



# ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

## Υλικά Ι Ενότητα 5: Δομή

### Ασκήσεις

Δημήτρης Παπάζογλου  
Τμήμα Επιστήμης και Τεχνολογίας Υλικών

#### Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται στην άδεια χρήσης Creative Commons και ειδικότερα Αναφορά - Μη εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγο Έργο v. 3.0 (Attribution – Non Commercial – Non-derivatives)
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.

#### Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



## Δομή

**5.1** Να υπολογιστεί ο αριθμός ατομικής πλήρωσης (APF) για την FCC κυβική δομή

**Λύση:**

$$APF_{FCC} \equiv \frac{n \cdot V_{atom}}{V_{FCC}} = \frac{(\frac{1}{8} \cdot 8 + \frac{1}{2} \cdot 6) \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{(2\sqrt{2}R)^3} = \frac{4 \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{2^4 \sqrt{2} R^3} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} \approx 0.74$$

**5.2** Να υπολογιστεί ο αριθμός ατομικής πλήρωσης (APF) για την BCC κυβική δομή

**Λύση:**

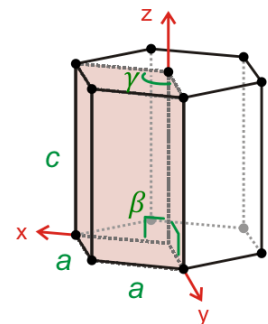
$$APF_{BCC} \equiv \frac{n \cdot V_{atom}}{V_{BCC}} = \frac{(\frac{1}{8} \cdot 8 + 1) \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{(\frac{4}{\sqrt{3}} R)^3} = \frac{2 \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{\frac{2^6}{3\sqrt{3}} R^3} = \frac{\sqrt{3} \cdot \pi}{8} \approx 0.68$$

**5.3** Να υπολογιστεί ο αριθμός ατομικής πλήρωσης (APF) για την HCP κυβική δομή

**Εμβαδό ρόμβου πλευράς a:**  $S_{romb} = \sin(60^\circ) \cdot a^2 = \frac{\sqrt{3}}{2} a^2$

**Όγκος κυψελίδας:**

$$\left. \begin{array}{l} V_{HCP} = 3S_{romb}c \\ c = \sqrt{\frac{8}{3}}a \\ a = 2R \end{array} \right\} \Rightarrow V_{HCP} = 3 \frac{\sqrt{3}}{2} a^2 \sqrt{\frac{8}{3}} a = \frac{3\sqrt{8}}{2} (2R)^3$$



$$APF_{HCP} \equiv \frac{n \cdot V_{atom}}{V_{HCP}} = \frac{(\frac{1}{6} \cdot 12 + \frac{1}{2} \cdot 2 + 3) \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{\frac{3\sqrt{8}}{2} (2R)^3} = \frac{6 \cdot \frac{4}{3} \pi R^3}{3\sqrt{8} \cdot 4R^3} = \frac{\pi}{3\sqrt{2}} = APF_{FCC} \approx 0.74$$

**5.4** Πόσα άτομα ανήκουν αντίστοιχα σε μια FCC, BCC, και HCP κυψελίδα; (δικαιολογήστε την απάντησή σας)

**Λύση:**

$$\text{(FCC): } 8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 1 + 3 = 4$$

$$\text{(BCC): } 8 \cdot \frac{1}{8} + 1 = 1 + 1 = 2$$

$$\text{(HCP): } 12 \cdot \frac{1}{6} + 2 \cdot \frac{1}{2} + 3 = 2 + 1 + 3 = 6$$

**5.5** Ο χαλκός  ${}_{29}\text{Cu}$  έχει κρυσταλλική δομή FCC, ατομικό βάρος 63.5 gr/mole και ατομική ακτίνα 0.128 nm. Ποια περιμένετε να είναι η πυκνότητα του; (δίνεται:  $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$  atoms/mole), (Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας)

**Λύση**

$$A = 63.5 \text{ gr/mole}, R = 128 \text{ nm} = 0.128 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$$

