

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΜΠ
ΤΟΜΕΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ (Ι)
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΑΝΟΡΓΑΝΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΤΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ



ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΥΨΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ
ΑΣΚΗΣΕΙΣ

8ο Εξάμηνο Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ

Γ. Κακάλη
Αν. Καθ. ΕΜΠ

Αθήνα, 2009

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 1

Υπολογείστε τους βαθμούς ελευθερίας στα παρακάτω συστήματα

- ✓ α-quartz και β-quartz σε ισορροπία στη θερμοκρασία μετατροπής
- ✓ μονοκλινής ζirkονία (ZrO_2) σε θερμοκρασία περιβάλλοντος
- ✓ πάγος και υδρατμοί σε ισορροπία

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 2

Σε ένα σύστημα συνυπάρχουν οι παρακάτω φάσεις:

Cordierite ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$)

Mullite ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)

Fosterite ($2\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$)

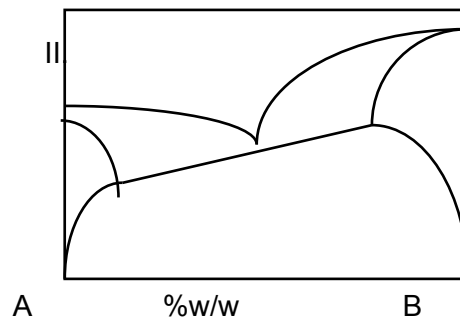
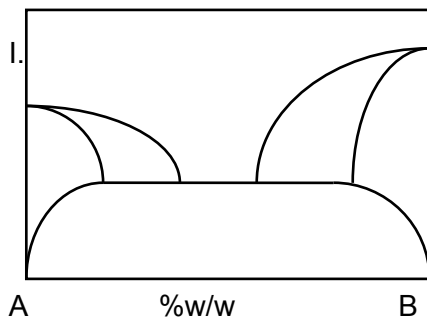
Protoenstatite ($\text{MgO} \cdot \text{SiO}_2$)

Periclase (MgO)

- i) ποια είναι τα συστατικά του συστήματος
- ii) είναι δυνατόν να συνυπάρχουν όλες οι παραπάνω φάσεις σε κατάσταση ισορροπίας;

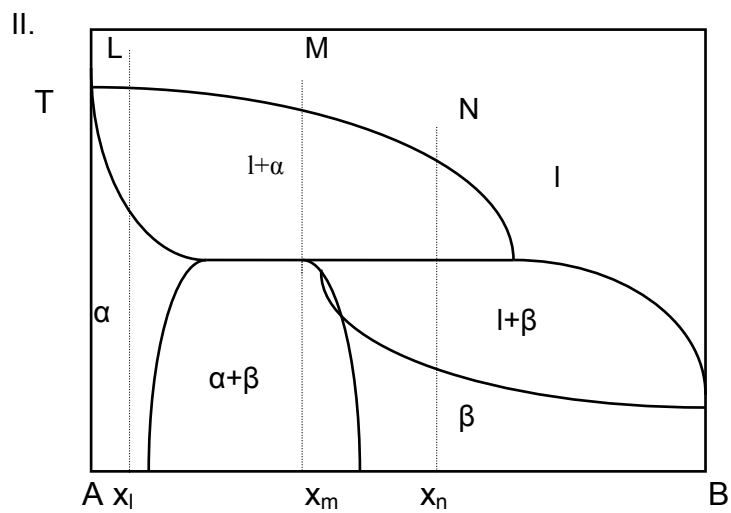
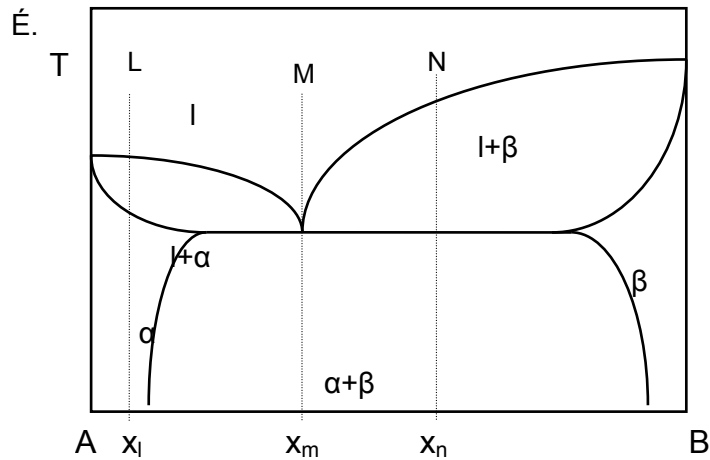
ΠΡΟΒΛΗΜΑ 3

Είναι δυνατόν να έχουμε διαγράμματα φάσεων της παρακάτω μορφής; Αιτιολογείστε την απάντηση.



