



Τμήμα Μηχανολόγων
Μηχανικών

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Τεχνολογία Υλικών II

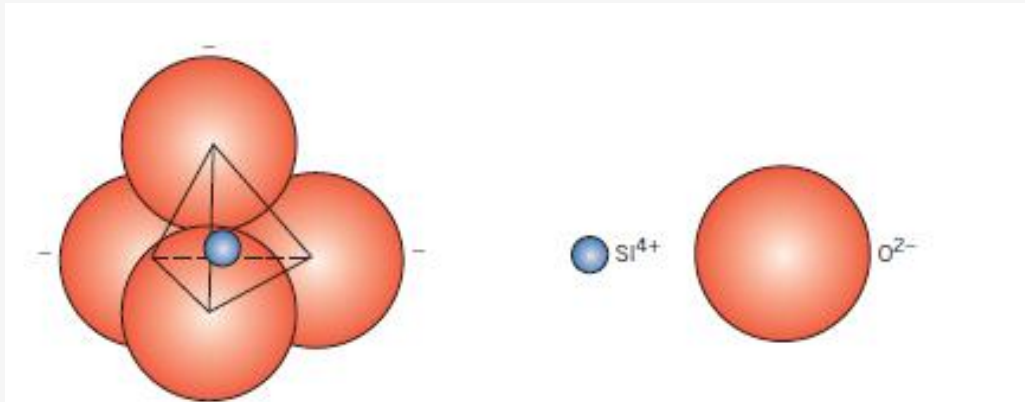
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Δρ. Σκλήρη Ευαγγελία

Πυριτικά Κεραμικά (silicates)

Τα **πυριτικά** είναι μια ομάδα υλικών που αποτελούνται κυρίως από πυρίτιο και οξυγόνο, τα πιο κοινά στοιχεία στο στερεό φλοιό της γης.

- Τα περισσότερα κεραμικά της φύσης είναι **πυριτικά**.
- Βασική δομική μονάδα: **τετραεδρικό ανιόν SiO_4^{4-}** .
- Συναντώνται σε **ορυκτά, γυαλιά, άργιλους και τσιμέντα**.



Το πυριτικό τετραέδρο SiO_4^{4-}

- Ένα Si^{4+} στο κέντρο και 4 O^{2-} στις κορυφές.
- Ισχυρός ομοιοπολικός δεσμός Si-O → μεγάλη σταθερότητα.
- Μπορεί να **μοιράζεται κορυφές οξυγόνου** με γειτονικά τετραέδρα.

Πυριτικά Κεραμικά (silicates)

Άσκηση:

Με βάση τον τύπο του δεσμού, να εξηγηθεί γιατί τα πυριτικά υλικά έχουν σχετικά χαμηλές πυκνότητες.

Απάντηση:

Τα πυριτικά υλικά αποτελούνται από τετραεδρικές μονάδες: SiO_4^{4-}

Οι δεσμοί Si–O είναι:

- Ισχυροί
- Κυρίως ομοιοπολικοί
- Κατευθυντικοί

Η κατευθυντικότητα των ομοιοπολικών δεσμών:

- Δεν επιτρέπει πυκνή συσκευασία
- Δημιουργεί ανοιχτό τρισδιάστατο δικτυωτό πλέγμα
- Αυξάνει τον ελεύθερο όγκο

Τα στοιχεία Si και O έχουν σχετικά μικρή ατομική μάζα.

Οξείδια κεραμικών - SiO_2

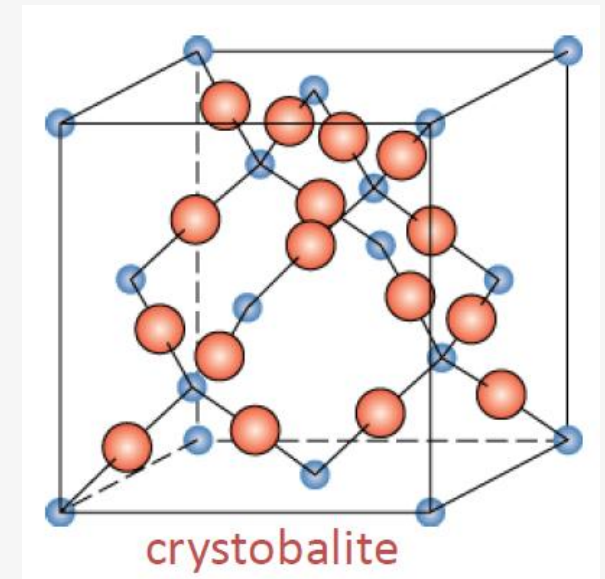
□ Η SiO_2 είναι κεραμικό οξείδιο και δομικά ανήκει στα πυριτικά υλικά με τρισδιάστατο δίκτυο SiO_4 .

□ SiO_2 (silica) εμφανίζει πολυμορφικές δομές:
χαλαζία, τριδυμίτης, κριστοβαλίτης.

- Τετραεδρικός συντονισμός Si-O (SiO_4)
- Κάθε O συνδέεται με δύο Si → τρισδιάστατο δικτυωτό πλέγμα
- Μετατροπές φάσεων με αύξηση θερμοκρασίας
- Υψηλό σημείο τήξης (~1710 °C) λόγω ισχυρού δεσμού Si-O
- Υψηλή χημική αντοχή και ψαθυρή μηχανική συμπεριφορά

□ Χρησιμοποιείται σε:

- γυαλί και οπτικές ίνες
- μικροηλεκτρονικά μονωτικά και κρυστάλλους χαλαζία
- κεραμικά, σκυρόδεμα, πυρίμαχα και καταλυτικούς φορείς



Υαλώδες SiO_2 (γυαλί)

□ Υαλώδες SiO_2 (γυαλί)

Άμορφη δομή χωρίς μακράς τάξης περιοδικότητα.

Τυχαίος προσανατολισμός τετραέδρων SiO_4 .

Δεν έχει σαφές σημείο τήξης

Ισοτροπικές ιδιότητες και καλή θερμική αντοχή σε θερμικό σοκ

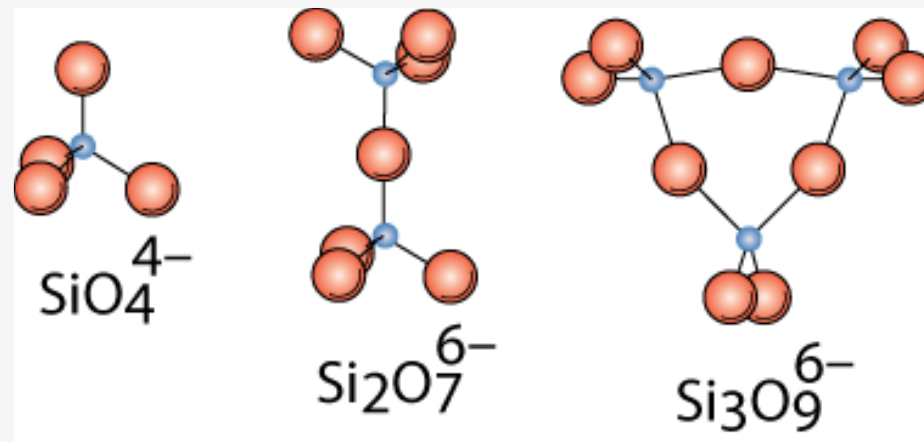
Το υαλώδες SiO_2 έχει ίδιες ιδιότητες προς όλες τις κατευθύνσεις και, επειδή διαστέλλεται λίγο και ομοιόμορφα, αντέχει καλύτερα σε απότομες μεταβολές θερμοκρασίας.

