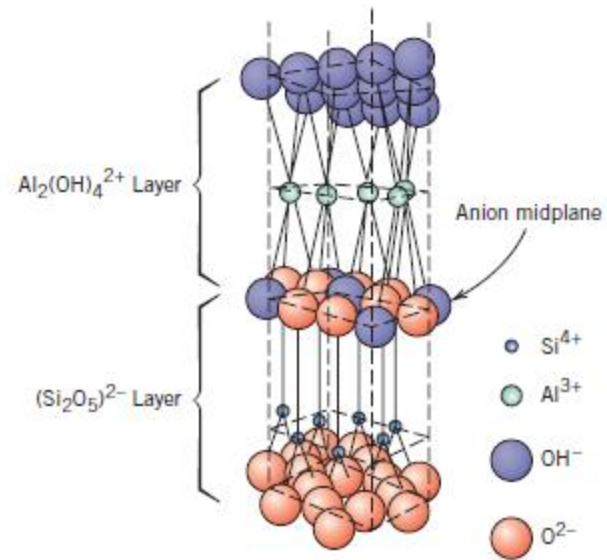


Διδιάστατη φυλλώδης δομή silica

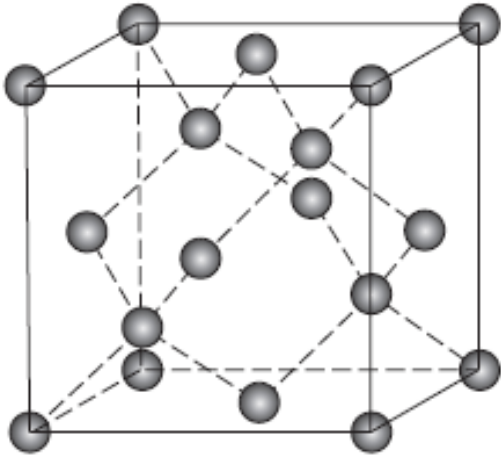


Δομική μονάδα $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{2-}$

Η στρωματική δομή του καολινίτη



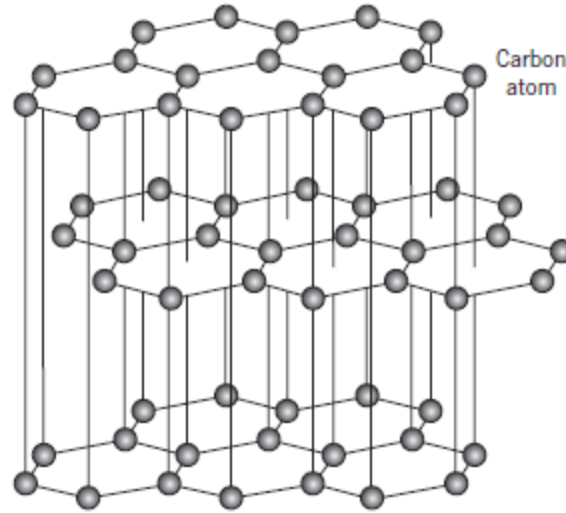
ΑΝΘΡΑΚΑΣ



Διαμάντι

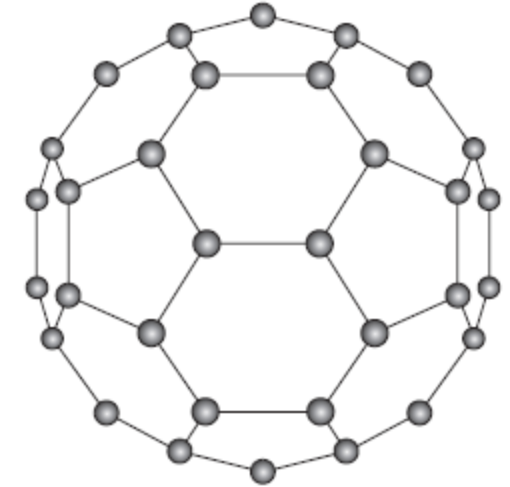
- Ισχυροί ομοιοπολικοί δεσμοί
- Σκληρό
- Χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Υψηλή θερμική αγωγιμότητα
- Οπτικά διαφανές
- Υψηλός δείκτης διάθλασης

Παρασκευάζεται και τεχνητά ακόμη και σε μορφή υμενίων



Γραφίτης

- Υψηλή σταθερότητα και αντοχή
- Εξαιρετικές λιπαντικές ιδιότητες
- Σχετικά υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα
 - Χημική σταθερότητα
 - Υψηλή θερμική αγωγιμότητα
- Χαμηλός συντελεστής θερμικής διαστολής
 - Υψηλή αντίσταση στο θερμικό σοκ
 - Υψηλή προσρόφηση αερίων
 - Μηχανική επεξεργασιμότητα