ΠΡΟΒΛΗΜΑ 4

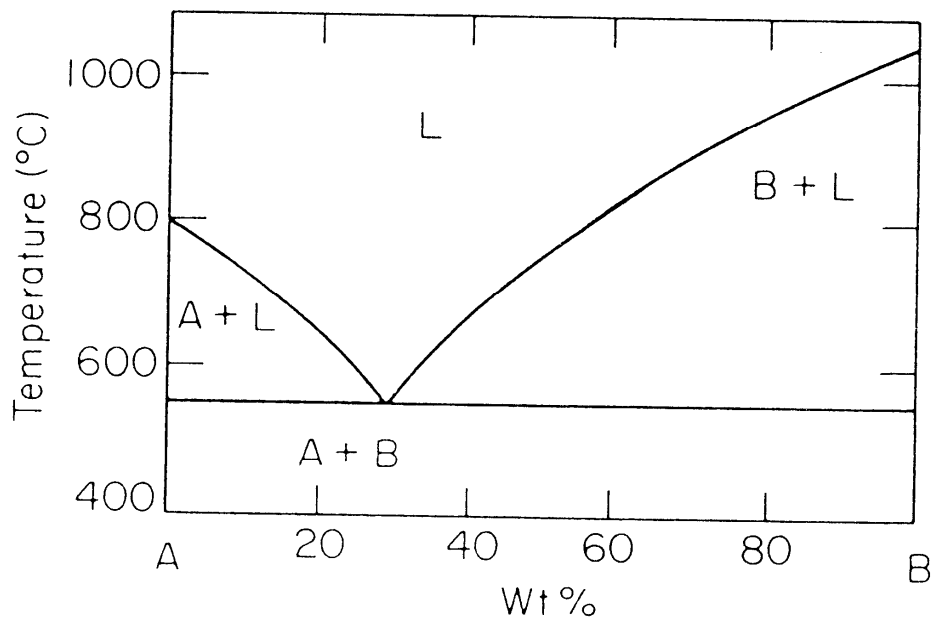
Στο παρακάτω διάγραμμα φάσεων περιγράψτε τις μετατροπές φάσεων που παρατηρούνται κατά την ψύξη τηγμάτων L, M και N με σύσταση αντίστοιχα x_l , x_m και x_n . Υπολογίστε την αναλογία και τη σύσταση των φάσεων πριν και μετά από κάθε μετασχηματισμό.



ΠΡΟΒΛΗΜΑ 5

Στο διμερές σύστημα του Σχήματος 1, υπολογίστε τα παρακάτω:

- ✓ τη θερμοκρασία στην οποία 30% κ.β. κρυσταλλικού B είναι σε ισορροπία με τήγμα σύστασης 60% κ.β. B και 40% κ.β. A
- ✓ τη συνολική σύσταση του παραπάνω υλικού
- ✓ σχεδιάστε τη μικροδομή του παραπάνω υλικού
- ✓ σχεδιάστε τη μικροδομή του παραπάνω υλικού μετά από ψύξη σε 500° C.