ίδια σύσταση \neq ίδιες ιδιότητες \rightarrow η δομή καθορίζει τις ιδιότητες

- Το κρυσταλλικό SiO_2 έχει περιοδική δομή και σαφές σημείο τήξης, ενώ το υαλώδες SiO_2 είναι άμορφο και μαλακώνει βαθμιαία με τη θερμοκρασία.

Πυριτικά Κεραμικά

Η σύνδεση των τετραέδρων SiO_4^{4-} με διαφορετικούς τρόπους οδηγεί σε **μεγάλη ποικιλία κρυσταλλικών δομών**.



Ρόλος κατιόντων (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+}):

1. Διατήρηση ηλεκτρικής ουδετερότητας
2. Σταθεροποίηση της σύνδεσης των τετραέδρων SiO_4
3. Τρόπος σύνδεσης $\text{SiO}_4 \rightarrow$ δομή \rightarrow ιδιότητες πυριτικών.

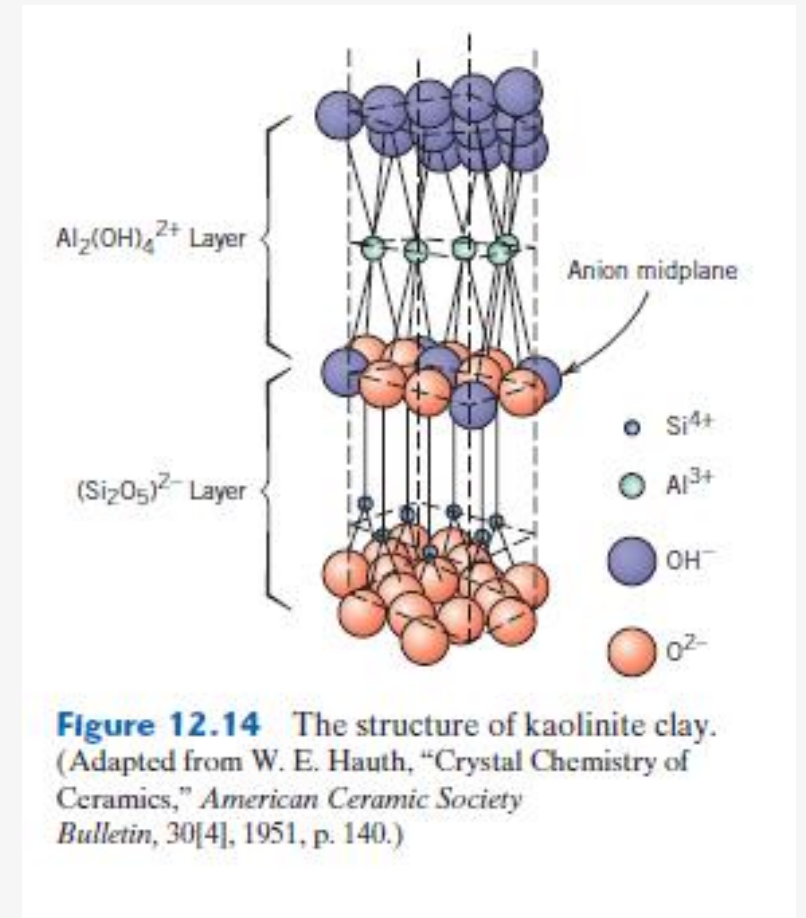
Πυριτικά Δομές Στοιβάδων

- ❑ Ο καολινίτης αποτελείται από εναλλασσόμενες στοιβάδες:
 - πυριτική στοιβάδα $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{2-}$
 - υδροξυλιωμένη στοιβάδα $\text{Al}_2(\text{OH})_4^{2+}$
- ❑ Οι στοιβάδες συγκρατούνται με ασθενείς δυνάμεις van der Waals.

Συνέπειες στη συμπεριφορά:

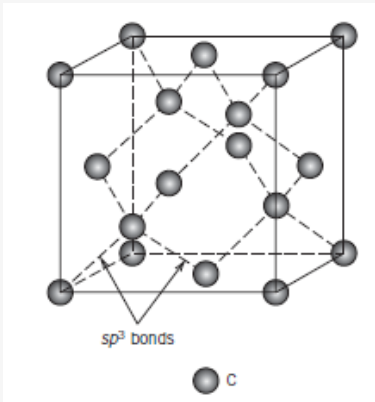
- Εύκολη ολίσθηση μεταξύ στοιβάδων
- Πλαστικότητα αργίλων πριν την θερμική κατεργασία
- Χαμηλή μηχανική αντοχή παράλληλα στις στοιβάδες

Δομή στοιβάδων → μακροσκοπικές ιδιότητες πηλών.



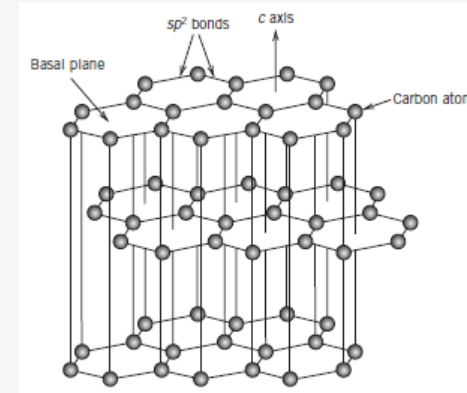
Άνθρακας: Διαμάντι και Γραφίτης

Διαμάντι (Diamond)



- Τετραεδρική τρισδιάστατη δομή sp^3 με ισχυρούς ομοιοπολικούς δεσμούς C–C.
- Κάθε άτομο C συνδέεται με 4 γειτονικά άτομα → πολύ άκαμπτο πλέγμα.
- Εξαιρετικά υψηλή σκληρότητα και υψηλή θερμική αγωγιμότητα.
- Ηλεκτρικός μονωτής λόγω έλλειψης ελεύθερων ηλεκτρονίων.

Γραφίτης (Graphite)



- Επίπεδες εξαγωνικές στοιβάδες sp^2 ατόμων C.
- Ισχυροί δεσμοί εντός στοιβάδων, ασθενείς van der Waals μεταξύ στοιβάδων.
- Εύκολη ολίσθηση στοιβάδων → μαλακό και λιπαντικό υλικό.
- Παρουσία ελεύθερων ηλεκτρονίων → καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα.

Ίδιο στοιχείο (C) αλλά διαφορετική κρυσταλλική δομή → εντελώς διαφορετικές ιδιότητες.