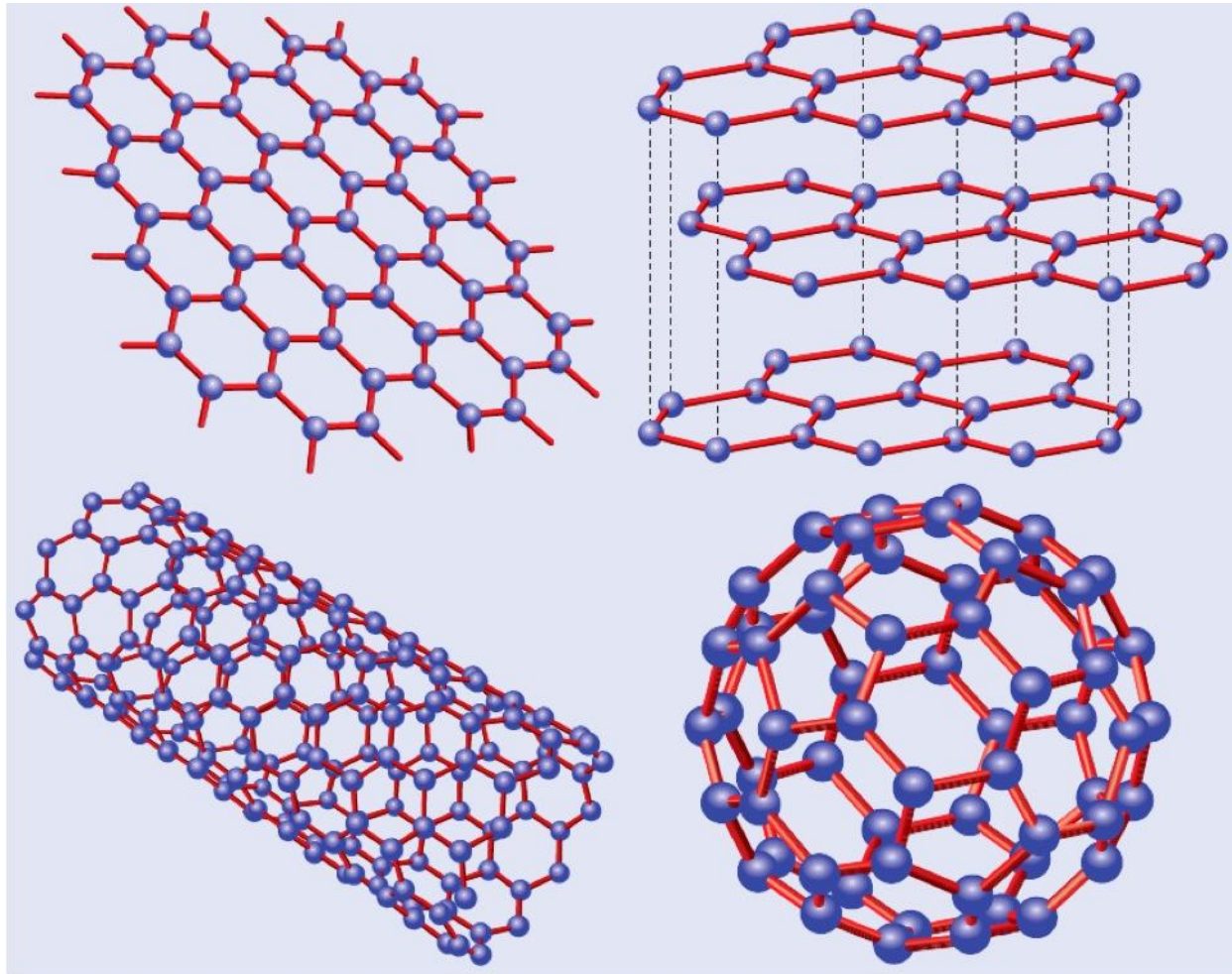


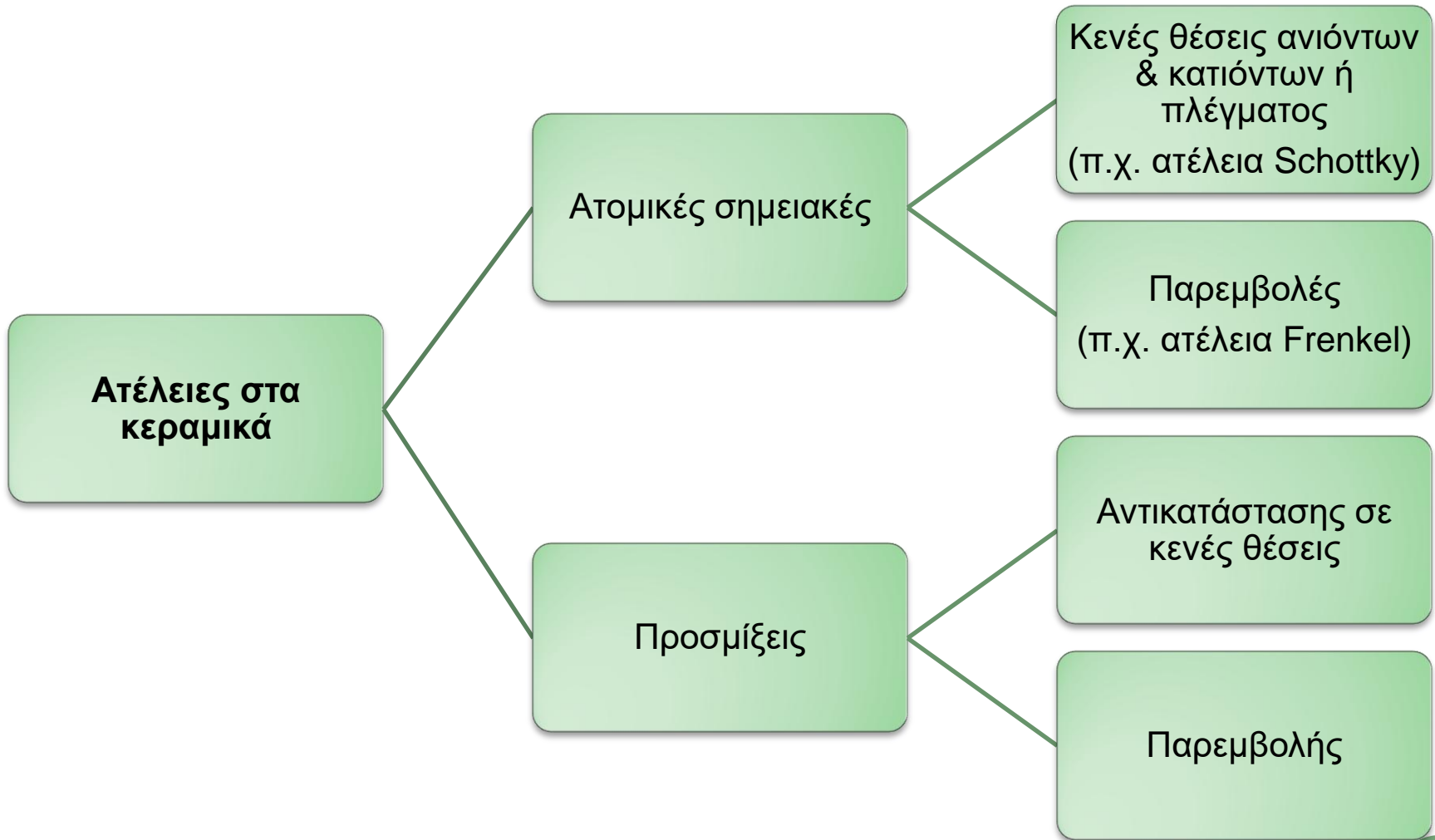
Φουλλερένια

- 20 εξάγωνα
- 12 πεντάγωνα
- Κρυσταλλικό υλικό