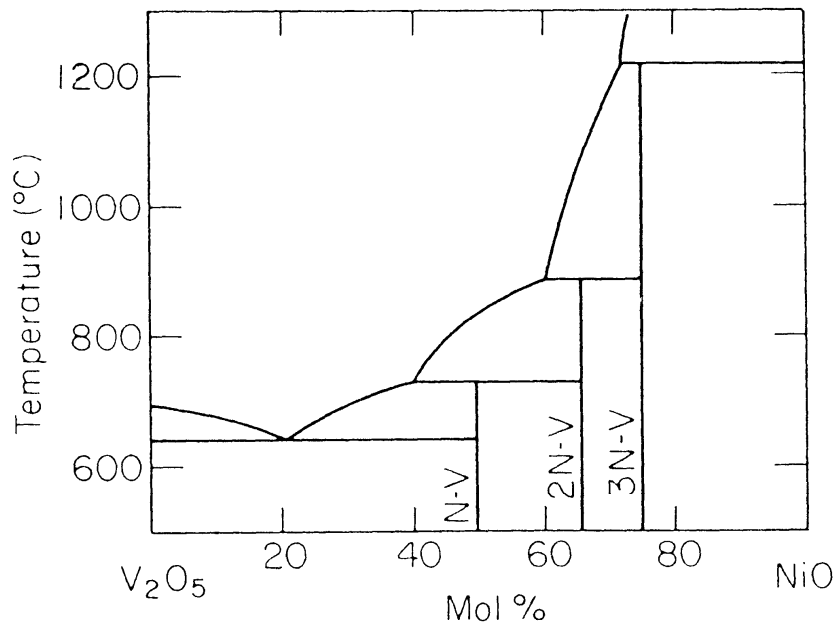


Σχήμα 1. Διάγραμμα φάσεων διμερούς συστήματος A-B

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 6

Δίνεται το διάγραμμα φάσεων $V_2O_5 - NiO$ (Σχήμα 2)

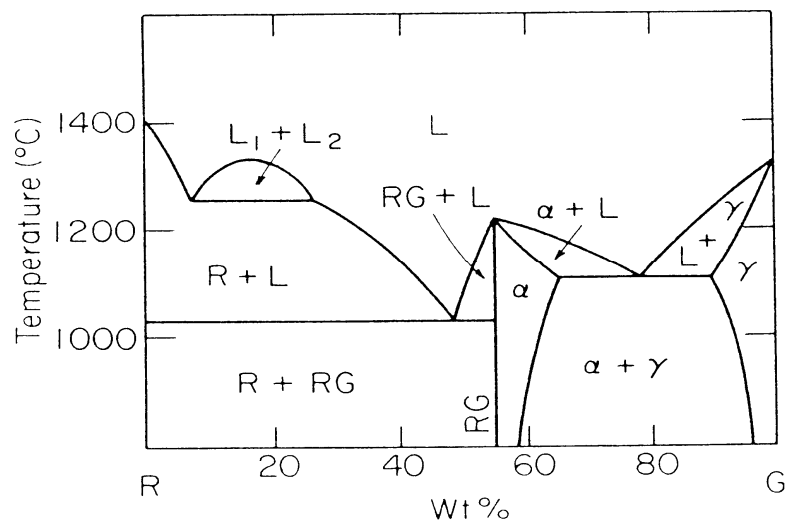
- ✓ σημειώστε τις φάσεις σε όλες τις περιοχές του διαγράμματος
- ✓ περιγράψτε τους μετασχηματισμούς φάσεων κατά την ψύξη τήγματος με σύσταση 45% mol NiO και 55% mol V_2O_5
- ✓ υπολογίστε το ποσοστό και τη σύσταση των φάσεων πριν και μετά από κάθε μετασχηματισμό



Σχήμα 2: Διάγραμμα φάσεων $V_2O_5 - NiO$

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 7

Δίνεται το διάγραμμα φάσεων του συστήματος $R - G$ (Σχήμα 3). Περιγράψτε τους μετασχηματισμούς των φάσεων που συμβαίνουν κατά την ψύξη τήγματος 20% κ.β. G και 80% κ.β. R .