Φυσικές Ιδιότητες Κεραμικών

❑ Πυκνότητα

Συνήθως μικρότερη από τα μέταλλα και μεγαλύτερη από τα πολυμερή.

❑ Σημείο τήξης

Γενικά πολύ υψηλό λόγω ισχυρών ιοντικών/ομοιοπολικών δεσμών.

❑ Ηλεκτρική & θερμική αγωγιμότητα

Συνήθως χαμηλή → τα περισσότερα κεραμικά είναι μονωτές.

Υπάρχουν όμως προηγμένα κεραμικά με ηλεκτρονικές ιδιότητες.

❑ Θερμική διαστολή & ψαθυρότητα

Μικρότερη από των μετάλλων, αλλά η ψαθυρότητα μπορεί να οδηγήσει σε ρηγμάτωση λόγω θερμικών τάσεων.

Ατομικές Σημειακές Ατέλειες

❑ Τα κεραμικά είναι κυρίως ιοντικά στερεά.

Οι σημειακές ατέλειες πρέπει να διατηρούν ηλεκτρική ουδετερότητα.

Ως ηλεκτρική ουδετερότητα εννοείται η κατάσταση κατά την οποία υπάρχουν ισάριθμα αρνητικά και θετικά φορτία από τα ιόντα.

Οι ατέλειες επηρεάζουν:

- διάχυση ιόντων
- ηλεκτρική αγωγιμότητα
- μηχανικές και θερμικές ιδιότητες

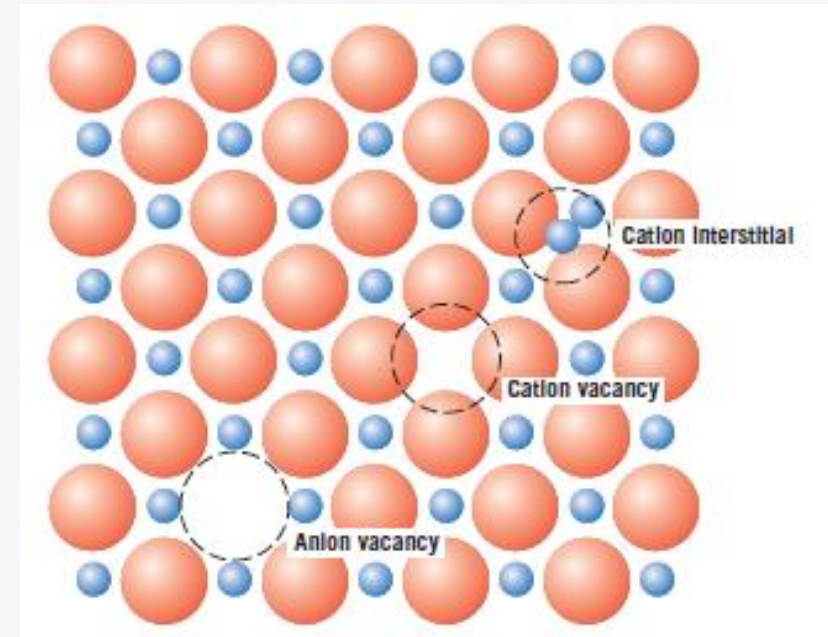
❑ Τύποι σημειακών ατελειών σε ιοντικά κεραμικά

1. Κενά θέσεων (vacancies)

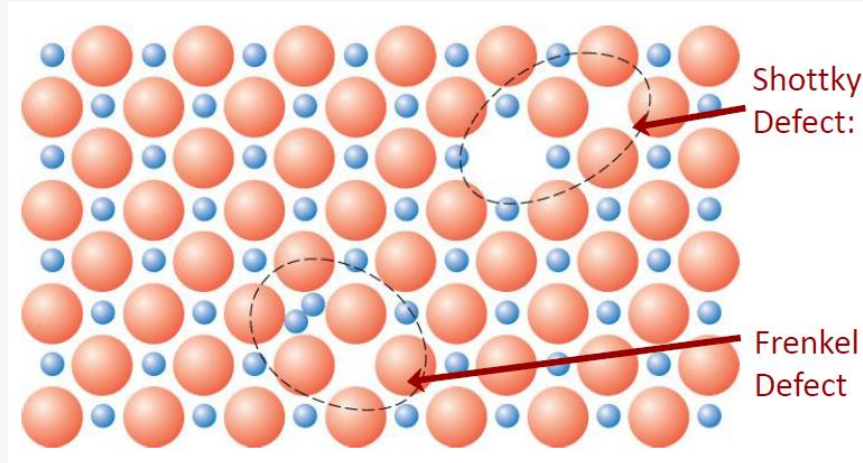
- Έλλειψη κατιόντος ή ανιόντος από το πλέγμα.
- Δημιουργούνται κατά τη θερμική διέγερση.
- Αυξάνουν τη διάχυση και την ιοντική αγωγιμότητα.

2. Μεσοπλεγματικά ιόντα (interstitials)

- Ιόντα σε μη κανονικές θέσεις του πλέγματος.
- Πιο σπάνια στα κεραμικά λόγω ισχυρών ιοντικών δεσμών.



Ατομικές Σημειακές Ατέλειες



Ατέλεια Schottky

- Ζεύγος κενών κατιόντος και ανιόντος.
- Διατηρείται η στοιχειομετρία και ουδετερότητα.
- Συνηθισμένη σε NaCl-τύπου κεραμικά.

Ατέλεια Frenkel

- Μετατόπιση κατιόντος σε μεσοπλεγματική θέση.
- Δημιουργείται:
 - 1 κενό κατιόντος
 - 1 μεσοπλεγματικό κατιόν
- Συνηθισμένη όταν τα κατιόντα είναι μικρά.

Άσκηση: Θα περιμένατε να υπάρχουν ατέλειες Frenkel για ανιόντα σε ιοντικά κεραμικά σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις; Ναι ή όχι και γιατί?

Ατέλειες Frenkel & Schottky – Συγκέντρωση Ισορροπίας

Συγκέντρωση ατελειών Frenkel

- Ο αριθμός ατελειών **Frenkel** εξαρτάται από τη θερμοκρασία.
- Δίνεται από τη σχέση:

$$N_f = N \exp\left(-\frac{Q_f}{2kT}\right)$$

όπου:

N = συνολικός αριθμός θέσεων πλέγματος

Q_f = ενέργεια σχηματισμού ατέλειας Frenkel

k = σταθερά Boltzmann

T = απόλυτη θερμοκρασία

Συγκέντρωση ατελειών Schottky

$$N_s = N \exp\left(-\frac{Q_s}{2kT}\right)$$

όπου:

N_s = αριθμός ατελειών Schottky

N = συνολικός αριθμός πλεγματικών θέσεων

Q_s = ενέργεια σχηματισμού

k = Boltzmann

T = θερμοκρασία

- Οι σημειακές ατέλειες στα κεραμικά είναι θερμοδυναμικά ελεγχόμενες.
- Υψηλότερη θερμοκρασία \Rightarrow περισσότερες ατέλειες \Rightarrow μεγαλύτερη διάχυση.