- Ηλεκτρικά μονωτικό

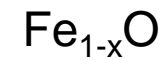
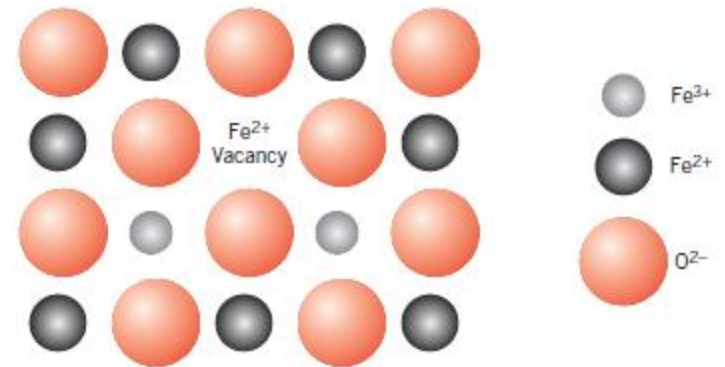
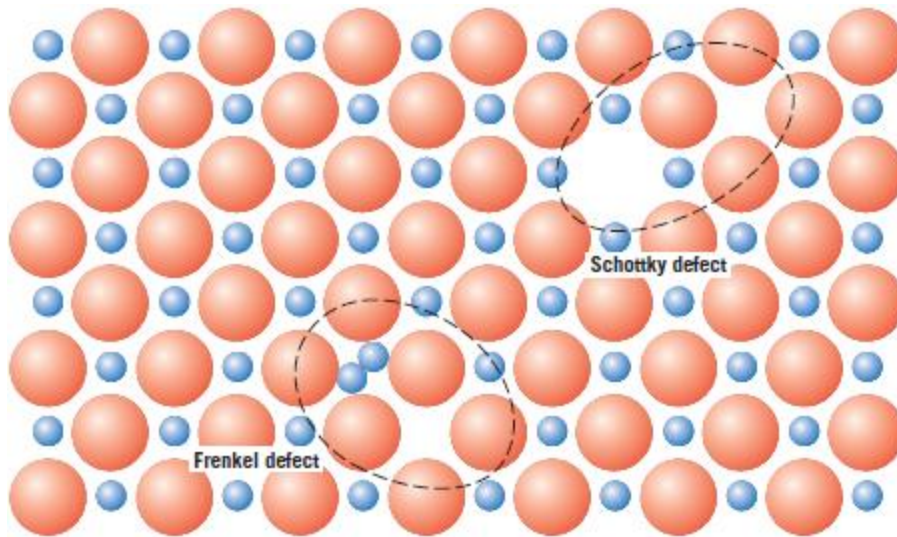