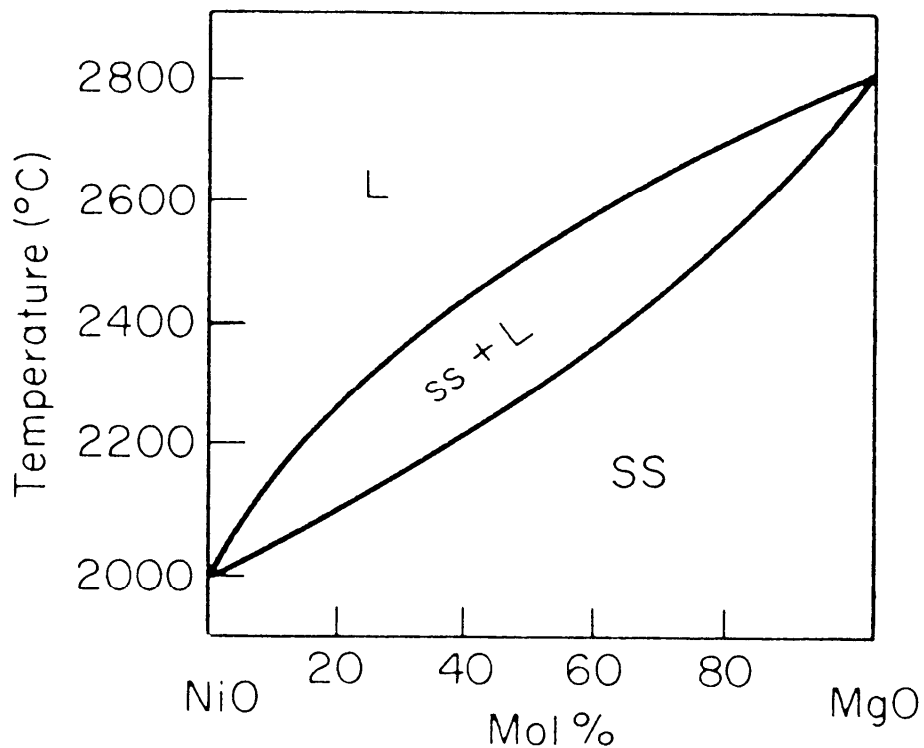
Σχήμα 3: Διάγραμμα φάσεων $R - G$

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 8

Ενα τήγμα με σύσταση 70% κ.β. G και 30% κ.β. R, ψύχεται στους 900⁰ C (Σχήμα 3). Υπολογείστε το ποσοστό και τη σύσταση των φάσεων που συνυπάρχουν στην τελική θερμοκρασία.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 9

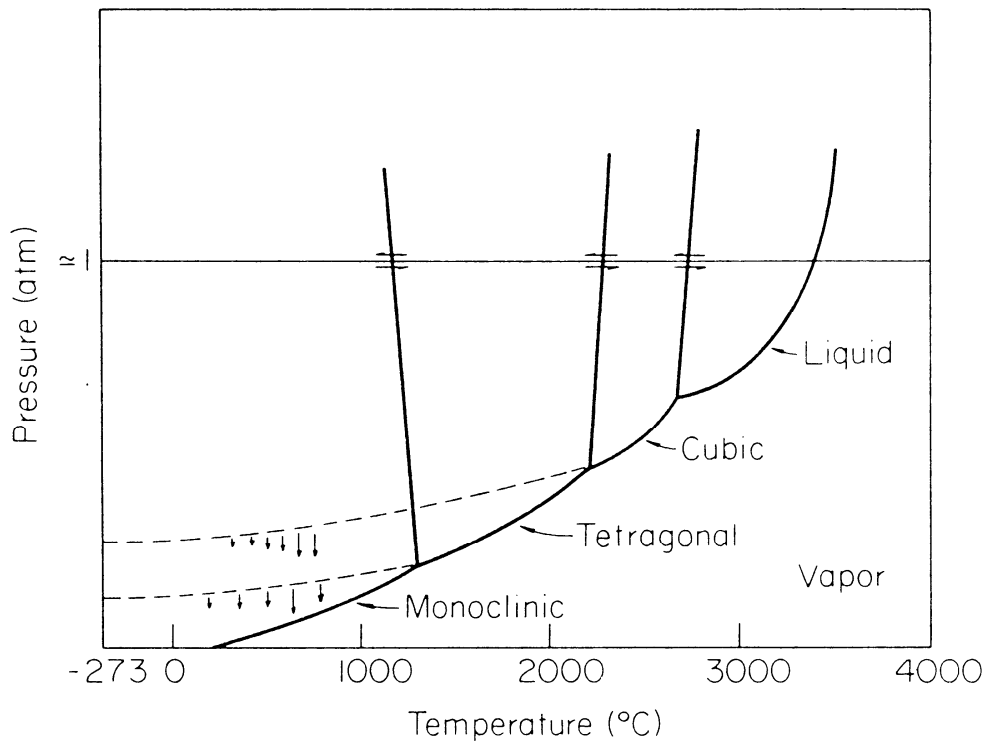
Στο σύστημα NiO – MgO περιγράψτε τους μετασχηματισμούς των φάσεων που συμβαίνουν κατά την ψύξη τήγματος με σύσταση 70% mol MgO και 30% mol NiO. Σχολιάστε τις μεταβολές στα ποσοστά και τη σύσταση των φάσεων κατά την ψύξη, (Σχήμα 4).



