

αν εφαρμόσει θετικό δυναμικό V στην ωμότητα r σε κενή την ωμότητα n , τότε
 θεωρείται αυτό δυναμικό εμβαπτίζει το υγρό του γραφίτατος, στην τιμή του
 \Rightarrow Ρεύμα των e^- αυξάνει στην ρ αυξάνεται $J_{np}(V) = J_0 e^{-\frac{eV}{k_B T}} = J_{np}(0) e^{-\frac{eV}{k_B T}}$
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ \Rightarrow Όμοια ρεύμα των εσωαγών $J = -nev$
ΤΜΗΜΑ: Επιστήμης των Υλικών \Rightarrow $J_e(V) = J_{np}(V) + J_{pn}(V) = \sigma E$
 Χρόνος: 1/9/2006, 13:30μμ-16:30μμ.
 Διδάσκων: Δρ. Ι. Κούτσελας, Δρ. Κ. Παπαγγελής.
Επιστήμη Υλικών V \Rightarrow $J_{np}(0) [e^{\frac{eV}{k_B T}} - 1]$
 Όλα τα θέματα είναι ισοδύναμα, το άριστα αντιστοιχεί στην επιτυχή απάντηση-διαπραγμάτευση 5 θεμάτων.

ΘΕΜΑ 1°: Η πυκνότητα ρεύματος σε μέταλλο συσχετίζεται με την ταχύτητα των ηλεκτρονίων $\vec{j} = -ne\vec{v}$, και με το εφαρμοζόμενο ηλεκτρικό πεδίο $\vec{j} = \sigma \vec{E}$. Η κίνηση των ηλεκτρονίων περιγράφεται από τη σχέση $\vec{F} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$, ενώ θεωρούμε και την ύπαρξη δύναμης "τριβής" $m\vec{v}/\tau$. Χρησιμοποιώντας την σχέση $\epsilon(\omega) = 1 + 4\pi i \sigma(\omega)/\omega$ συζητήστε τη διάδοση ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολία σε μεταλλικό υλικό. Η διάδοση κύματος $\vec{E} \propto \exp(i\omega t - i\vec{r} \cdot \vec{k})$ απαιτεί $\epsilon(\omega) \omega^2 = c^2 k^2$.

ΘΕΜΑ 2°: Εξηγήστε τι είναι το άμεσο και το έμμεσο ενεργειακό χάσμα στην θεωρία των ημιαγωγών. Δώστε ένα παράδειγμα σε κάθε περίπτωση. Πως επιδρά στα φάσματα απορρόφησης ακτινοβολίας η ύπαρξη ενεργειακού χάσματος καθώς και το είδος του χάσματος; k

ΘΕΜΑ 3°: Εξηγήστε την λειτουργία μιας διόδου ημιαγωγού μορφής pn χρησιμοποιώντας τα διαγράμματα ενεργειακών ζωνών και την κάμψη αυτών στις διεπιφάνειες. Με απλά επιχειρήματα βρείτε την εξάρτηση του ρεύματος που διαρρέει την δίοδο σε σχέση με την θερμοκρασία και την τάση που εφαρμόζεται στα άκρα p και n . Καθορίστε στα ενεργειακά διαγράμματα τις κρίσιμες ποσότητες που καθορίζουν την κάμψη των ζωνών, τις θέσεις των ζωνών στην διεπιφάνεια καθώς και την μεταβολή αυτών όταν εισαχθούν σε ηλεκτρικό πεδίο. $\int_{\text{μονοδίοδο}} J$

ΘΕΜΑ 4°: (α) Υποθέτοντας ότι η μέση ελεύθερη διαδρομή των ηλεκτρονίων ενός μετάλλου είναι ανεξάρτητη της θερμοκρασίας T να δείχθεί ότι η κλασική θεωρία των ελευθέρων ηλεκτρονίων (πρότυπο Drude) οδηγεί στη θερμοκρασιακή εξάρτηση $\rho = AT^{1/2}$ για την ειδική αντίσταση ενός μετάλλου. Να βρεθεί η ακριβής μορφή του παράγοντα A . Να σχεδιασθεί ποιοτικά η πειραματικά προσδιοριζόμενη σχέση $\rho = \rho(T)$ και να σχολιασθεί.
 (β) Τι είναι η ενέργεια Fermi E_F ενός μετάλλου; Να υπολογισθεί η E_F σε eV για το τρισθενές Al σε $T=0K$. Δίνονται: $AB(Al) = 26.981$, $\rho(Al) = 2.7 g/cm^3$, $N_A = 6.023 \cdot 10^{23}$, $\hbar = 1.055 \cdot 10^{-34} Js$, $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} Kg$, $1 eV = 1.6 \cdot 10^{-19} J$.
 $n_e = \frac{N_0}{V_{mole}} = \frac{Z \cdot \rho \cdot N_0}{V_{mole}} = \frac{3 \cdot 2.7 \cdot 6.023 \cdot 10^{23}}{26.981} \approx 3 \cdot 10^{23}$