Αλλοτροπικές μορφές άνθρακα





Ατέλειες και Στοιχειομετρία

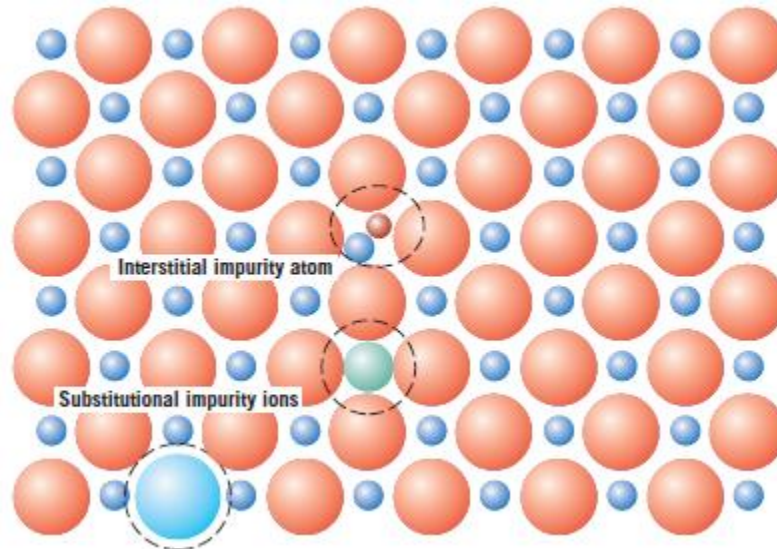


Διατήρηση ηλεκτρικής ουδετερότητας

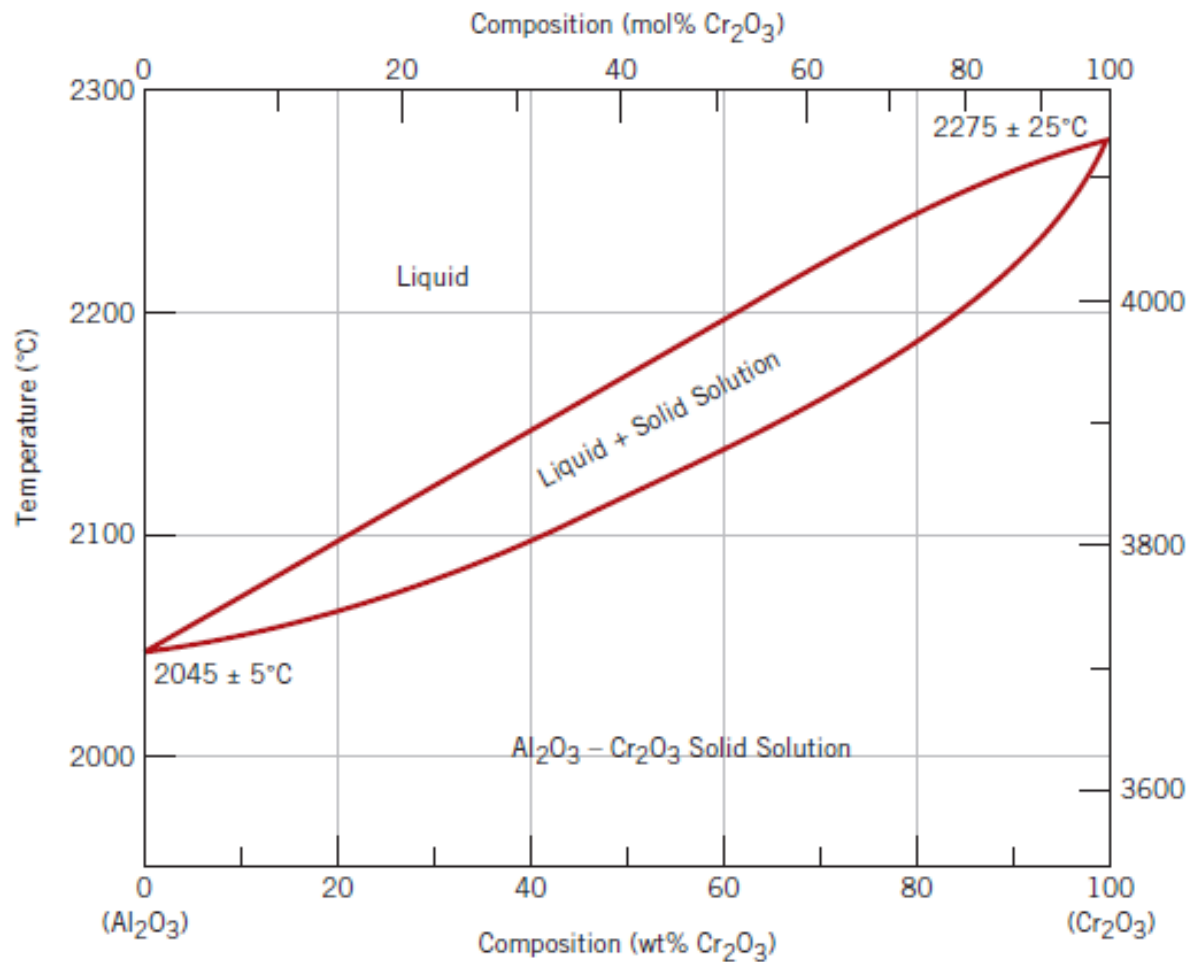
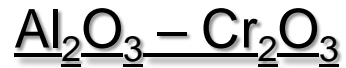


Προσμίξεις στα Κεραμικά

- Σχηματισμός στερεών διαλυμάτων με αντικατάσταση ή παρεμβολή
- Η παρεμβολή προϋποθέτει σχετικά μικρή ακτίνα κατιόντος σε σύγκριση με εκείνη του ανιόντος
- Τα άτομα της πρόσμιξης που σχηματίζουν κατιόντα αντικαθιστούν κατιόντα του κεραμικού ενώ εκείνα που σχηματίζουν ανιόντα αντικαθιστούν ανιόντα του κεραμικού