Σχήμα 4: Διάγραμμα φάσεων NiO – MgO

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 10

Εφαρμόστε τον κανόνα των φάσεων σε χαρακτηριστικά σημεία του διαγράμματος φάσεων του ZrO_2 (Σχήμα 5)



Σχήμα 5: Διάγραμμα φάσεων ZrO_2

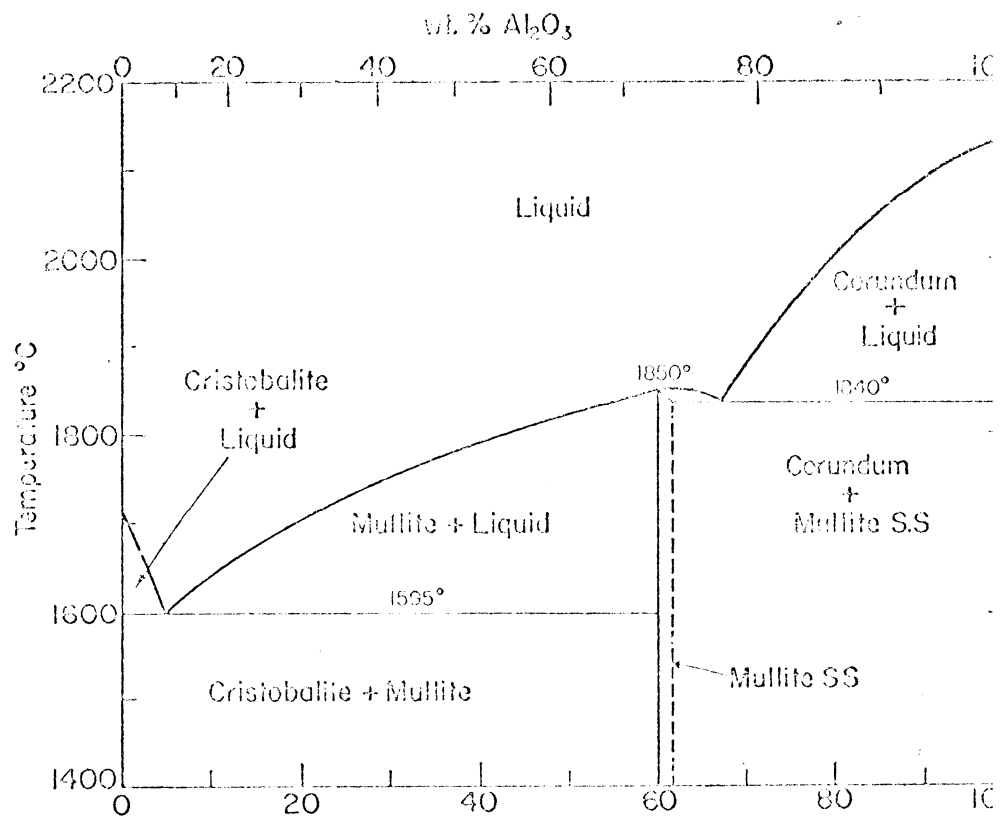
ΠΡΟΒΛΗΜΑ 11

Εφαρμόστε τον κανόνα των φάσεων σε χαρακτηριστικά σημεία του διαγράμματος φάσεων του συστήματος $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$ (Σχήμα 6)

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 12

Περιγράψτε ποιοτικά τις μεταβολές στη μικροδομή των φάσεων που συμβαίνουν κατά την αργή ψύξη τήγματος με σύσταση (Σχήμα 6):