ΘΕΜΑ 5°: (α) Τι είναι και πού οφείλεται ο διαμαγνητισμός; Ποια υλικά τον εμφανίζουν; Να γράψει η έκφραση της μαγνητικής επιδεκτικότητας ενός διαμαγνητικού υλικού (εξίσωση Langevin) και να εξηγηθούν τα σύμβολα. Να σχεδιασθεί ποιοτικά η γραφική παράσταση $\chi = \chi(T)$ για ένα τυπικό διαμαγνητικό υλικό. Να συγκριθούν κατά απόλυτη τιμή οι τιμές των μαγνητικών επιδεκτικότητας ενός τυπικού παραμαγνητικού και ενός τυπικού διαμαγνητικού υλικού. Τι συμπεραίνετε αναφορικά με την πειραματική παρατήρηση του διαμαγνητισμού;
 (β) Να κατασκευασθεί το αντίστροφο πλέγμα μονοδιάστατου πλέγματος σταθεράς a και να σχεδιαστούν η 1^η και 2^η ζώνη Brillouin. Ποια η φυσική σημασία των ζωνών Brillouin;

ΘΕΜΑ 6°: (α) Ένας υπεραγωγός και ένας ημιαγωγός φωτίζονται με ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συχνότητας $\nu = E_g/h$, όπου E_g το μέγεθος των αντίστοιχων χασμάτων. Περιγράψτε σε κάθε περίπτωση πως η ακτινοβολία επιδρά στην ηλεκτρική αντίσταση των υλικών.
 (β) Να υπολογιστεί η παραμαγνητική επιδεκτικότητα των ηλεκτρονίων αγωγιμότητας του Na. Αν η πειραματικά μετρήσιμη τιμή της μαγνητικής επιδεκτικότητας είναι $7.2 \cdot 10^{-6}$ να εκτιμηθεί η διαμαγνητική συνεισφορά στη μετρούμενη επιδεκτικότητα. Δίνονται: $n = 2.65 \cdot 10^{28} m^{-3}$, $E_F = 3.22 eV$, $1 eV = 1.602 \cdot 10^{-19} J$, $\mu_B = 9.27 \cdot 10^{-24} JT^{-1}$ και $\mu_0 = 1.26 T^2 m^3 J^{-1}$.

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ

$\chi_{\text{πείρ}} = 7.2 \cdot 10^{-6}$

$\chi = \frac{N \mu^2 B}{k_B T}$

$\frac{1}{2} m_e v^2 = \frac{3}{2} k_B T \Rightarrow v = \sqrt{\frac{3 k_B T}{m}}$

$1 eV = 1.6 \cdot 10^{-19} J$

$0.1458 \cdot 10^{-17}$

$0.1458 \cdot 10^{-17}$

Επιστήμη Υλικών V

Όλα τα θέματα είναι ισοδύναμα, το άριστα αντιστοιχεί στην επιτυχή απάντηση-διαπραγμάτευση 5 θεμάτων.

ΘΕΜΑ 1°: Θεωρούμε την κίνηση ηλεκτρονίου σε υλικό υπό την επήρεια ηλεκτρομαγνητικού πεδίου επιπέδου κύματος $\vec{E}_0 e^{i(\vec{k}\vec{x} - \omega t)}$, δύναμης επαναφοράς αρμονικού ταλαντωτή και "τριβής" ανάλογη της ταχύτητας $m\vec{v}/\tau$. Η κίνηση των ηλεκτρονίων περιγράφεται από την 2η εξίσωση του Νεύτωνα. Υπολογίστε την διπολική ροπή (p_0) του ηλεκτρονίου καθώς και την ηλεκτρονιακή πολωσιμότητα από τον τύπο p_0/E_0 .

ΘΕΜΑ 2°: Εξηγήστε τη δημιουργία ενεργειακών ζωνών στα κρυσταλλικά περιοδικά υλικά με απλά παραδείγματα. Τι είναι το ενεργειακό χάσμα και ποια η σημασία του στις οπτικές και ηλεκτρικές ιδιότητες των ημιαγωγών όσο αφορά το ενεργειακό χάσμα μεταξύ των ζωνών σθένους και αγωγιμότητας;

ΘΕΜΑ 3°: Εξηγήστε την λειτουργία της ετεροεπαφής ημιαγωγού με μέταλλο χρησιμοποιώντας τα διαγράμματα ενεργειακών ζωνών και την κάμψη αυτών στις διεπιφάνειες. Θεωρείστε μία από τις δύο παρακάτω περιπτώσεις η ημιαγωγού και μετάλλου (\leftarrow ανορθωτική και ωμική \rightarrow επαφή).

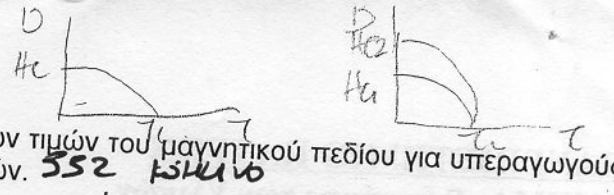


ΘΕΜΑ 4°: Η μαγνήτιση του σιδηρομαγνητή Fe_3O_4 οφείλεται στα ιόντα Fe^{2+} . Λόγω του φαινομένου του παγώματος της τροχιακής στροφορμής μόνο το spin συνεισφέρει στη μαγνητική ροπή των ιόντων αυτών. Τα ιόντα Fe^{2+} έχουν 6 ηλεκτρόνια στην 3d στοιβάδα των οποίων τα spin κατανέμονται ως εξής: $\uparrow\uparrow\uparrow\downarrow$. Αν ο μοριακός όγκος του Fe_3O_4 είναι $4.4 \times 10^{-5} m^3 mol^{-1}$ να υπολογιστεί η μαγνήτιση του Fe_3O_4 σε μονάδες Am^{-1} .