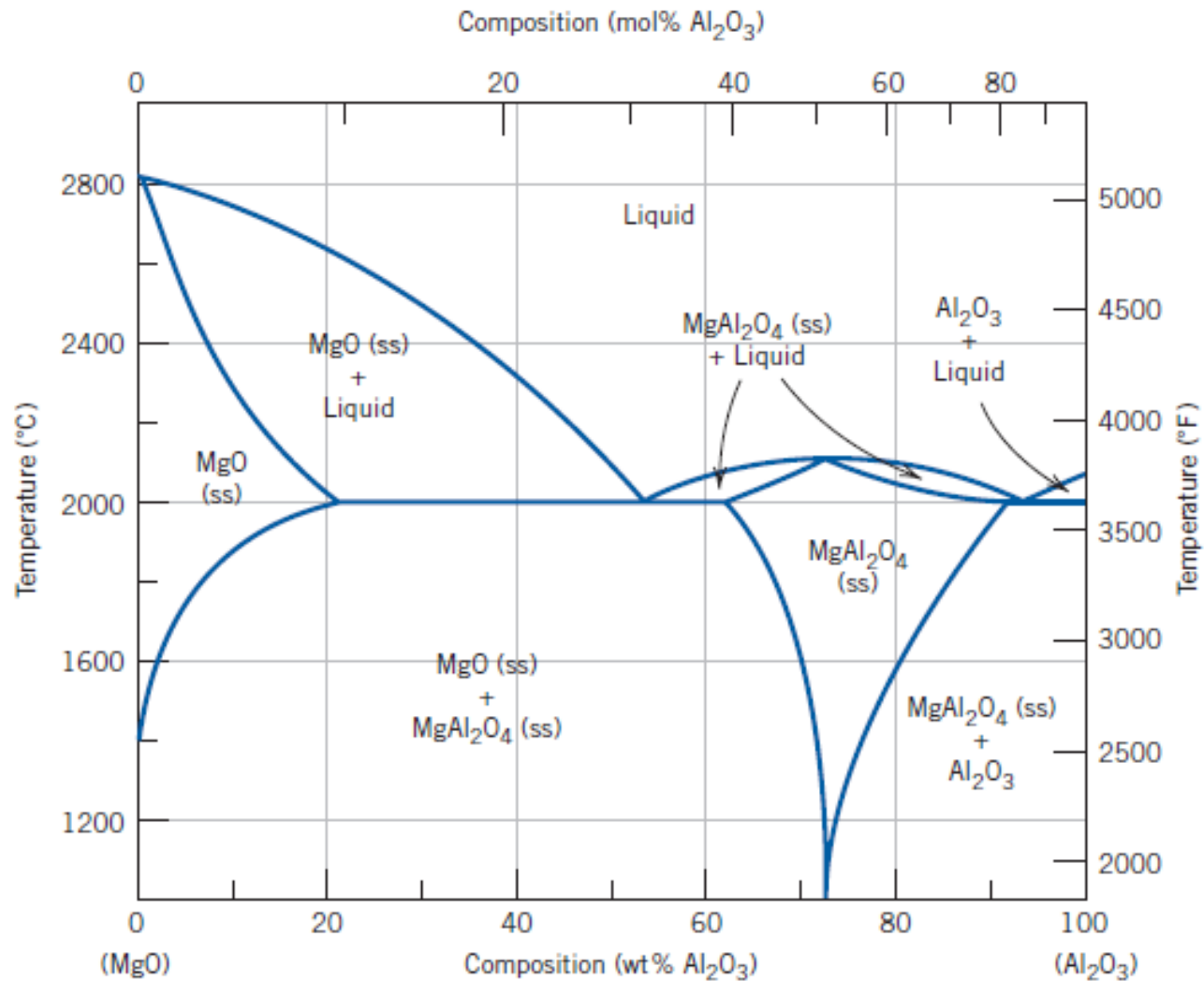
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ ΤΩΝ ΚΕΡΑΜΙΚΩΝ



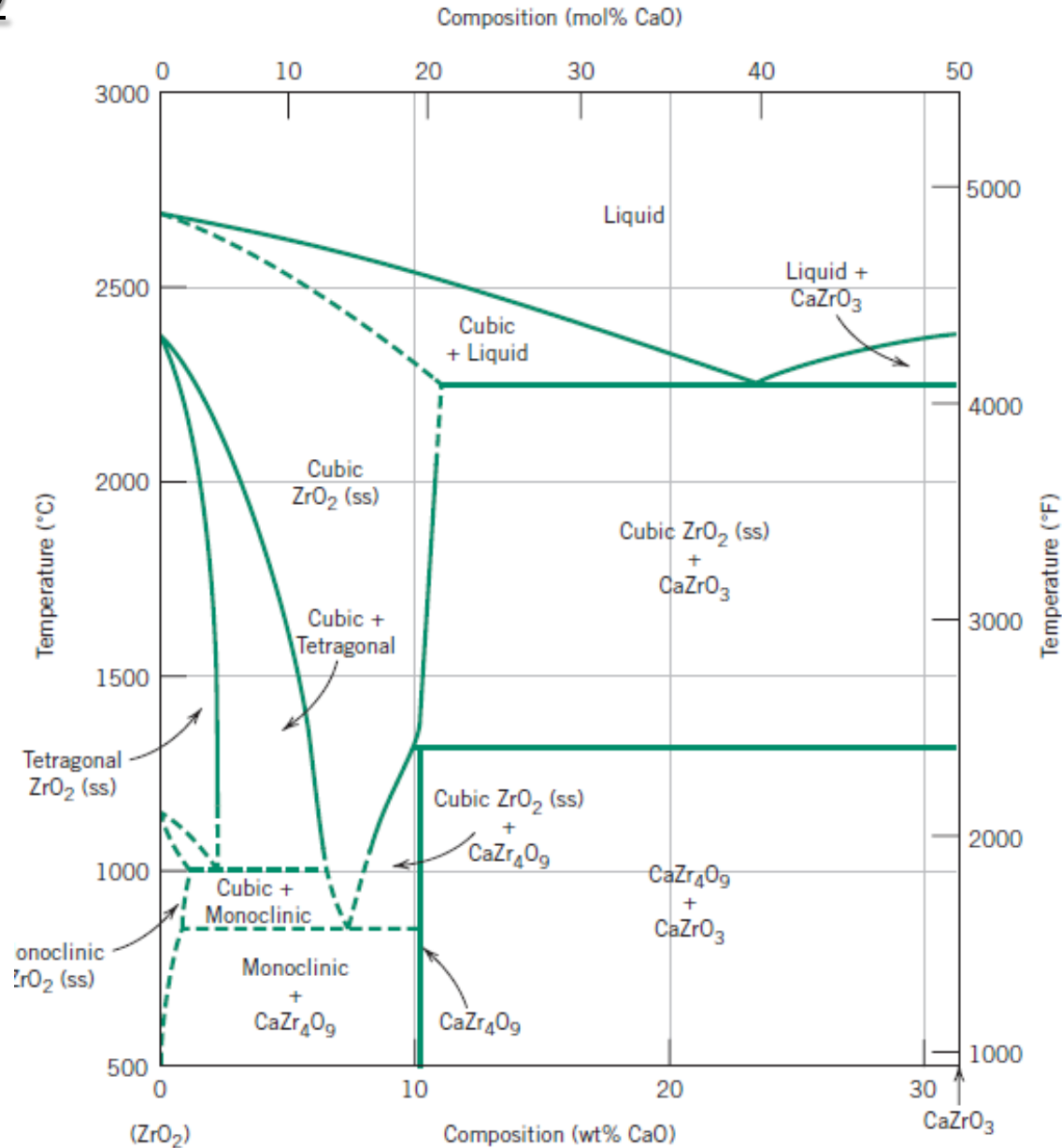
Το στερεό διάλυμα είναι σύστημα αντικατάστασης καθώς τα δύο ιόντα έχουν το ίδιο φορτίο και παραπλήσιες ακτίνες