Ατομικές Σημειακές Ατέλειες

Άσκηση: Θα περιμένατε να υπάρχουν ατέλειες Frenkel για ανιόντα σε ιοντικά κεραμικά σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις;

Γιατί ή γιατί όχι

Οι ατέλειες Frenkel απαιτούν το ιόν να μετακινηθεί από κανονική θέση σε ενδοπλεγματική θέση.

Τα ανιόντα στα κεραμικά:

- έχουν μεγαλύτερη ιοντική ακτίνα από τα κατιόντα
- χωράνε δύσκολα στις μικρές ενδοπλεγματικές θέσεις

Οι Frenkel ατέλειες εμφανίζονται κυρίως στα κατιόντα, επειδή τα μεγάλα ανιόντα δεν χωρούν εύκολα σε ενδοπλεγματικές θέσεις.

Άσκηση: Μπορούν να υπάρξουν ατέλειες Schottky στο K_2O ; Εάν όχι περιγράψτε τον τύπο τους. Εάν όχι εξηγήστε τον λόγο.

Ατομικές Σημειακές Ατέλειες

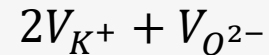
Άσκηση: Μπορούν να υπάρξουν ατέλειες Schottky στο K_2O ; Εάν όχι περιγράψτε τον τύπο τους. Εάν όχι εξηγήστε τον λόγο.

Απάντηση: Ατέλεια Schottky \rightarrow Ζεύγος κενών κατιόντος και ανιόντος.

Αν αφαιρεθεί 1 O^{2-} \rightarrow αφαιρείται -2 φορτίο

Για να διατηρηθεί ουδετερότητα πρέπει να αφαιρεθούν 2 K^+ \rightarrow αφαιρείται $+2$ φορτίο

Άρα:



Άσκηση: Μπορούν να υπάρξουν ατέλειες Schottky στο CaF_2 ; Αν ναι, να περιγράψετε τον τύπο τους.

Ατομικές Σημειακές Ατέλειες

Άσκηση: Μπορούν να υπάρξουν ατέλειες Schottky στο CaF_2 ; Αν ναι, να περιγράψετε τον τύπο τους.

Απάντηση:

Μπορούν να υπάρχουν ατέλειες Schottky αλλά πρέπει να διατηρείται η ηλεκτρική ουδετερότητα και η στοιχειομετρία (1:2).

Αν αφαιρεθεί ένα Ca^{2+} πρέπει να αφαιρεθούν 2F^- .

Τύπος ατέλειας Schottky στο CaF_2 :

- Ένα κενό κατιόντος Ca^{2+}
- Δύο κενά ανιόντων F^-

Άσκηση: Υπολογίστε το κλάσμα των πλεγματικών θέσεων που αποδίδεται σε ατέλειες Schottky, για το NaCl στη θερμοκρασία τήξης του (801°C). Θεωρήστε ότι η ενέργεια σχηματισμού είναι 2.3 eV .

Δίνεται $k_{\text{(Boltzmann)}} = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$

Ατομικές Σημειακές Ατέλειες

Άσκηση: Υπολογίστε το κλάσμα των πλεγματικών θέσεων που αποδίδεται σε ατέλειες Schottky, για το NaCl στη θερμοκρασία τήξης του (801°C). Θεωρήστε ότι η ενέργεια σχηματισμού είναι 2.3 eV.

Δίνεται $k_{\text{(Boltzmann)}} = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$

$$N_s = N \exp\left(-\frac{Q_s}{2kT}\right)$$

$$Q_s = 2.3 \text{ eV}$$

$$T = 801^\circ\text{C} = 1074 \text{ K}$$

$$k = 8.617 \times 10^{-5} \text{ eV/K}$$

$$\frac{Q_s}{2kT} = \frac{2.3}{2(8.617 \times 10^{-5}) \times 1074} = \frac{2.3}{0.185} = 12.43$$

Άρα:

$$\frac{N_s}{N} = e^{-12.43} = 4 \times 10^{-6}$$

Μη στοιχειομετρία σε οξείδια μετάλλων (FeO)

Σε ορισμένα κεραμικά εμφανίζονται δύο καταστάσεις οξείδωσης του ίδιου ιόντος.

Παράδειγμα: FeO (wüstite) με:

- Fe^{2+}
- Fe^{3+}

Οι συγκεντρώσεις τους εξαρτώνται από:

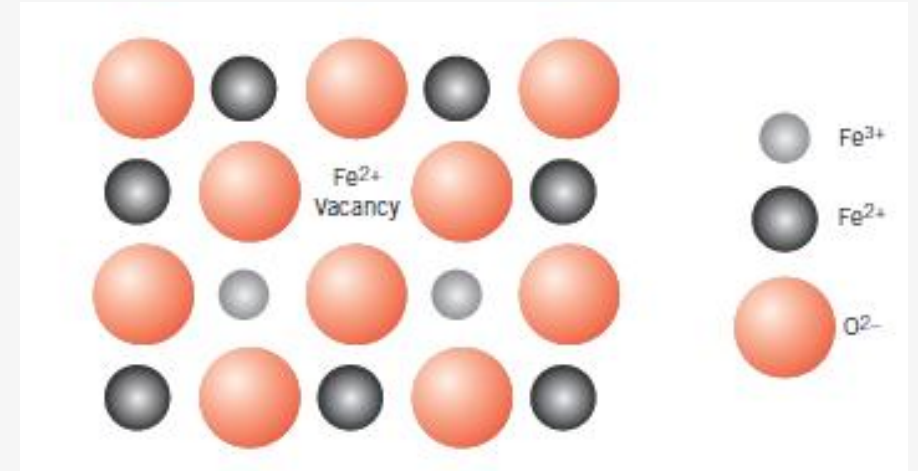
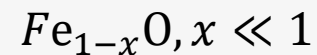
- θερμοκρασία
- μερική πίεση οξυγόνου.

Διαταραχή ηλεκτρικής ουδετερότητας

- Η δημιουργία Fe^{3+} εισάγει περίσσεια θετικού φορτίου (+1).
- Η ουδετερότητα αποκαθίσταται με:
 - κενά κατιόντων Fe^{2+}
 - Δηλαδή: δημιουργία κατιοντικών κενών.

Συνέπεια: μη στοιχειομετρική σύσταση

- Ο κρύσταλλος παραμένει ηλεκτρικά ουδέτερος, αλλά δεν είναι στοιχειομετρικός.
- Η σύσταση γράφεται:



Ατομικές Σημειακές Ατέλειες

Άσκηση:

Αν το οξείδιο του χαλκού(II) (CuO) εκτεθεί σε αναγωγική ατμόσφαιρα σε υψηλές θερμοκρασίες, μερικά ιόντα Cu^{2+} θα γίνουν Cu^+ .

(a) Υπό αυτές τις συνθήκες, ονομάστε ένα κρυσταλλικό ελάττωμα που θα αναμένατε να σχηματιστεί για να διατηρηθεί η ηλεκτρική ουδετερότητα.