Εφόσον η κρυσταλλική δομή του χαλκού είναι FCC τότε η πυκνότητα θα δίνεται απ' την σχέση:

$$\rho_{FCC} = 4 \text{ atoms} \cdot \frac{A}{N_A} \cdot \frac{1}{(2\sqrt{2} R)^3} \approx 8.9 \text{ gr/cm}^3$$

**5.6** Ο χαλκός  ${}_{29}\text{Cu}$  έχει πυκνότητα 8.94 gr/cm<sup>3</sup>, ατομικό βάρος 63.5 gr/mole και ατομική ακτίνα 0.128 nm. Προσδιορίστε αν έχει κρυσταλλική δομή BCC ή FCC. (δίνεται:  $N_A = 6.022 \cdot 10^{23}$  atoms/mole), (Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας)

**Λύση**

$$A = 63.5 \text{ gr/mole}, R = 128 \text{ nm} = 0.128 \cdot 10^{-7} \text{ cm}$$

Αν η κρυσταλλική δομή είναι BCC τότε η πυκνότητα θα δίνεται απ' την σχέση:

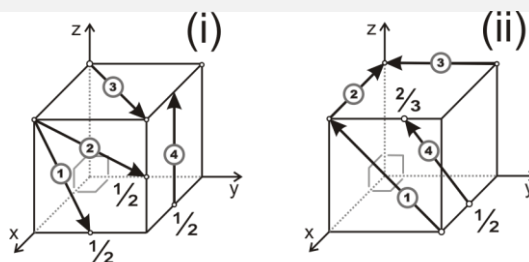
$$\rho_{BCC} = 2 \text{ atoms} \cdot \frac{A}{N_A} \cdot \frac{1}{\left(\frac{4}{\sqrt{3}} R\right)^3} \approx 8.2 \text{ gr/cm}^3$$

Αν η κρυσταλλική δομή είναι FCC τότε η πυκνότητα θα δίνεται απ' την σχέση:

$$\rho_{FCC} = 4 \text{ atoms} \cdot \frac{A}{N_A} \cdot \frac{1}{(2\sqrt{2} R)^3} \approx 8.9 \text{ gr/cm}^3$$

Η τιμή  $\rho_{FCC}$  είναι αρκετά κοντά στην πραγματική οπότε περιμένουμε ο Cu να έχει κρυσταλλική δομή **FCC**.

**5.7** Να προσδιορίσετε τις κρυσταλλογραφικές διευθύνσεις σε καθ' ένα από τα παρακάτω σχήματα



**Λύση:**

(i)

(1)  $[0 \frac{1}{2} \bar{1}] \Rightarrow [0 \ 1 \ \bar{2}]$

(3)  $[1 \ 1 \ 0]$

(2)  $[0 \ 1 \ \frac{\bar{1}}{2}] \Rightarrow [0 \ 2 \ \bar{1}]$

(4)  $[0 \ 0 \ 1]$

(ii)

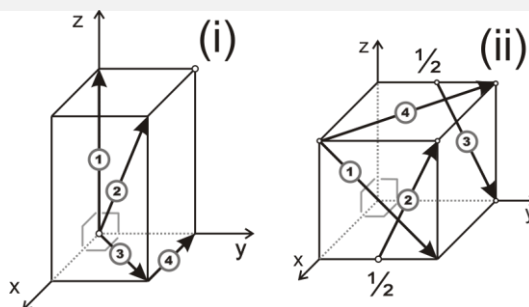
(1)  $[0 \ \bar{1} \ 1]$

(3)  $[0 \ \bar{1} \ 0]$

(2)  $[\bar{1} \ 0 \ 0]$

(4)  $[\frac{1}{2} \ \frac{\bar{1}}{3} \ 1] \Rightarrow [3 \ \bar{2} \ 6]$

**5.8** Να προσδιορίσετε τις κρυσταλλογραφικές διευθύνσεις σε καθ' ένα από τα παρακάτω σχήματα



**Λύση:**

(i)

(1)  $[0 \ 0 \ 1]$

(3)  $[1 \ 1 \ 0]$

(2)  $[1 \ 1 \ 1]$

(4)  $[\bar{1} \ 0 \ 0]$

(ii)

