

ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
Ε.Μ.Π.

ΕΠΑΝΑΛΗΠΤΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 2014
ΦΥΣΙΚΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΥΚΝΩΜΕΝΗΣ ΥΛΗΣ

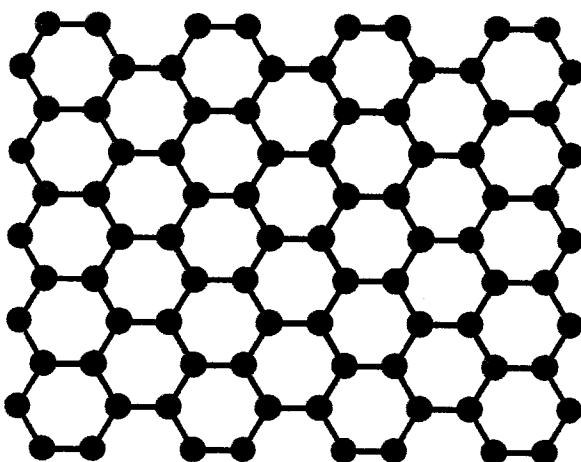
Διδάσκοντες: Β. Γιαννόπαπας, Ι. Ράπτης Διάρκεια: 2.5 ώρες

19/9/2014

ΘΕΜΑ 1

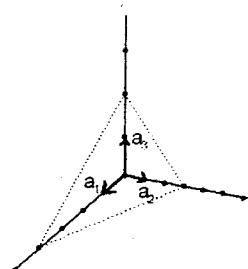
(α) (1.5M)

Στο παρακάτω σχήμα αναπαριστούμε το πλέγμα του γραφενίου. Περιγράψτε το σύμφωνα με ένα πλέγμα Bravais συν μία βάση διανυσμάτων. Σχεδιάστε στο σχήμα τα θεμελιώδη διανύσματα, μια θεμελιώδη κυψελίδα της οποίας υπολογίστε την επιφάνεια.



(β) (1.5M)

Υπολογίστε τους δείκτες Miller του πλεγματικού επιπέδου του παρακάτω σχήματος. Θέωρείστε ότι και τα τρία θεμελιώδη διανύσματα βάσης του πλέγματος έχουν μήκος $a = 5\text{nm}$. Υπολογίστε την απόσταση μεταξύ των πλεγματικών επιπέδων του σχήματος.



ΘΕΜΑ 2

(α) (1M)

Υπολογίστε τις πιθανές γωνίες περίθλασης ακτίνων X ενέργειας 10keV από τα επίπεδα (111) ενός απλού κυβικού πλέγματος, αν η πλεγματική σταθερά είναι $a = 0.53\text{nm}$. Δίνεται η σταθερά του Planck: $h = 4.135667 \times 10^{-15}\text{eV} \cdot \text{s}$.

(β)(1.5M)

Θεωρούμε ένα 2Δ τετραγωνικό πλέγμα με πλεγματική σταθερά a , το οποίο περιγράφεται από μια σχέση διασποράς $[\omega_T(k)]^2 = c_T^2 k^2$ για τα εγκάρσια και $[\omega_L(k)]^2 = c_L^2 k^2$ για τα διαμήκη κύματα, στο όριο $ka \ll 1$. Βρείτε την πυκνότητα καταστάσεων $Z(\omega)$ φωνονίων για το παραπάνω σύστημα.

ΘΕΜΑ 3 (1.5M)

Δείξτε ότι για ένα 2Δ τετραγωνικό πλέγμα ότι η κινητική ενέργεια ενός (ελεύθερου) ηλεκτρονίου στη γωνία της 1ZB είναι υψηλότερη από την κινητική ενέργεια στο μέσο μιας πλευράς της 1ZB κατά ένα παράγοντα 2. Ποιος είναι ο αντίστοιχος παράγοντας για ένα 3Δ απλό κυβικό πλέγμα (συγκρίνετε την κινητική ενέργεια ανάμεσα σε μια κορυφή και στο μέσο μιας έδρας της 1ZB του απλού κυβικού). Αν θεωρήσουμε ότι έχουμε 2 ηλεκτρόνια ανά πλεγματικό σημείο του απλού κυβικού, τι είδους υλικό (αγωγός ή μονωτής) μπορεί να είναι;

ΘΕΜΑ 4 (3M)

Υποθέστε ότι οι ενεργές πυκνότητες καταστάσεων ηλεκτρονίων και οπών (N_C, N_V) του πυριτίου (Si) και του γερμανίου (Ge) είναι της ίδιας τάξης μεγέθους, τα ενεργειακά τους χάσματα είναι 1.2eV και 0.6eV, αντίστοιχα, και η ενδογενής συγκέντρωση φορέων του πυριτίου σε θερμοκρασία δωματίου είναι $n_i=2\times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$.

(α) Υπολογίστε την ενδογενή συγκέντρωση φορέων του γερμανίου σε θερμοκρασία δωματίου

(β) Νοθεύουμε και τα δύο υλικά με προσμείξεις As, σε συγκέντρωση 10^{12} άτομα As/cm³, και με ενδοχασματική κατάσταση τέτοια ώστε $E_C-E_D=0.03$ eV. Εξηγείστε ποιό υλικό (Si ή Ge) συμπεριφέρεται, με καλή προσέγγιση, ως εξωγενής και ποιό ως ενδογενής ημιαγωγός και υπολογίστε τη συγκέντρωση φορέων τύπου n και τύπου p σε κάθε ένα από τα δύο υλικά.

(γ) Υποθέστε ότι έχετε επαφή p-n πυριτίου με συγκεντρώσεις ολικά ιονισμένων προσμείξεων N_A και N_D , αντίστοιχα σε κάθε πλευρά. Αν V_0 είναι η τάση επαφής, εκφράστε τη διαφορά $eV_0 - E_g$, συναρτήσει της θερμοκρασίας T , των συγκεντρώσεων N_A και N_D , και των ενεργών πυκνοτήτων (N_C, N_V).