- 50% mol Al_2O_3 – 50% mol SiO_2
- 80% mol Al_2O_3 – 20% mol SiO_2



Σχήμα 6: Διάγραμμα φάσεων Al_2O_3 – SiO_2

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 13

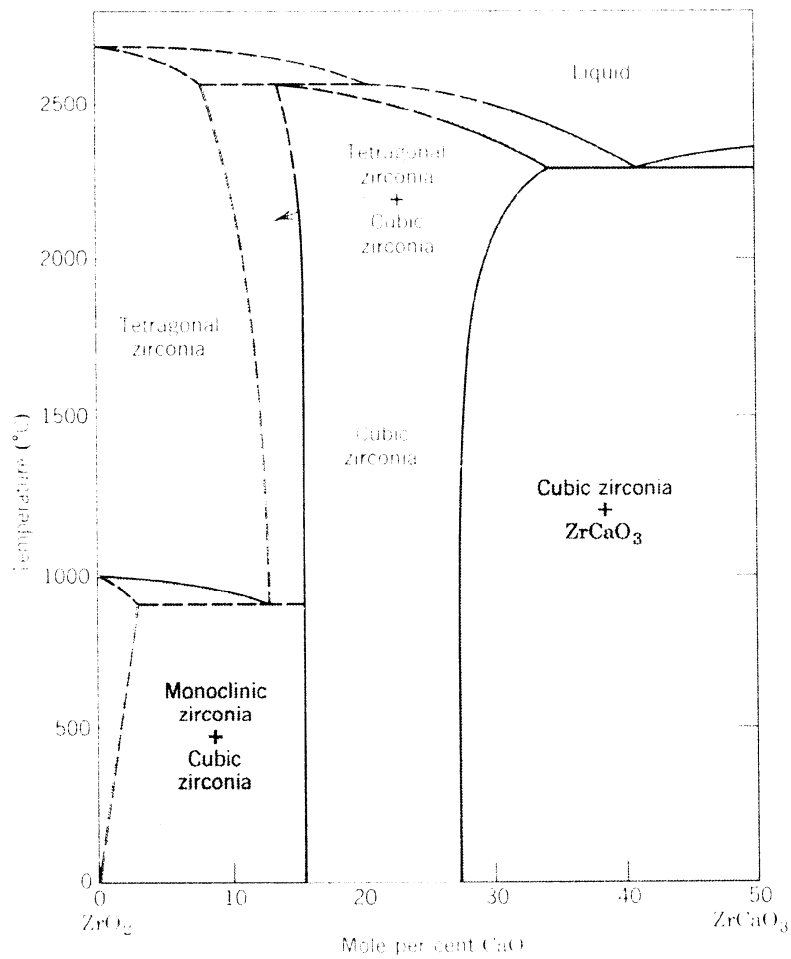
Υπολογίστε την ποσότητα κάθε φάσης που περιέχεται σε 1 kg πυρίμαχης αλούμινας με σύσταση 80% mol Al_2O_3 – 20% mol SiO_2 σε θερμοκρασία i) 2000 $^{\circ}\text{C}$, ii) 1900 $^{\circ}\text{C}$ και iii) 1800 $^{\circ}\text{C}$, (Σχήμα 6).

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 14

Εργαστηριακός έλεγχος έδειξε ότι ένα πυρίμαχο υλικό αποτελείται κατά 25% κ.β. από αλούμινα και κατά 75% κ.β. από μολίτη. Πόσο είναι το συνολικό ποσοστό SiO_2 στο δείγμα; (Σχήμα 6)

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 15

Επιδιώκεται η παρασκευή ενμέρει σταθεροποιημένης ζirkονίας η οποία να αποτελείται από ισομοριακή αναλογία κυβικής και τετραγωνικής ζirkονίας. Ποιό είναι το κ.β. ποσοστό του CaO που πρέπει να περιέχεται στο υλικό αυτό; (Σχήμα 7)