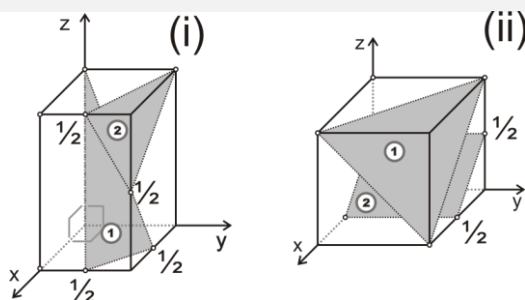
(1)  $[0 \ 1 \ \bar{1}]$

(3)  $[0 \ \frac{1}{2} \ \bar{1}] \Rightarrow [0 \ 1 \ \bar{2}]$

(2)  $[0 \ \frac{1}{2} \ 1] \Rightarrow [0 \ 1 \ 2]$

(4)  $[\bar{1} \ 1 \ 0]$

**5.9** Να προσδιορίσετε τους δείκτες Miller των κρυσταλλογραφικών επιπέδων σε καθ' ένα από τα παρακάτω σχήματα



**Λύση:**

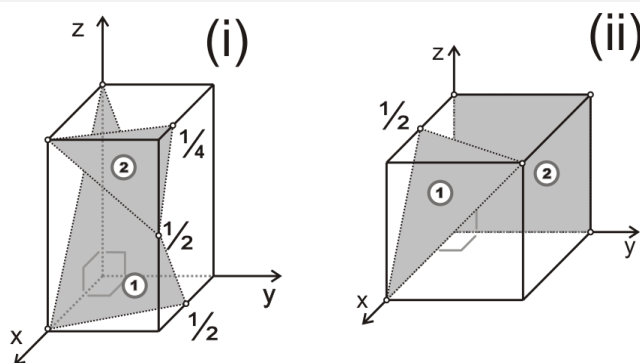
(i)

$$(1) \frac{x}{\frac{3}{2}} \frac{y}{\frac{3}{2}} \frac{z}{1} \Rightarrow \left(\frac{2}{3} \frac{2}{3} 1\right) \Leftrightarrow (2 \ 2 \ 3) \quad (2) \frac{x}{\bar{1}} \frac{y}{\frac{1}{2}} \frac{z}{\frac{1}{2}} \Rightarrow (\bar{1} \ \bar{2} \ \bar{2}) \Leftrightarrow (1 \ 2 \ 2)$$

(ii)

$$(1) \frac{x}{\frac{1}{1}} \frac{y}{\frac{1}{1}} \frac{z}{\frac{1}{1}} \Rightarrow (\bar{1} \ \bar{1} \ \bar{1}) \Leftrightarrow (1 \ 1 \ 1) \quad (2) \frac{x}{\frac{1}{2}} \frac{y}{\infty} \frac{z}{\frac{1}{2}} \Rightarrow (2 \ 0 \ 2) \Leftrightarrow (1 \ 0 \ 1)$$

**5.10** Να προσδιορίσετε τους δείκτες Miller των κρυσταλλογραφικών επιπέδων σε καθ' ένα από τα παρακάτω σχήματα



**Λύση:**

(i)