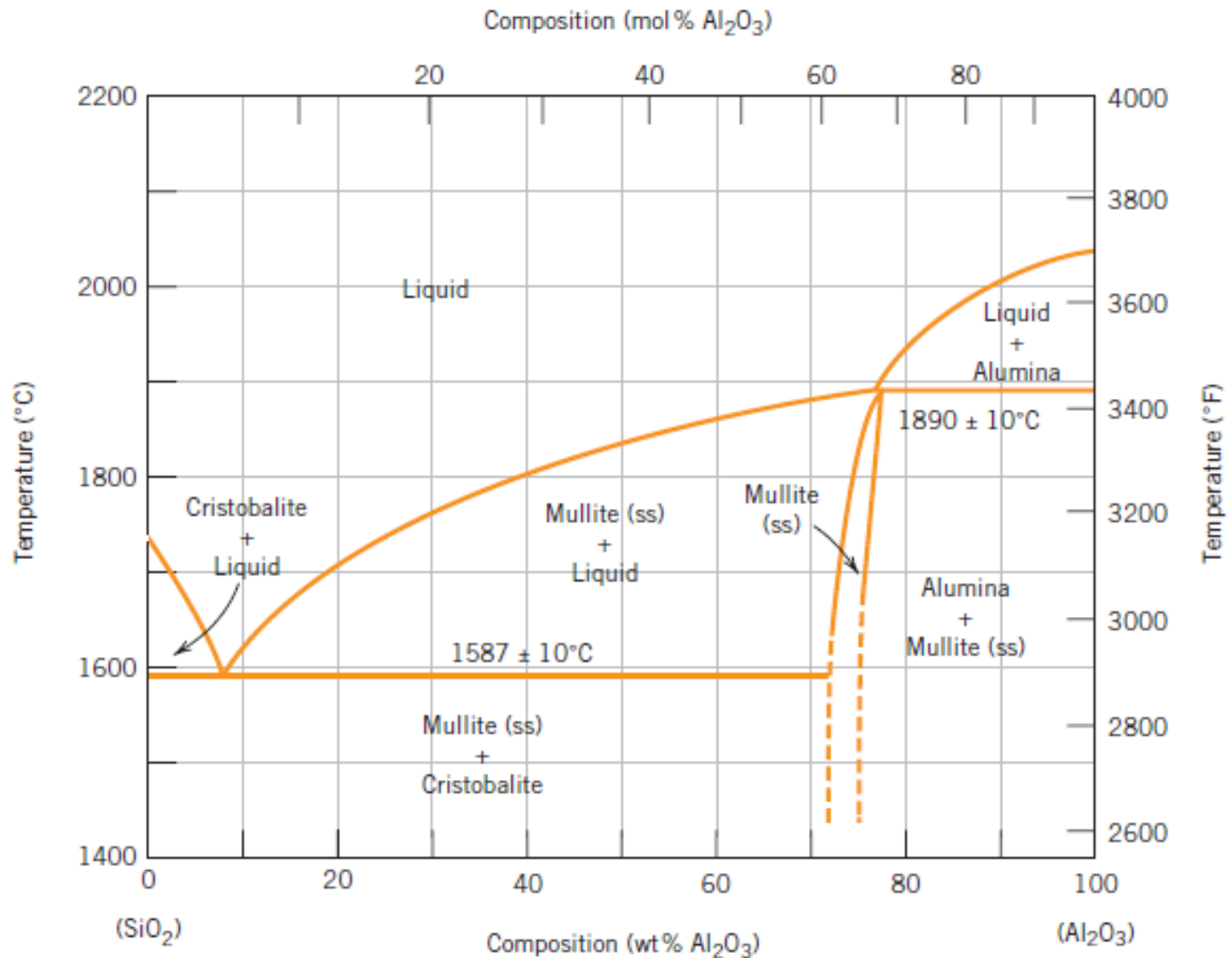
MgO - Al₂O₃



ZrO₂ - CaO

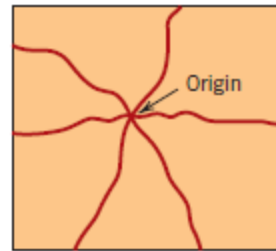


SiO₂ - Al₂O₃

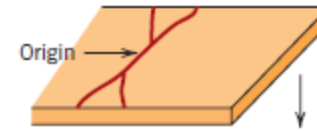


ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

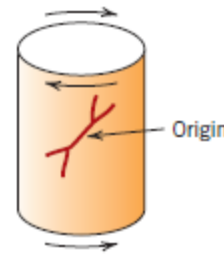
Σε θερμοκρασία δωματίου τα κεραμικά υλικά που υποβάλλονται σε εφελκισμό σχεδόν πάντοτε θραύονται πριν συμβεί οποιαδήποτε ελαστική παραμόρφωση