(b) Πόσα ιόντα Cu^+ απαιτούνται για τη δημιουργία κάθε τέτοιου ελαττώματος;

(c) Πώς θα γράφατε τον χημικό τύπο αυτού του μη στοιχειομετρικού υλικού;

Ατομικές Σημειακές Ατέλειες

Απάντηση:

(a) Όταν $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^+$, το κατιόν “χάνει” +1 θετικό φορτίο (από +2 γίνεται +1).

Για να μη μείνει το κρύσταλλο “πιο αρνητικό”, πρέπει να δημιουργηθεί ένα ελάττωμα που προσθέτει + αποτελεσματικό φορτίο.

Για ηλεκτρική ουδετερότητα \rightarrow κενή θέση κατιόντος χαλκού Cu^{2+} .

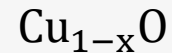
(b) Μια κενή θέση Cu^{2+} σημαίνει ότι φεύγει ένα κατιόν που κανονικά θα είχε φορτίο +2.

Κάθε μετατροπή $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^+$ μειώνει το θετικό φορτίο κατά 1.

Άρα, για να έχουμε ηλεκτρική ουδετερότητα χρειαζόμαστε 2 ιόντα Cu^+ (δηλαδή 2 μετατροπές $\text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^+$) ανά 1 κενή θέση Cu^{2+} .

(c) Αν ένα κλάσμα x των θέσεων Cu που λείπει (δηλαδή έχουμε **κενές θέσεις κατιόντος**), τότε τα Cu είναι λιγότερα από 1 ανά O.

Ο τύπος γράφεται:



Προσμίξεις στα Κεραμικά

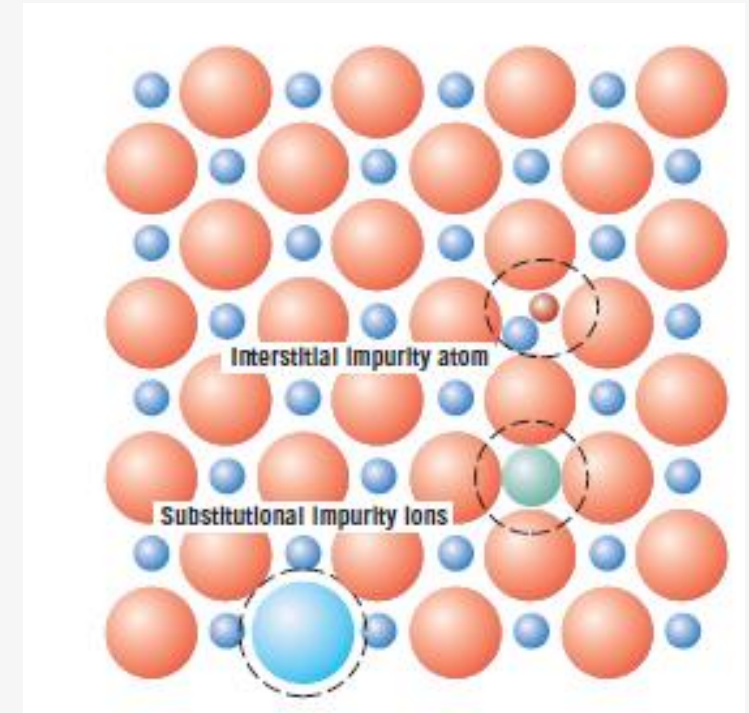
❑ Προσμίξεις στα κεραμικά (Impurities in Ceramics)

- Τα άτομα προσμείξεων μπορούν να σχηματίσουν στερεά διαλύματα σε κεραμικά, όπως και στα μέταλλα.
- Είναι δυνατοί δύο βασικοί τύποι:
 - Υποκατάστασης (substitutional)
 - ανιόν με ανιόν, κατιόν με κατιόν
 - Παρεμβολικές / μεσοπλεγματικές (interstitial).
 - η ιοντική ακτίνα πρέπει να είναι πολύ μικρότερη από του ανιόντος.

❑ Αντικατάσταση φορτίου

Όταν το φορτίο της πρόσμειξης διαφέρει από του ιόντος που αντικαθιστά τότε το κρυσταλλικό πλέγμα πρέπει να διατηρήσει ηλεκτρική ουδετερότητα.

- Αυτό επιτυγχάνεται με δημιουργία:
 - κενών κατιόντων ή ανιόντων
 - μεσοπλεγματικών ιόντων
 - άλλων ατελειών πλέγματος.



Προσμίξεις στα Κεραμικά

Άσκηση: Ποιες σημειακές ατέλειες είναι πιθανό να σχηματιστούν στο NaCl, όταν ένα ιόν Ca^{2+} αντικαθιστά ένα ιόν Na^{2+} ; Πόσες από αυτές τις ατέλειες υπάρχουν για κάθε ιόν Ca^{2+} ;

Απάντηση:

Na^{1+}

Ca^{2+}

Επομένως όταν ένα ιόν Ca^{2+} αντικαθιστά ένα ιόν Na^{+} προστίθεται +1 θετικό φορτίο.

Όμως το πλέγμα πρέπει να διατηρήσει την ηλεκτρική ουδετερότητα άρα πρέπει να φύγει ένα Na_+ δηλαδή να δημιουργήσει ένα κενό κατιόντος.

Για κάθε 1 Ca^{2+} δημιουργείται 1 κενό Na^{+}

Διάχυση σε Ιοντικά Υλικά

- ❑ Η διάχυση σε ιοντικά στερεά είναι πιο σύνθετη από τα μέταλλα, επειδή διαχέονται δύο είδη ιόντων με αντίθετα φορτία.

Συνήθως πραγματοποιείται μέσω μηχανισμού κενών (vacancy diffusion).

Για διατήρηση ηλεκτρικής ουδετερότητας:

- τα κενά δημιουργούνται σε ζεύγη (Schottky)
- εμφανίζονται σε μη στοιχειομετρικές ενώσεις
- προκύπτουν από προσμείξεις διαφορετικού σθένους.

❑ Ηλεκτρικό πεδίο και αγωγιμότητα

- Εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο προκαλεί μετανάστευση ιόντων.
- Δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα σε ιοντικά στερεά.
- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σχετίζεται με τον συντελεστή διάχυσης.
- Πολλά δεδομένα διάχυσης προέρχονται από μετρήσεις αγωγιμότητας.

Διαγράμματα Φασέων Κεραμικών

❑ **Φάση** : Ομοιογενές τμήμα υλικού με ίδια χημική σύσταση, ίδια κρυσταλλική δομή και ίδιες φυσικές ιδιότητες.

❑ **Σύσταση**

Στα διμερή συστήματα (A–B):

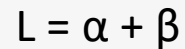
•wt% (κατά βάρος)

•mol% (κατά mol)

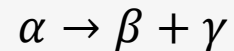
30 wt% Al_2O_3 → 30 g Al_2O_3 σε 100 g συνολικού μίγματος

❑ **Στερεό Διάλυμα** είναι ένα ομογενές στερεό υλικό, όπου άτομα ενός στοιχείου έχουν «μπει» μέσα στο κρυσταλλικό πλέγμα ενός άλλου, χωρίς να δημιουργείται δεύτερη φάση.