Σχήμα 7: Διάγραμμα φάσεων ZrO_2 – CaO

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 16

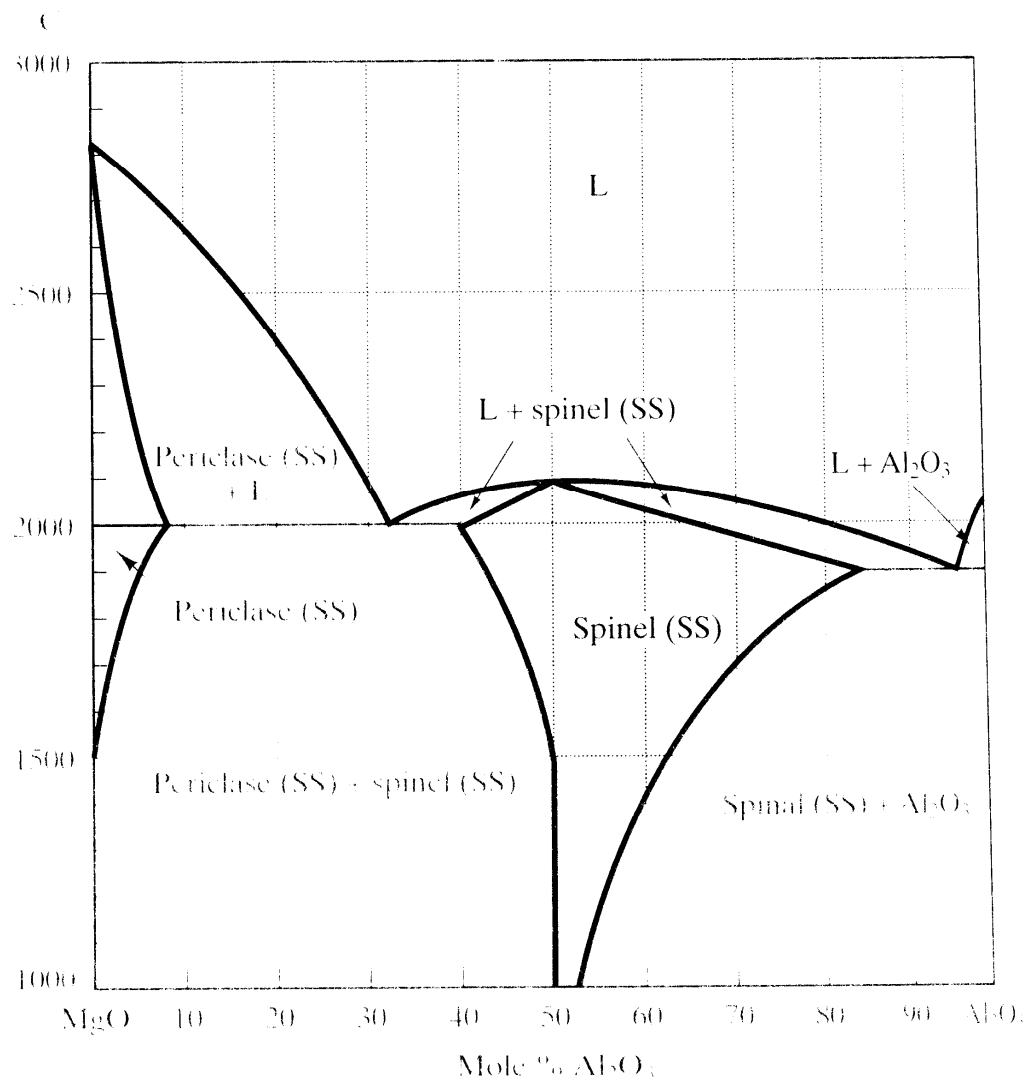
Να επαναλάβετε το Πρόβλημα 15 για υλικό που αποτελείται κατά 50% κ.β. από κυβική και κατά 50% κ.β. από τετραγωνική ζirkονία. (Σχήμα 7)

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 17

Μείγμα ZrO_2 με 10% mol CaO θερμαίνεται από θερμοκρασία περιβάλλοντος μέχρι $2800^\circ C$. Σχεδιάστε τη μεταβολή του ποσοστού των φάσεων (%mol) σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. (Σχήμα 7).

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 18

Πυρίμαχο υλικό με σύσταση 60% mol Al_2O_3 και 40% mol MgO θερμαίνεται από τους $1000^\circ C$ μέχρι τους $2500^\circ C$. Σχεδιάστε τη μεταβολή του ποσοστού των φάσεων (%mol) σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία. (Σχήμα 8).



Σχήμα 8: Διάγραμμα φάσεων Al_2O_3 - MgO

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 19

Να σχεδιάσετε το διμερές διάγραμμα ισορροπίας φάσεων των Α και Β, λαμβάνοντας υπόψιν τα παρακάτω:

- Το Α τήκεται σε 1500 °C
- Το Β τήκεται σε 1800 °C
- Ευτηκτική αντίδραση Α και Β σε 1100 °C
- Τα Α και Β είναι μη αναμείξιμα σε οποιαδήποτε αναλογία
- Δεν υπάρχουν δεδομένα για $T < 700$ °C

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 20

Να σχεδιάσετε το διμερές διάγραμμα ισορροπίας φάσεων των Α και Β, λαμβάνοντας υπόψιν τα παρακάτω:

- Το Α τήκεται σε 1500 °C
- Το Β τήκεται σε 1800 °C
- 15% (κατά μέγιστο) Α είναι διαλυτό σε Β σχηματίζοντας το στερεό διάλυμα γ
- 5% (κατά μέγιστο) Β είναι διαλυτό σε Α σχηματίζοντας το στερεό διάλυμα δ
- Ευτηκτική αντίδραση γ και δ σε 1100 °C

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 21

Να σχεδιάσετε το διμερές διάγραμμα ισορροπίας φάσεων των Α και Β, λαμβάνοντας υπόψιν τα παρακάτω:

- Το Α τήκεται σε 1850 °C
- Το Β τήκεται σε 1700 °C
- Η ένωση A_4B τήκεται μερικώς σε 1500 °C
- Η ένωση AB τήκεται ολικώς σε 1600 °C
- Η ένωση AB_3 είναι σταθερή στο διάστημα 1200 – 1350 °C
- Ευτηκτική αντίδραση A_4B και AB σε 1400 °C
- Ευτηκτική αντίδραση AB και Β σε 1450 °C