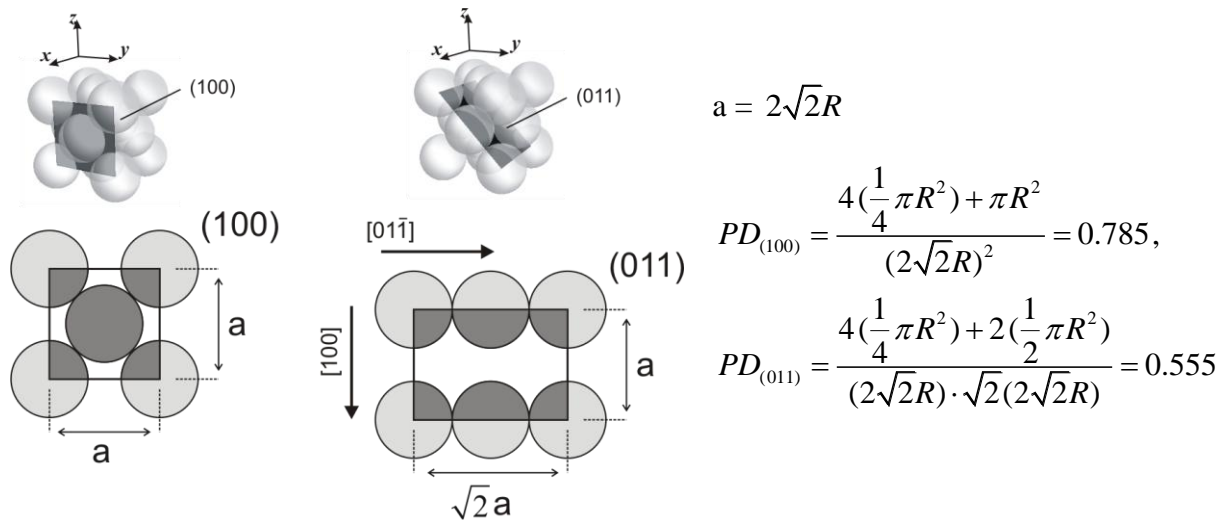
$$(1) \frac{x}{1} \frac{y}{2} \frac{z}{1} \Rightarrow \left(1 \ \frac{1}{2} \ 1\right) \Leftrightarrow (2 \ 1 \ 2) \quad (2) \frac{x}{\frac{1}{4}} \frac{y}{\bar{1}} \frac{z}{\frac{1}{2}} \Rightarrow (\bar{4} \ \bar{1} \ \bar{2}) \Leftrightarrow (4 \ 1 \ 2)$$

(ii)

$$(1) \frac{x}{\frac{1}{2}} \frac{y}{1} \frac{z}{\bar{1}} \Rightarrow (\bar{2} \ 1 \ \bar{1}) \Leftrightarrow (2 \ \bar{1} \ 1) \quad (2) \frac{x}{1} \frac{y}{\infty} \frac{z}{\infty} \Rightarrow (1 \ 0 \ 0)$$

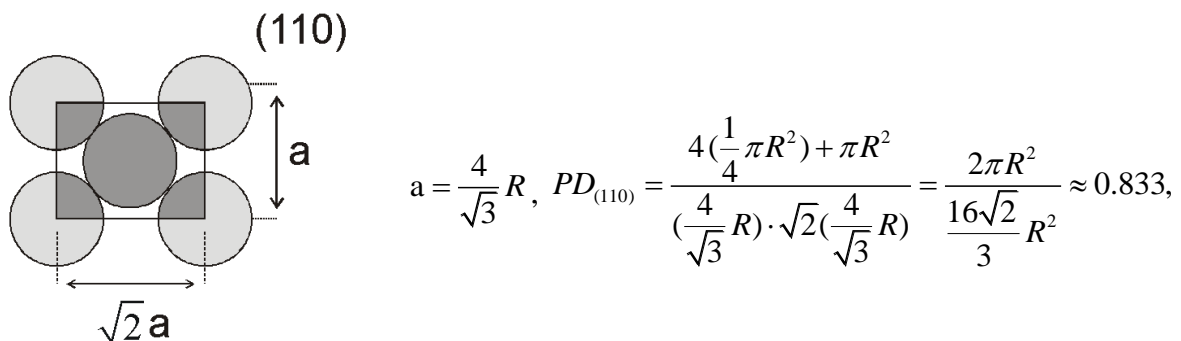
**5.11** Υπολογίστε την επιφανειακή πυκνότητα (PD) για τα επίπεδα (100) και (011) για μία κυβική FCC κυψελίδα.