β) Δισδιάστατο ορθογώνιο πλέγμα Bravais ορίζεται από τα διανύσματα $R_n = n_1 a_1 + n_2 a_2$, όπου n_1, n_2 ακέραιοι, $a_1 (= |a_1| \hat{x})$, $a_2 (= |a_2| \hat{y})$ θεμελιώδη διανύσματα του πλέγματος με $|a_1| = 3\text{\AA}$ και $|a_2| = 4\text{\AA}$.
i) Να υπολογιστούν τα θεμελιώδη διανύσματα b_1 και b_2 του αντιστρόφου πλέγματος, να γραφεί η έκφραση για το γενικό διάνυσμα G_{hkl} και να σχεδιαστεί πρόχειρα το αντίστροφο πλέγμα.
ii) Να σχεδιαστεί η 1^η ζώνη Brillouin του αντιστρόφου πλέγματος.
iii) Να επιλεγεί ένα οποιοδήποτε κυματόνυσμα ηλεκτρονίου στο όριο της 1^{ης} ζώνη Brillouin. Τι θα συμβεί στο εν λόγω ηλεκτρόνιο αναφορικά με τη διάδοση του στον δισδιάστατο κρύσταλλο;

ΘΕΜΑ 5°: Να αποδειχθεί ποια είναι η τιμή της μαγνητικής επίδεκτικότητας ενός τέλει διαμαγνητικού υλικού. Να συγκριθεί η τιμή αυτή με την αντίστοιχη ενός τυπικού διαμαγνητικού υλικού. Με βάση το διάγραμμα της μαγνήτισης ως συνάρτηση του εξωτερικά εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου να υπολογιστεί ο τύπος I και II.

iii) Να σχεδιαστεί ποιοτικά η εξάρτηση των κρίσιμων τιμών του μαγνητικού πεδίου για υπεραγωγούς τύπου I και II και να αναφερθούν τυπικές τιμές αυτών. **552 κίτρινο**



α) Να υπολογιστεί η ενέργεια Fermi, E_F (σε eV) και η ταχύτητα Fermi, v_F για τον κρύσταλλο Cu αν η συγκέντρωση των ελευθέρων ηλεκτρονίων του είναι $8.5 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$. Να εκτιμηθεί η μέση απόσταση των ηλεκτρονικών ενεργειακών επιπέδων για δείγμα Cu όγκου 1 cm^3 . Αφού συγκριθεί η προκύπτουσα τιμή με την αντίστοιχη της E_F να σχολιαστεί το αποτέλεσμα. Δίνεται ότι $g(E) = \frac{V}{2\pi^2} \left(\frac{2m_e}{\hbar^2} \right)^{3/2} E^{1/2}$

$m = 8.5 \cdot 10^{28} \text{ m}^{-3}$

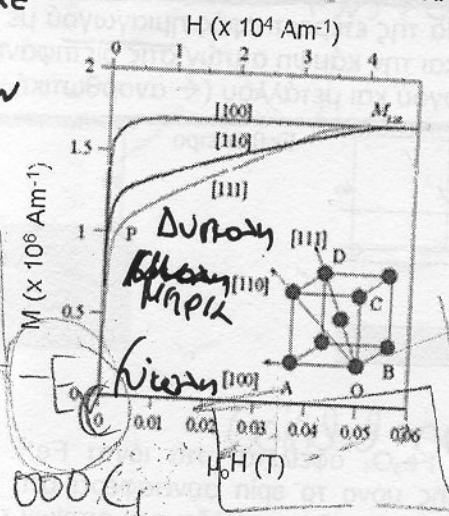
ΘΕΜΑ 6°:

α) Τι είναι η ενέργεια Fermi, E_F και το κυματόνισμα Fermi, k_F ενός μετάλλου; Να γραφεί η έκφραση της κατανομής Fermi-Dirac. Να σχεδιαστεί η μορφή της για $T=0\text{K}$ (γιατί;) και για $T \neq 0\text{K}$. Να σχολιαστεί αναλυτικά η νέα αντίληψη που εισάγει η κβαντική θεωρία των ελεύθερων ηλεκτρονίων στην κατανόηση της αγωγιμότητας των μετάλλων σε μια θερμοκρασία T . **281-282 κίτρινο**

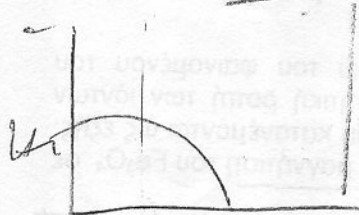
β) Τι είναι η ενέργεια μαγνητοκρυσταλλικής ανισοτροπίας; Στο σχήμα παρουσιάζεται η εξάρτηση της μαγνήτισης ως συνάρτηση του εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου για το σίδηρο σε θερμοκρασία δωματίου ως προς τις κρυσταλλικές διευθύνσεις [100], [110] και [111].