❑ **Ευτηκτικό σημείο** : Ένα υγρό μετατρέπεται ταυτόχρονα σε δύο στερεές φάσεις στη χαμηλότερη δυνατή θερμοκρασία.



❑ **Ευτηκτοειδής αντίδραση** είναι η ισοθερμική μετατροπή κατά την οποία: μία στερεή φάση διασπάται ταυτόχρονα σε δύο διαφορετικές στερεές φάσεις σε συγκεκριμένη σύσταση και θερμοκρασία.



Διαγράμματα Φασέων Κεραμικών

- ❑ Τα διαγράμματα φάσεων έχουν καθοριστεί για πολλά κεραμικά συστήματα.
- ❑ Δείχνουν ποιες φάσεις υπάρχουν σε ένα σύστημα υλικών ανάλογα με:
 - τη **θερμοκρασία**
 - τη **σύσταση (ποσοστό συστατικών)**

Από το διάγραμμα βρίσκουμε:

- Αν το υλικό είναι στερεό, υγρό ή μίγμα φάσεων
- Ποια κρυσταλλική ένωση σχηματίζεται άρα την δομή του υλικού
- θερμοκρασία τήξης
- ευτηκτικά σημεία
- θερμοκρασίες μετασχηματισμού

Τα κεραμικά:

- Έχουν περιορισμένη διαλυτότητα
- Σχηματίζουν ενδιάμεσες ενώσεις (spinel, mullite)
- Παρουσιάζουν ευτηκτικές αντιδράσεις

Αναμειγνύεις 2 κεραμικά για να:

- βελτιώσεις ιδιότητες
- δημιουργήσεις νέα φάση
- μειώσεις θερμοκρασία κατεργασίας
- ελέγξεις μικροδομή
- σταθεροποιήσεις δομή

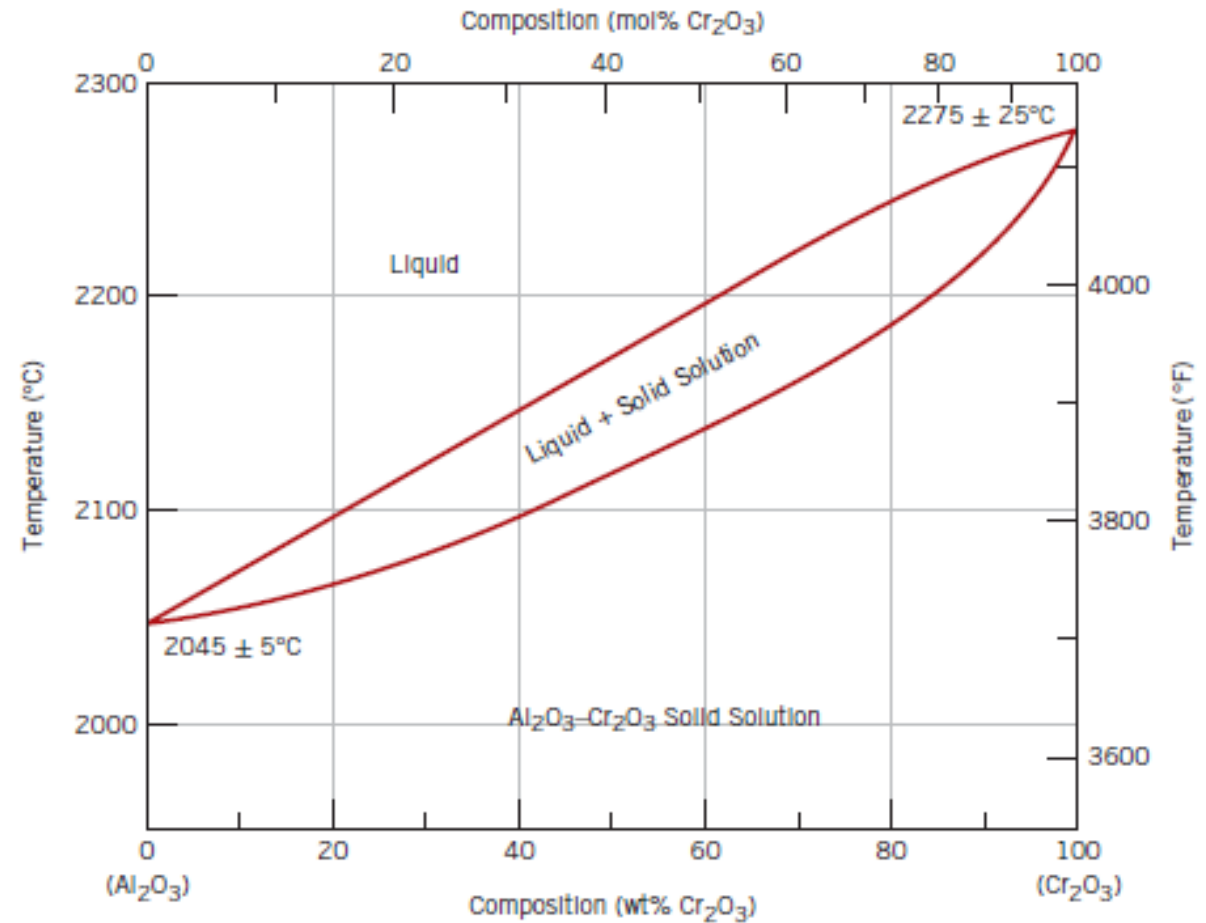
Διαγράμματα Φασέων Κεραμικών

Σύστημα $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Cr}_2\text{O}_3$

- Παρουσιάζει ισομορφικό διάγραμμα (ίδια δομή, παρόμοιο μέγεθος ιόντων και ίδιο φορτίο)
- Al^{3+} μπορεί να αντικατασταθεί από Cr^{3+} στο ίδιο πλέγμα.
- Τα δύο συστατικά μπορούν να αναμειχθούν πλήρως στο στερεό για όλες τις αναλογίες σύνθεσης, σχηματίζοντας μία μόνο στερεή φάση.
- Υπάρχει μία στερεή φάση για όλες τις συνθέσεις κάτω από την τήξη.

Σημεία τήξης στα άκρα

- Al_2O_3 : $\sim 2045^\circ\text{C}$
- Cr_2O_3 : $\sim 2275^\circ\text{C}$



Διαγράμματα Φασέων Κεραμικών

Το σύστημα $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ είναι θεμελιώδες για τα πυρίμαχα κεραμικά και τα υλικά υψηλής θερμοκρασίας.

Τα δύο οξείδια αποτελούν βασικά συστατικά πολλών βιομηχανικών κεραμικών.