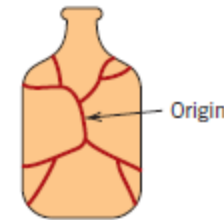
Impact or point loading
(a)



Bending
(b)



Torsion
(c)



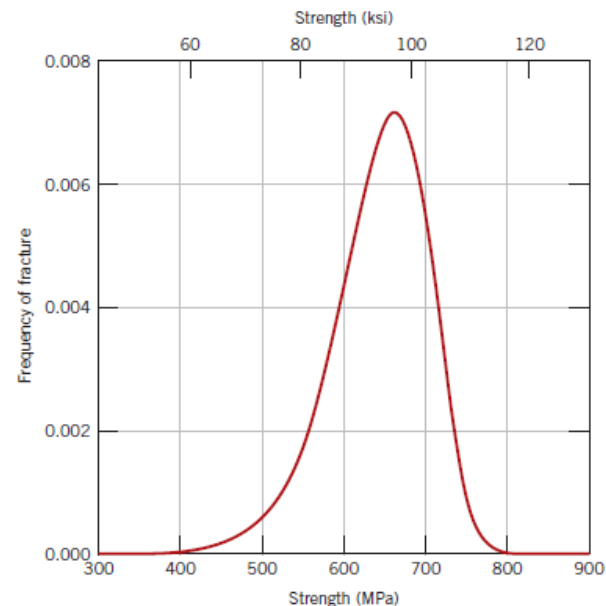
Internal pressure
(d)



ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

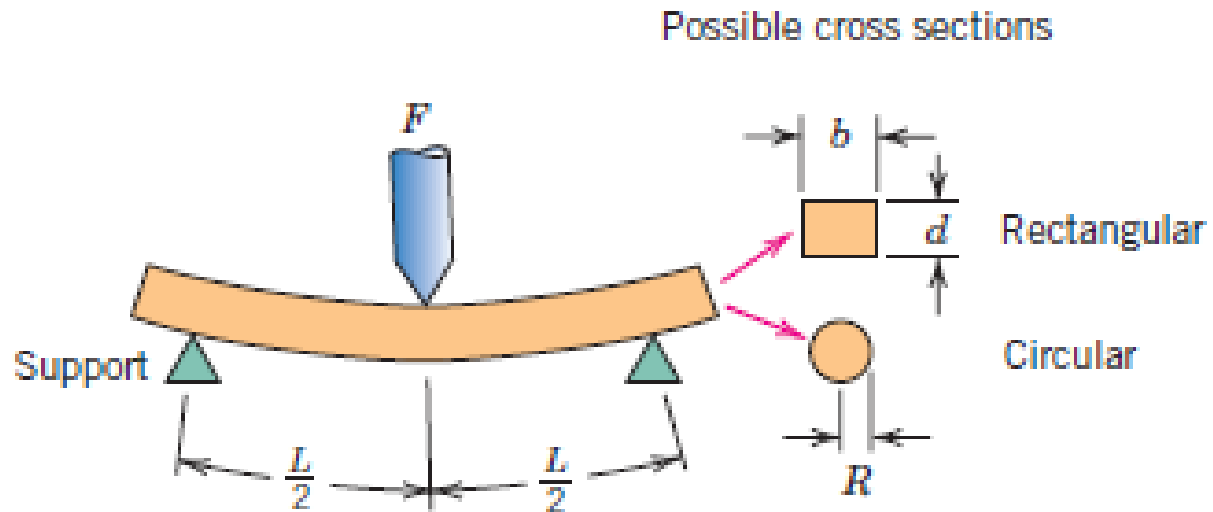
- Ψαθυρή θραύση: σχηματισμός και διάδοση ρωγμών σε μια διατομή του υλικού με διεύθυνση κάθετη προς το εφαρμοζόμενο φορτίο, λόγω τάσεων εφελκισμού ή θλιπτικών (κύρια αιτία η ύπαρξη μικροατελειών)
- Στατική κόπωση ή καθυστερισμένη θραύση: αργή διάδοση ρωγμών (επηρεάζεται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος ιδιαίτερα από την ύπαρξη υγρασίας)
- Δυσθραυστότητα : αντίσταση στη θραύση