- i) Να υπολογιστεί η μαγνητική επαγωγή B στο εσωτερικό του υλικού, όταν η μαγνήτιση του είναι στον κόρο. **883-884 μπλε**
- ii) Ποια είναι η διεύθυνση εύκολης και ποια δύσκολης μαγνήτισης και γιατί.
- iii) Να εξηγηθεί αναλυτικά τι θα συμβεί αν εφαρμοστεί μαγνητικό πεδίο σε κρύσταλλο σιδήρου στη διεύθυνση [111], του οποίου η ένταση αυξάνεται βαθμιαία μέχρι την τιμή των $4.5 \times 10^4 \text{ Am}^{-1}$. **884 μπλε**

Διακρίνεται δύσκολα λόγω ελαφρομίς μικρών κλίσεων κάθους κίτρου.



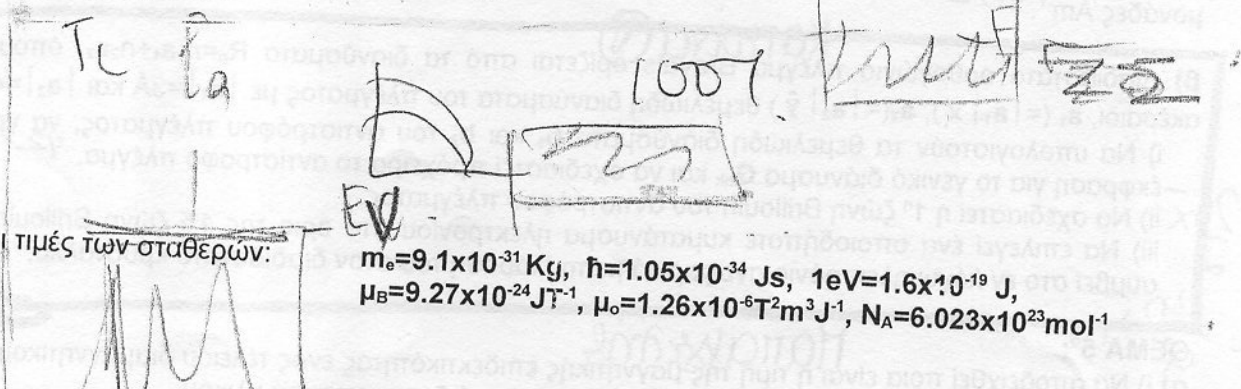
$E_g = E_C - E_V$



1000 G
 $17 \cdot 10^4 \text{ G}$

Δίνονται οι τιμές των σταθερών:

$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$, $\hbar = 1.05 \times 10^{-34} \text{ Js}$, $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$,
 $\mu_B = 9.27 \times 10^{-24} \text{ J T}^{-1}$, $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ T}^2 \text{ m}^3 \text{ J}^{-1}$, $N_A = 6.023 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ: Επιστήμη των Υλικών

Χρόνος: 19/06/2008, 16:00μ-19:00μ.

Διδάσκων: Δρ. Ι. Κούτσελας, Δρ. Κ. Παπαγγελής.

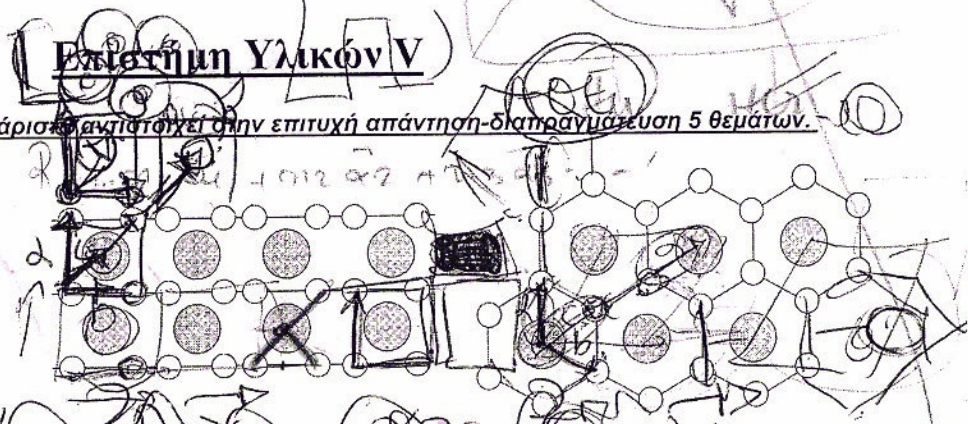
Όνομα εξεταζομένου: *He*

ΑΜ: *He*

Επιστήμη Υλικών V

Όλα τα θέματα είναι ισοδύναμα, το άριστο αντίστοιχεί στην επιτυχή απάντηση-διαπραγμάτευση 5 θεμάτων.

Είναι οι διαστάτες δομές, αναπαραγόμενες στο άπειρο, κρυσταλλικά πλέγματα Bravais; Εάν κάποιο είναι, περιγράψτε για αυτό τα θεμελιώδη διανύσματα και τη βάση του.

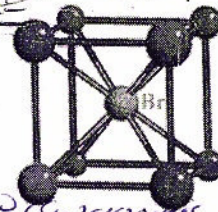


Τι είναι και που οφείλονται οι ενεργειακές ζώνες σε ένα κρυσταλλικό υλικό; Τι είναι το ενεργειακό χάσμα των ηλεκτρονίων και ποια η σημασία του στις οπτικές και ηλεκτρικές ιδιότητες των ημιαγωγών;

Εξηγήστε την λειτουργία διάταξης ετεροεπαφής ημιαγωγού τύπου p με ίδιο ημιαγωγό τύπου p (ίδιο ποσοστό προσμίξεων). Συσχετίστε τη λειτουργία με τα ενεργειακά διαγράμματα των ηλεκτρονίων.