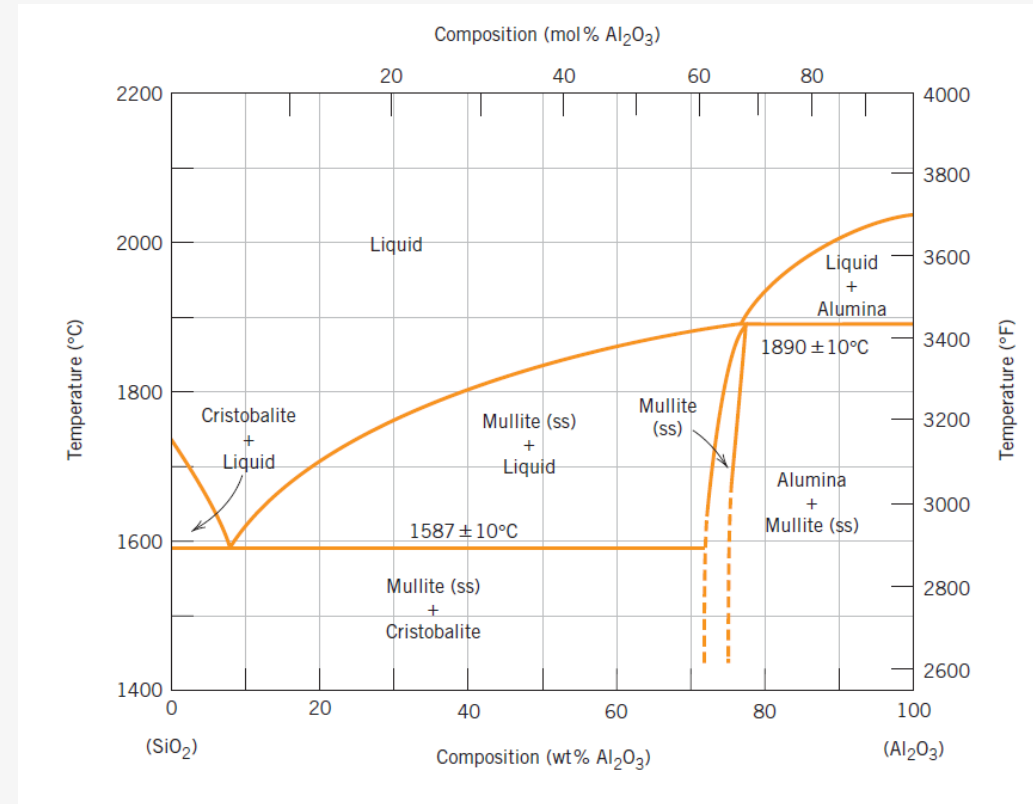
SiO_2 και Al_2O_3 δεν παρουσιάζουν αμοιβαία διαλυτότητα στα άκρα του διαγράμματος.

Δεν υπάρχουν τερματικά στερεά διαλύματα.

- Σχηματίζεται η ένωση mullite ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$).
- Εμφανίζεται ως στενή περιοχή φάσης στο διάγραμμα.
- Η mullite:
 - έχει υψηλή θερμική σταθερότητα
 - χρησιμοποιείται ευρέως σε πυρίμαχα υλικά.

Υπάρχει ένα ευτηκτικό σημείο:

- 1587 °C
- περίπου 7.7 wt% Al_2O_3 .
- Εκεί το υγρό στερεοποιείται ταυτόχρονα σε cristobalite + mullite.
- 1890 °C -> δεν λιώνει απευθείας σε υγρό αλλά διασπάται σε υγρό + άλλη στερεή φάση