**Λύση:**



**5.12** Υπολογίστε την επιφανειακή πυκνότητα PD για το επίπεδο (110) για μία κυβική BCC κυψελίδα

**Λύση:**

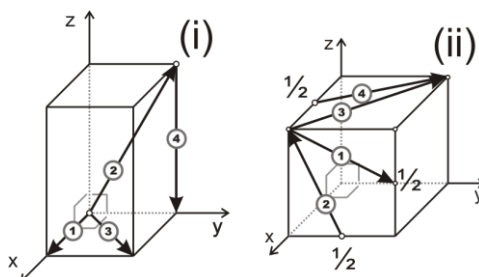


## Άλυτες Ασκήσεις

**5.13** Ο χρυσός  ${}_{79}\text{Au}$  έχει κρυσταλλική δομή FCC, ατομικό βάρος 196.97 gr/mole και ατομική ακτίνα 0.144 nm. Ποια περιμένετε να είναι η πυκνότητα του; (δίνεται:  $N_A=6.022 \cdot 10^{23}$  atoms/mole), (Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας)

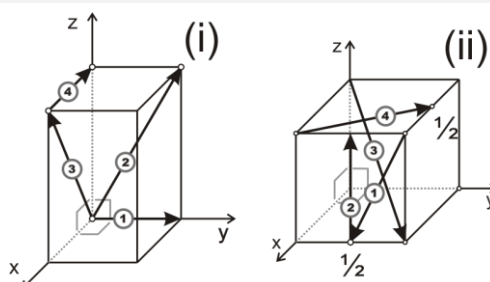
**Απάντηση:**  $\rho_{\text{FCC}} \approx 19.36 \text{ gr/cm}^3$

**5.14** Να προσδιορίσετε τις κρυσταλλογραφικές διευθύνσεις σε καθ' ένα από τα παρακάτω σχήματα



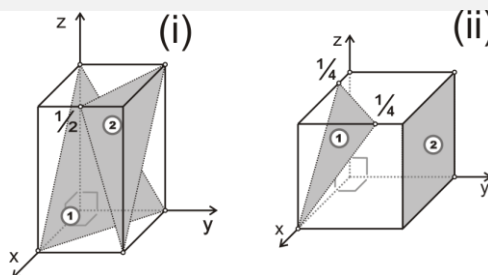
**Απάντηση:** (i) (1)  $[1\ 0\ 0]$ , (2)  $[0\ 1\ 1]$ , (3)  $[1\ 1\ 0]$ , (4)  $[0\ 0\ \bar{1}]$ ,  
(ii) (1),  $[0\ 2\ \bar{1}]$ , (2)  $[0\ \bar{1}\ 2]$ , (3)  $[\bar{1}\ 1\ 0]$ , (4)  $[\bar{1}\ 2\ 0]$

**5.15** Να προσδιορίσετε τις κρυσταλλογραφικές διευθύνσεις σε καθ' ένα από τα παρακάτω σχήματα



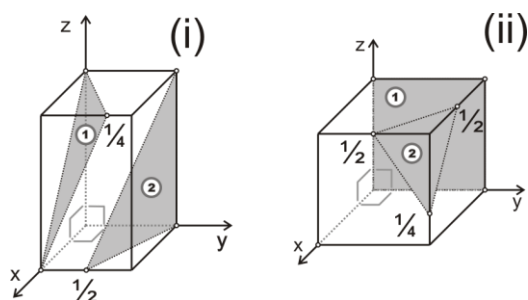
**Απάντηση:** (i) (1)  $[0\ 1\ 0]$ , (2)  $[0\ 1\ 1]$ , (3)  $[1\ 0\ 1]$ , (4)  $[\bar{1}\ 0\ 0]$ ,  
(ii) (1)  $[0\ \bar{1}\ \bar{2}]$ , (2)  $[0\ 0\ 1]$ , (3)  $[1\ 1\ \bar{1}]$ , (4)  $[\bar{1}\ 2\ 0]$

**5.16** Να προσδιορίσετε τους δείκτες Miller των κρυσταλλογραφικών επιπέδων σε καθ' ένα από τα παρακάτω σχήματα



**Απάντηση:** (i) (1)  $(1\ 1\ 1)$ , (2)  $(1\ 2\ 1)$   
(ii) (1)  $(4\ 4\ 1)$ , (2)  $(0\ 1\ 0)$

**5.17** Να προσδιορίσετε τους δείκτες Miller των κρυσταλλογραφικών επιπέδων σε καθ' ένα από τα παρακάτω σχήματα



**Απάντηση:** (i) (1) (3 4 3), (2) (1 2 0)  
(ii) (1) (1 0 0), (2) (3 3 2)

**Τέλος Ασκήσεων Ενότητας**