Ποιές κατηγορίες υπεραγωγίων υλικών γνωρίζετε και σε ποιές περιοχές τιμών κυμαίνεται η T_c αυτών; Αποδείξτε ότι ένα υπεραγωγίο υλικό είναι ο τέλειος διαμαγνήτης.

β) Η κυβική μοναδιαία κυψελίδα του CsBr που φαίνεται στο σχήμα έχει σταθερά πλέγματος 4.3 \AA . Η ηλεκτρονική πολωσιμότητα των ιόντων Cs^+ και Br^- είναι $3.3 \times 10^{-40} \text{ Fm}^2$ και $4.5 \times 10^{-40} \text{ Fm}^2$, αντίστοιχα. Η μέση ιοντική πολωσιμότητα ανά ζεύγος ιόντων είναι $5.8 \times 10^{-40} \text{ Fm}^2$. Ποιά η διηλεκτρική σταθερά του CsBr στις χαμηλές συχνότητες και ποιά στις οπτικές συχνότητες; Να σχεδιαστεί ποιοτικά η εξάρτηση του πραγματικού μέρους της διηλεκτρικής "σταθεράς" του CsBr από την συχνότητα.



γ) Τι είδους μαγνητισμό εμφανίζει ένα ομοιοπολικό στερεό όπως: α) ένας κρυσταλλός Si και β) ένα απλό μέταλλο π.χ. το Al.

β) Να σχεδιαστεί ποιοτικά η θερμοκρασιακή εξάρτηση των κρίσιμων πεδίων B_{c1} και B_{c2} για ένα τυπικό υπεραγωγίο υλικό τύπου II. Να δοθούν ρεαλιστικές τιμές για τα $B_{c1}(T=0 \text{ K})$ και $B_{c2}(T=0 \text{ K})$. Να σχολιαστούν συνοπτικά οι περιοχές του διαγράμματος που σχηματίζονται.

γ) Η μαγνήτιση κόρου του μεταλλικού κυβικού Ni είναι $4.85 \times 10^5 \text{ J/(T m}^3)$ σε κανονικές συνθήκες. Να υπολογιστεί η μαγνητική ροπή και ο αριθμός των μαγνητόνων Bohr ανά ιόν Ni. Η κρυσταλλική πυκνότητα του Ni είναι 8.908 g/cm^3 , το ατομικό βάρος του είναι 58.7, $N_A = 6.023 \times 10^{23}$ και $\mu_B = 9.27 \times 10^{-24} \text{ J/T}$.

6°: α) Ποιά είδη ηλεκτρικής πόλωσης εμφανίζει ένα ομοιοπολικό στερεό όπως το Ge; Πού οφείλεται η μεγάλη τιμή της στατικής διηλεκτρικής "σταθεράς" αυτού ($\epsilon_r = 16$);

β) Τι είναι το φαινόμενο του πιεζοηλεκτρισμού; Ποιά η προϋπόθεση εμφάνισης του φαινομένου σε ένα υλικό; Εξηγήστε αναλυτικά με τη χρήση σχήματος.

γ) Να δοθούν οι ορισμοί της παραμένουσας μαγνήτισης και του συνεκτικού πεδίου ενός σιδηρομαγνητικού υλικού. Να σχεδιαστούν στο ίδιο διάγραμμα ο βρόχος υστέρησης ενός μαλακού και ενός σκληρού μαγνητικού υλικού. Σχολιάστε.

Επιστήμη Υλικών V

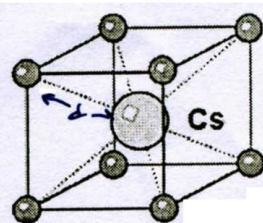
Όλα τα θέματα είναι ισοδύναμα, το άριστα αντιστοιχεί στην επιτυχή απάντηση-διαπραγμάτευση 5 θεμάτων.

Θέμα 1^ο: Δίνονται τα διανύσματα που ορίζουν ένα δισδιάστατο κρυσταλλικό πλέγμα: $\mathbf{a}_1 = \mathbf{i}/2$, $\mathbf{a}_2 = \mathbf{i} + \mathbf{j}$ όπου \mathbf{i}, \mathbf{j} είναι τα μοναδιαία και κάθετα μεταξύ τους διανύσματα ενός καρτεσιανού συστήματος αξόνων. Στα σημεία που ορίζονται από το πλέγμα Bravais της μορφής $n\mathbf{a}_1 + m\mathbf{a}_2$, όπου n και $m \dots -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots$, υπάρχουν άτομα. Σχεδιάστε το πλέγμα και βρείτε τα πλησιέστερα άτομα του ατόμου στη θέση $\mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2$.