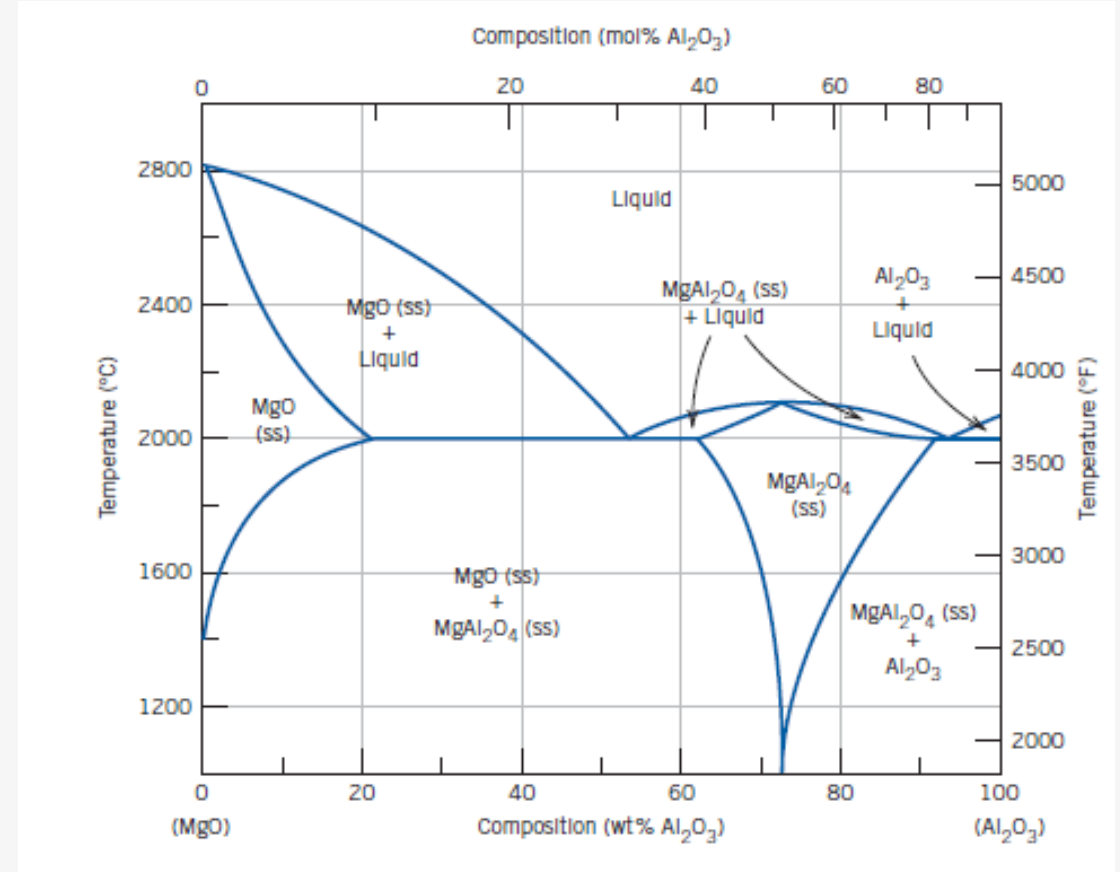


Cristobalite : στερεό SiO_2

Διαγράμματα Φασέων Κεραμικών

Σύστημα MgO – Al₂O₃

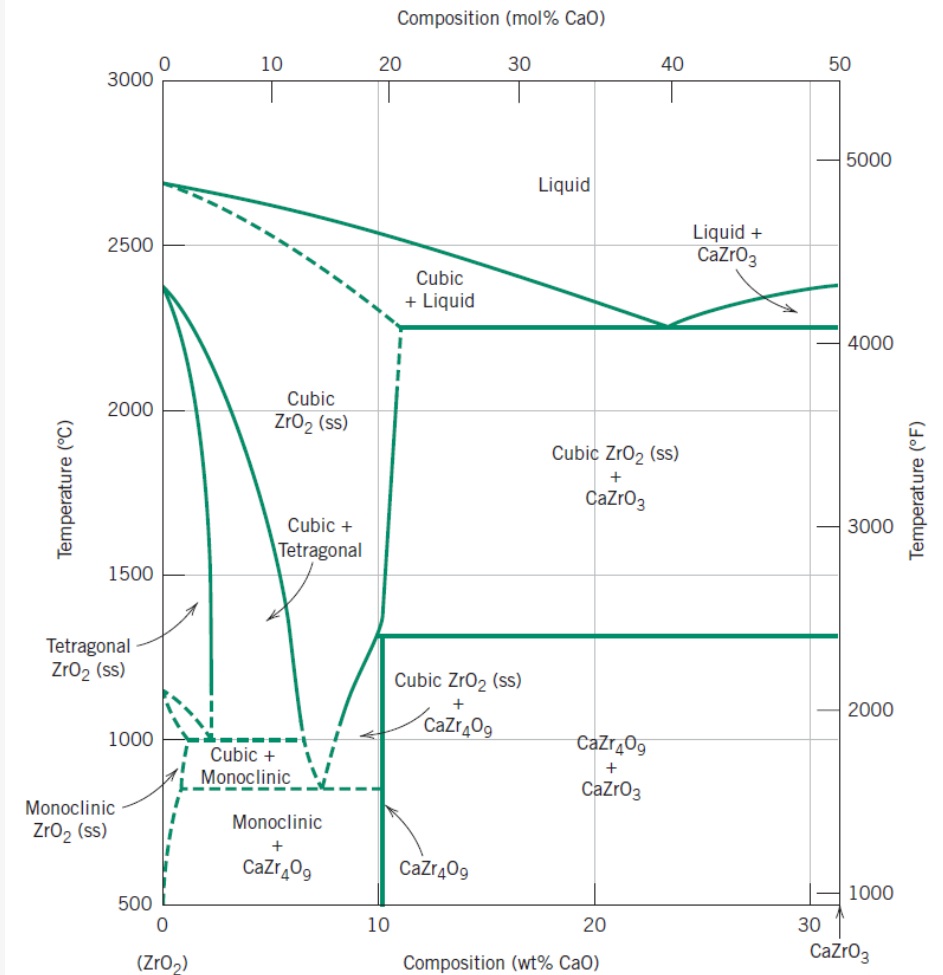
- Λίγο Al₂O₃ διαλύεται στο MgO → περιοχή MgO (ss)
- Εμφανίζεται ενδιάμεση ένωση spinel (MgAl₂O₄)- νέο κρυσταλλικό υλικό
- Το spinel υπάρχει σε εύρος ποσοστών Al₂O₃. (solid solution)
- Υπάρχουν ευτηκτικές αντιδράσεις.
Liquid → MgO + MgAl₂O₄
- Το στοιχειομετρικό spinel τήκεται περίπου στους 2100 °C.



Διαγράμματα Φασέων Κεραμικών

Ασκήσεις:

Για το σύστημα ZrO_2 -CaO, γράψτε όλες τις ευτηκτικές και ευτηκτοειδής αντιδράσεις κατά την ψύξη.



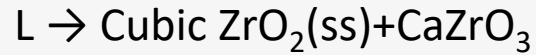
Διαγράμματα Φασέων Κεραμικών

Ασκήσεις:

Για το σύστημα ZrO_2 -CaO, γράψτε όλες τις ευτηκτικές και ευτηκτοειδής αντιδράσεις κατά την ψύξη.

Απάντηση:

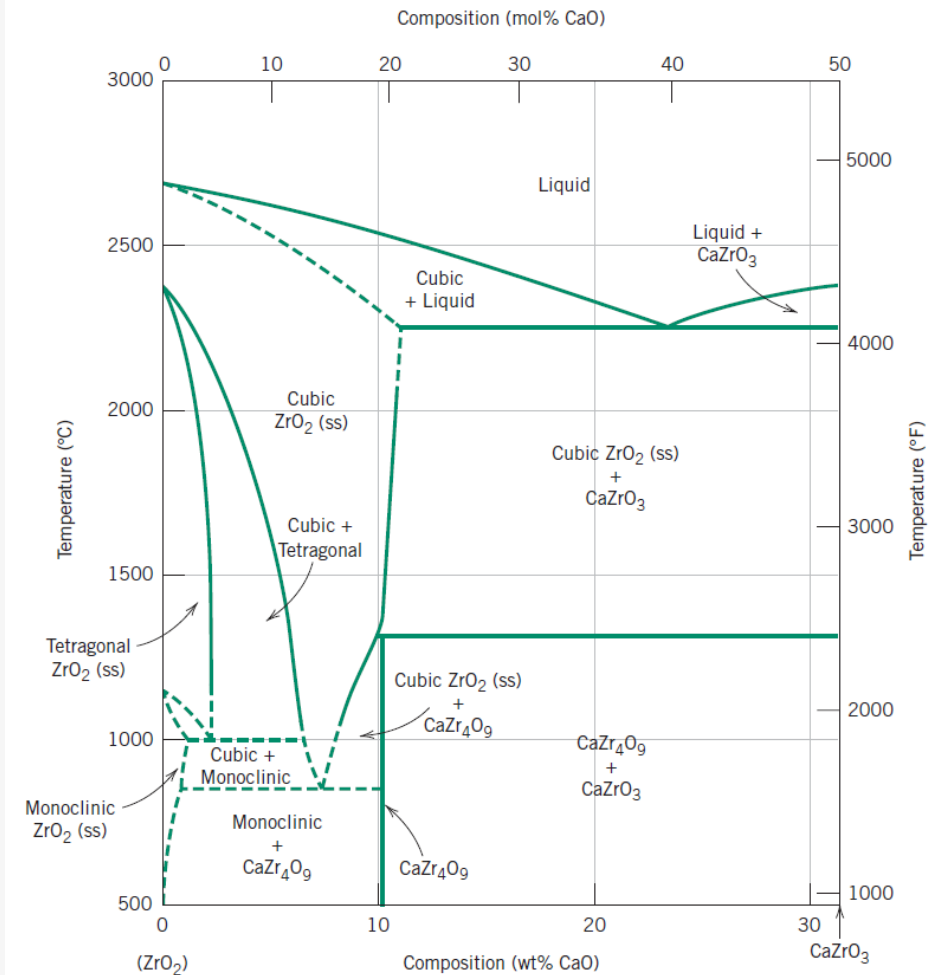
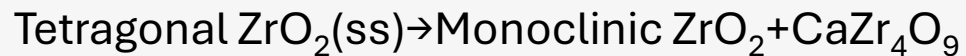
▪ Ευτηκτική αντίδραση



Θερμοκρασία : 2250 °C

Σύσταση : 25 wt% CaO

▪ Ευτηκτοειδής αντίδραση



Ευχαριστώ για την προσοχή σας!