Συχνότητα θραύσης Si_3N_4



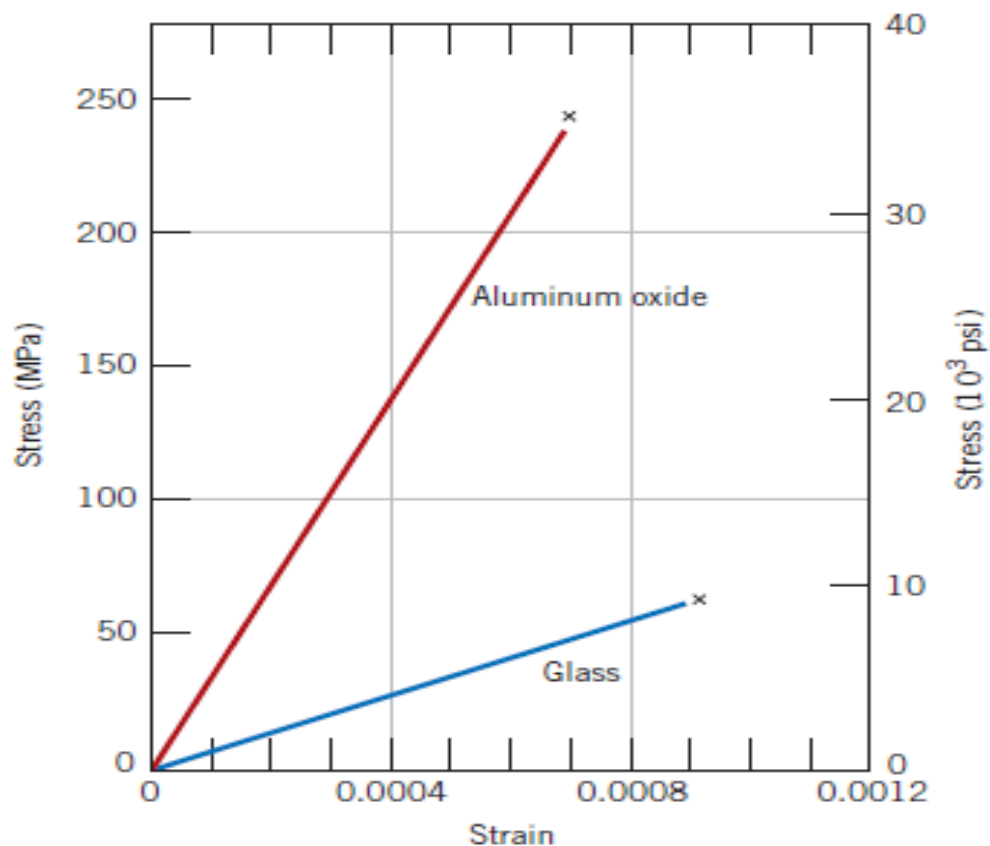
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΚΑΜΨΗ

Εγκάρσια Δοκιμή

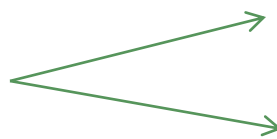


ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ

Τυπική συμπεριφορά τάσης – παραμόρφωσης μέχρι θραύσης για το οξείδιο του αλουμινίου και το γυαλί



**ΠΛΑΣΤΙΚΗ
ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ**



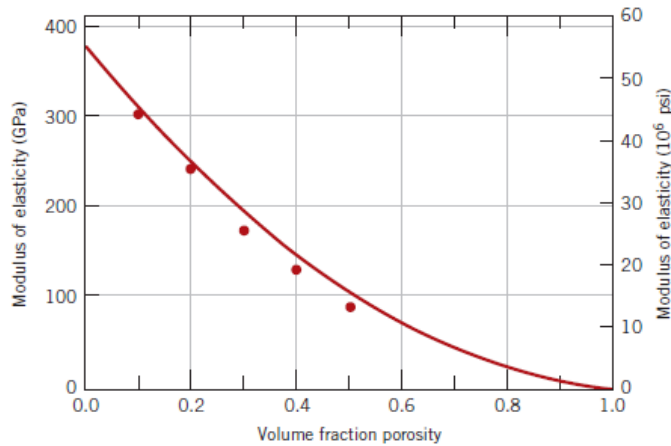
Κρυσταλλικά κεραμικά
Μέσω κίνησης διαταραχής

Μη κρυσταλλικά κεραμικά
Μέσω της ιξώδους ροής

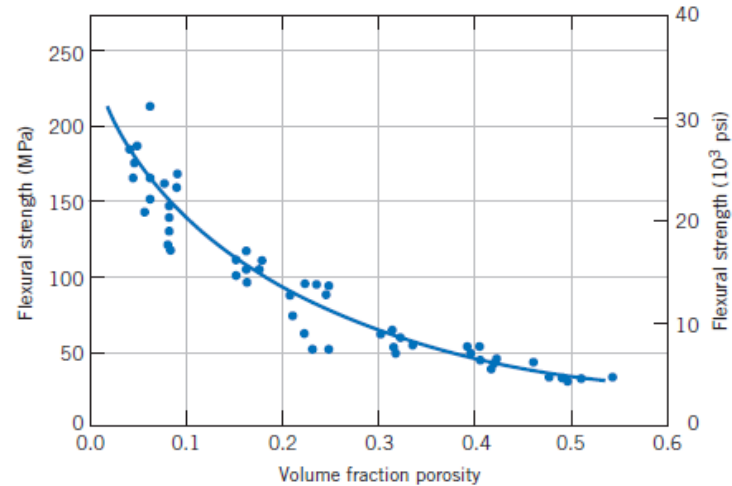


ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΖΗΤΗΜΑΤΑ

Επίδραση του πορώδους



Στην ελαστικότητα
του Al_2O_3



Στην αντοχή σε καμψη
του Al_2O_3

Σκληρότητα

Ερπυσμός

Με τον όρο «ερπυσμός» δηλώνεται η προοδευτική με την πάροδο του χρόνου παραμόρφωση (συστολή) του κεραμικού όταν υπόκειται σε σταθερή θλιπτική τάση. Οφείλεται κυρίως στη μετακίνηση των μορίων νερού στους πόρους του από θέσεις υψηλής πίεσης προς θέσεις μικρότερης πίεσης.