Θέμα 2^ο: Ποιες είναι οι κύριες διαφορές μεταξύ των μονωτών, των μετάλλων και των ημιαγωγών όσο αφορά τις ενεργειακές καταστάσεις των ηλεκτρονίων τους; Για πιο λόγο οι διαφορές που περιγράψατε οδηγούν σε διαφορετικές ηλεκτρικές ιδιότητες;

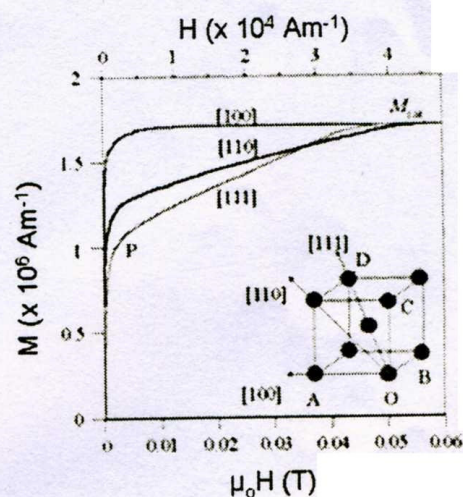
Θέμα 3^ο: Σχεδιάστε το ενεργειακό διάγραμμα των ηλεκτρονίων μιας ετεροεπαφής τύπου (pn) αποτελούμενη από δύο ίδιους ημιαγωγούς με το ίδιο ποσοστό προσμίξεων για τον τύπου n και τον τύπου p . Ποιες είναι οι φυσικές διαδικασίες που οδηγούν σε αυτό το ενεργειακό διάγραμμα; Ποια η φυσική διαδικασία για την λειτουργία της ετεροεπαφής ως ανορθωτή;

Θέμα 4^ο: α) Στο σχήμα απεικονίζεται η κυβική μοναδιαία κυψελίδα του CsBr πλεγματικής σταθεράς 0.4nm. Η ηλεκτρονική πολωσιμότητα των ιόντων Cs^+ και Br^- είναι $3.3 \times 10^{-40} \text{ Fm}^2$ και $4.5 \times 10^{-40} \text{ Fm}^2$, αντίστοιχα. Η μέση ιοντική πολωσιμότητα ανά ζεύγος ιόντων είναι $5.8 \times 10^{-40} \text{ Fm}^2$. Ποιά η διηλεκτρική σταθερά του CsBr στις χαμηλές συχνότητες και ποιά στις οπτικές συχνότητες; Να σχεδιαστεί ποιοτικά η εξάρτηση του πραγματικού μέρους της διηλεκτρικής "σταθεράς" του CsBr από την συχνότητα. Δίνεται: $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ (1.4 Μον.)



β) Τι είναι το ισοτοπικό φαινόμενο στους υπεραγωγούς; Γιατί πολλοί ερευνητές του πεδίου των υπεραγωγίων υλικών αναζητούν υλικά που αποτελούνται από ελαφρά χημικά στοιχεία; (0.6 Μον.)

Θέμα 5^ο: α) Τι είναι η ενέργεια μαγνητοκρυσταλλικής ανισοτροπίας; Στο σχήμα παρουσιάζεται η εξάρτηση της μαγνήτισης ως συνάρτηση του εφαρμοζόμενου μαγνητικού πεδίου για το σίδηρο σε θερμοκρασία δωματίου ως προς τις κρυσταλλικές διευθύνσεις [100], [110] και [111]. i) Να υπολογιστεί η μαγνητική επαγωγή B στο εσωτερικό του υλικού, όταν η μαγνήτιση του είναι στον κόρο. ii) Ποια είναι η διεύθυνση εύκολης και ποια δύσκολης μαγνήτισης και γιατί. iii) Να εξηγηθεί αναλυτικά τι θα συμβεί αν εφαρμοστεί μαγνητικό πεδίο σε κρύσταλλο σιδήρου στη διεύθυνση [111], του οποίου η ένταση αυξάνεται βαθμιαία μέχρι την μαγνήτιση κόρου. Δίνεται: $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ T}^2 \text{m}^3 \text{J}^{-1}$.



β) Τι είναι η θερμοκρασία Curie ενός σιδηροηλεκτρικού υλικού; Ποιες κρυσταλλικές δομές εμφανίζουν πιεζοηλεκτρισμό. Εξηγήστε με τη χρήση σχήματος. Πως ορίζεται ο πυροηλεκτρικός συντελεστής p ; Τι μονάδες έχει; Αναφέρετε συνοπτικά πυροηλεκτρικά υλικά και εφαρμογές αυτών.

Θέμα 6^ο: α) Να υπολογιστεί η παραμαγνητική επιδεκτικότητα των ηλεκτρονίων αγωγιμότητας του Au. Αν η πειραματικά μετρήσιμη τιμή αυτής είναι -3.6×10^{-5} , να εκτιμηθεί η διαμαγνητική συνεισφορά στη μετρούμενη επιδεκτικότητα για το Au ($n = 5.9 \times 10^{28} \text{ m}^{-3}$, $E_F = 5.49 \text{ eV}$). Δίνονται: $\mu_B = 9.27 \times 10^{-24} \text{ J/T}$, $\mu_0 = 1.26 \times 10^{-6} \text{ T}^2 \text{m}^3 \text{J}^{-1}$ και $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

β) Να σχεδιαστεί ποιοτικά η ειδική αντίσταση ως συνάρτηση της θερμοκρασίας για ένα τυπικό αγωγίμο και ένα υπεραγωγίμο υλικό με κρίσιμη θερμοκρασία T_c . Τι γνωρίζετε για το φαινόμενο Meissner;

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ: Επιστήμης των Υλικών

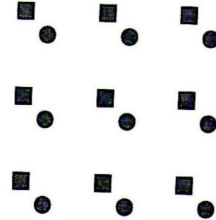
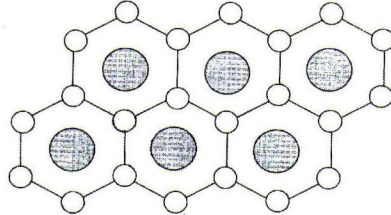
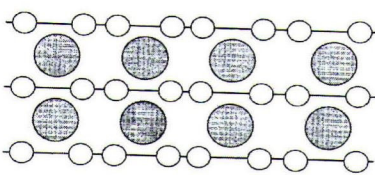
Χρόνος: 15/11/2011, 17:00-20:00

Διδάσκοντες: Δρ. Ι.Κούτσελας, Δρ. Κ.Παπαγγελής.