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 22

Να σχεδιάσετε το διμερές διάγραμμα ισορροπίας φάσεων των L και G, λαμβάνοντας υπόψιν τα παρακάτω:

- Το L τήκεται σε 1600 °C
- Το G τήκεται σε 1700 °C
- Η ένωση LG_9 τήκεται μερικώς σε 1450 °C
- Η ένωση LG τήκεται ολικώς σε 1500 °C
- 20% (κατά μέγιστο) LG είναι διαλυτό σε L σχηματίζοντας το στερεό διάλυμα γ
- 10% (κατά μέγιστο) L είναι διαλυτό σε LG σχηματίζοντας το στερεό διάλυμα β
- Ευτηκτική αντίδραση γ και β σε 1300 °C
- Ευτηκτική αντίδραση LG και LG_9 σε 1300 °C
- 2 μη αναμείξιμα υγρά σε $T > 1450$ °C στην περιοχή $50 < G < 70$ mol%

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 23

Να σχεδιάσετε το διμερές διάγραμμα ισορροπίας φάσεων των S και T, λαμβάνοντας υπόψιν τα παρακάτω:

- Το S τήκεται σε 1800 °C
- Το T τήκεται σε 1550 °C
- Η ένωση S_2T τήκεται μερικώς σε 1400 °C
- Η ένωση S_2T_3 τήκεται ολικώς σε 1450 °C
- 25% (κατά μέγιστο) T είναι διαλυτό σε S_2T_3 σχηματίζοντας το στερεό διάλυμα γ
- Ευτηκτική αντίδραση γ και T σε 1300 °C
- Το β- S_2T μετασχηματίζεται σε α- S_2T σε 1150 °C
- Ευτηκτική αντίδραση α- S_2T και S_2T_3 σε 1300 °C

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 24

Εστω ότι τα άτομα ενός υλικού μετακινούνται από τη μια θέση του κρυσταλλικού πλέγματος στην άλλη με ρυθμό 5×10^8 κινήσεις/sec στους 500°C και 8×10^{10} κινήσεις/sec στους 800°C. Υπολογίστε την ενέργεια ενεργοποίησης της διαδικασίας.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 25

Ο συντελεστής διάχυσης του Al στο Cu είναι $2.5 \times 10^{-24} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ στους 200°C και $3.1 \times 10^{-17} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ στους 500°C . Υπολογίστε την ενέργεια ενεργοποίησης για τη διάχυση του Al στο Cu.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 26

Δίνονται τα παρακάτω στοιχεία:

Ζεύγος διάχυσης	Q ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$)	D_0 ($\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)
H σε FCC σίδηρο	43.160	0.0063×10^{-4}
Ni σε FCC σίδηρο	268.160	4.1×10^{-4}

Να γίνει σύγκριση των συντελεστών διάχυσης στους 1000°C και να σχολιασθούν οι διαφορές.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 27

Εχει βρεθεί ότι ο χρόνος που απαιτείται για να διαχυθεί ο άνθρακας σε βάθος 1 mm στην επιφάνεια ατσάλινου ελάσματος είναι 10 ώρες στους 800°C . Πόση ώρα απαιτείται για να επιτύχουμε το ίδιο αποτέλεσμα στους 900°C . Η ενέργεια ενεργοποίησης για τη διάχυση του άνθρακα στο FCC σίδηρο είναι $137850 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 28

Κατά τη διάχυση του C σε $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ στους 1000°C , η συγκέντρωση του C μεταβάλλεται από 5% στο 4 άτομα %C στο διάστημα από 1 έως 2 mm από την επιφάνεια. Υπολογίστε τη ροή των ατόμων του C. Πυκνότητα $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ στους 1000°C : 7.63 g/cm^3 . $D_0 = 20 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. $Q = 142000 \text{ J/mol}$.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 29

Βρείτε τη σχέση που δίνει το κρίσιμο μέγεθος πυρήνων και την ενέργεια ενεργοποίησης κατά την ομογενή πυρήνωση υλικού. Παραδοχή: οι πυρήνες που σχηματίζονται είναι σφαιρικοί.

ΠΡΟΒΛΗΜΑ 30

Επαναλάβετε το Πρόβλημα 24 θεωρώντας ότι οι πυρήνες είναι κυβικοί με ακμή a. Γιατί η ενέργεια ενεργοποίησης είναι μεγαλύτερη τώρα σε σχέση με την προηγούμενη περίπτωση;