Επιστήμη Υλικών V

Όλα τα θέματα είναι ισοδύναμα, το άριστα αντιστοιχεί στην επιτυχή απάντηση-διαπραγμάτευση 5 θεμάτων.

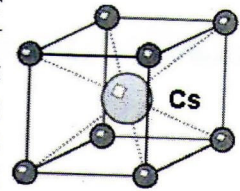
Θέμα 1°: Είναι οι δισδιάστατες δομές, αναπαραγόμενες στο άπειρο, κρυσταλλικά πλέγματα Bravais; Εάν κάποια δομή είναι, περιγράψτε για αυτή τα θεμελιώδη κρυσταλλικά διανύσματα και τη βάση της.



Θέμα 2°: Περιγράψτε τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα κατά την επαφή ενός μετάλλου και ενός ημιαγωγού. Εξηγήστε την συμπεριφορά της ετερο-επαφής υπό την επίδραση ηλεκτρικού πεδίου.

Θέμα 3°: Εξηγήστε τι είναι το άμεσο και το έμμεσο ενεργειακό χάσμα στην θεωρία των ημιαγωγών. Δώστε ένα παράδειγμα πραγματικού υλικού σε κάθε περίπτωση. Πως επιδρά στα φάσματα απορρόφησης ακτινοβολίας σαν συνάρτηση του μήκους κύματος της ακτινοβολίας, η ύπαρξη ενεργειακού χάσματος και το είδος του ενεργειακού χάσματος;

Θέμα 4°: α) Στο σχήμα απεικονίζεται η κυβική μοναδιαία κυψελίδα του CsBr πλεγματικής σταθεράς 0.4nm. Η ηλεκτρονική πολωσιμότητα των ιόντων Cs^+ και Br^- είναι $3.3 \times 10^{-40} \text{ Fm}^2$ και $4.5 \times 10^{-40} \text{ Fm}^2$, αντίστοιχα. Η μέση ιοντική πολωσιμότητα ανά ζεύγος ιόντων είναι $5.8 \times 10^{-40} \text{ Fm}^2$. Πόσα ζεύγη ιόντων ανήκουν στην κυψελίδα; Ποιά η διηλεκτρική σταθερά του CsBr στις χαμηλές συχνότητες και ποιά στις οπτικές συχνότητες; Να σχεδιαστεί ποιοτικά η εξάρτηση του πραγματικού μέρους της διηλεκτρικής "σταθεράς" του CsBr από την συχνότητα. Ποιο είδος πόλωσης δεν εμφανίζει το CsBr και γιατί; Δίνεται: $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ F/m}$ (1.3 Μον.)



β) Τι γνωρίζεται για το ισοτοπικό φαινόμενο στους υπεραγωγούς; Γιατί οι υπεραγωγοί τύπου II είναι κατάλληλοι για εφαρμογές; (0.7 Μον.)

Θέμα 5°: α) Να σχεδιαστεί πλήρης βρόχος υστέρησης (M-H) ενός αρχικά μη μαγνητισμένου σιδηρομαγνητικού πολικρυσταλλικού υλικού. Να σημειωθούν στο σχήμα και να ορισθούν η μαγνήτιση κόρου $M_{\text{κορ}}$, το συνεκτικό πεδίο H_c και η παραμένουσα μαγνήτιση M_r . Να σχεδιαστούν ποιοτικά οι βρόχοι υστέρησης ενός μαλακού και ενός σκληρού μαγνητικού υλικού. Ποιες οι εφαρμογές αυτών; Πώς απομαγνητίζουμε στην πράξη ένα σιδηρομαγνητικό υλικό; (1.2 Μον.)

β) Τι είναι ο πεζοηλεκτρισμός; Ποιά ιδιαιτερότητα έχουν οι κρυσταλλικές δομές που τον εμφανίζουν; Αναφέρετε συνοπτικά πεζοηλεκτρικά υλικά και εφαρμογές αυτών. (0.8 Μον.)

Θέμα 6°: α) Στη θερμοκρασία βρασμού του He (-268.90°C) ένας υπεραγωγός με $T_c = 20\text{K}$ έχει κρίσιμο πεδίο 35T. Αν το υλικό αυτό χρησιμοποιηθεί για τη κατασκευή υπεραγωγίμου μαγνήτη 12T να εκτιμηθεί η μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του. (0.8 Μον.)

β) Τι είναι η ενέργεια μαγνητοκρυσταλλικής ανισοτροπίας καθώς και οι άξονες εύκολης και δύσκολης μαγνήτισης; Αναφέρεται παράδειγμα. Τι είναι τα τοιχώματα Bloch ενός σιδηρομαγνητικού υλικού; Γιατί έχουν πεπερασμένο πάχος; (0.7 Μον.)

γ) Να σχεδιαστεί ποιοτικά η γραφική παράσταση $\chi = \chi(T)$ για ένα τυπικό παραμαγνητικό, διαμαγνητικό και σιδηρομαγνητικό υλικό. (0.5 Μον.)

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ: Επιστήμης των Υλικών

Χρόνος: 07/2/2013, 09:00-12:00

Διδάσκοντες: Δρ. Ι.Κούτσελας, Δρ. Κ.Παπαγγελής.

Όνομα εξεταζομένου:

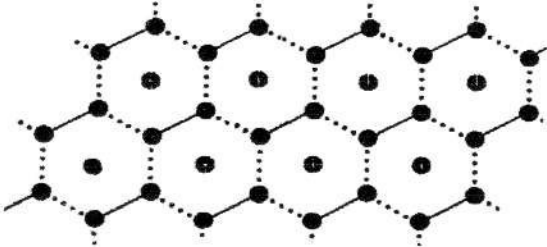
ΑΜ:

Επιστήμη Υλικών V

Όλα τα θέματα είναι ισοδύναμα, το άριστα αντιστοιχεί στην επιτυχή απάντηση-διαπραγμάτευση 5 θεμάτων.

Θέμα 1^ο: Να υπολογιστούν η ενέργεια Fermi E_F και η πυκνότητα καταστάσεων $g(E)$ ενός τρισδιάστατου μεταλλικού υλικού σε $T=0K$. Θεωρείστε ότι τα e δεν αλληλεπιδρούν και βρίσκονται σε ένα τρισδιάστατο κβαντικό πηγάδι απείρου βάθους. Είναι χρήσιμη η $g(E)$ στην κατανόηση των ιδιοτήτων των υλικών; Αν ναι, δώστε ένα παράδειγμα. (2 Μον.)

Θέμα 2^ο: α) Περιγράψτε τη κρυσταλλική δομή του πυριτίου; Θεωρείτε ότι είναι πλέγμα Bravais; β) Είναι τα παρακάτω πλέγματα Bravais; Στα (α) και (β) εάν είναι περιγράψτε με σαφή τρόπο τα θεμελιώδη διανύσματα και τη βάση τους. (2 Μον.)



Θέμα 3^ο: Θεωρείστε ότι τα ηλεκτρόνια σε περιοδικό μονοδιάστατο(1D) κρυσταλλικό πλέγμα μπορούν να περιγραφούν με κυματοσυναρτήσεις οδεύοντος κύματος ή με ακρίβεια $u(\mathbf{r})\exp(i\mathbf{k}\cdot\mathbf{r})$, όπου $u(\mathbf{r}+\mathbf{R})=u(\mathbf{r})$ και \mathbf{R} διάνυσμα Bravais. Σχεδιάστε διάγραμμα ενέργειας των ηλεκτρονίων που ανήκουν σε τέτοιο υλικό σαν συνάρτηση του κυματανύσματος \mathbf{k} . Συζητήστε τη διαφορά μετάλλων, ημιαγωγών και μονωτών με βάση αυτό το διάγραμμα, καθώς και των ημιαγωγών αμέσου και εμμέσου χάσματος. Ποια η σημασία και οι τιμές του \mathbf{k} στο 1D σύστημα; Εξηγήστε εάν είναι χρήσιμα τα διαγράμματα ενεργειών στον σχεδιασμό ηλεκτρονικών συσκευών; (2 Μον.)

Θέμα 4^ο: α) Εξηγήστε γιατί όλα τα υλικά εμφανίζουν διαμαγνητική συμπεριφορά. Να σχεδιαστεί ποιοτικά η γραφική παράσταση $\chi=\chi(T)$ για ένα τυπικό διαμαγνητικό, παραμαγνητικό και σιδηρομαγνητικό υλικό. Αποδείξτε ότι ο τέλειος υπεραγωγός είναι και το τέλειο διαμαγνητικό υλικό ($\chi=-1$). (1 Μον.)

β) Ένας υπεραγωγός έχει $T_c=21K$. Στους 4K το κρίσιμο πεδίο είναι 30T. Αν το εν λόγω υλικό χρησιμοποιηθεί ως μαγνήτης 10T, εκτιμήστε τη μέγιστη θερμοκρασία λειτουργίας του. Ποιος ο τύπος του υπεραγωγού και γιατί; (1 Μον.)

Θέμα 5^ο: α) Να σχεδιαστεί ποιοτικά η εξάρτηση του πραγματικού μέρους της διηλεκτρικής "σταθεράς" από την συχνότητα στην συχνοτική περιοχή $0-10^{17}$ Hz για ένα τυπικό ιοντικό και πολυμερικό υλικό. Να σημειωθεί στο διάγραμμα σε ποιές συχνοτικές περιοχές λαμβάνουν χώρα οι εμπλεκόμενοι μηχανισμοί πόλωσης. (1.3 Μον.)

β) Τι γνωρίζεται για το ισοτοπικό φαινόμενο στους υπεραγωγούς; (0.7 Μον.)

Θέμα 6^ο: α) Ποιοι κρύσταλλοι ονομάζονται σιδηροηλεκτρικοί; Να αναφέρεται συνοπτικά το παράδειγμα του $BaTiO_3$. (0.7 Μον.)

β) Τι είναι η κορυφή αποκατάστασης; Ποια η φυσική σημασία της; Τι εκφράζει το μιγαδικό μέρος της διηλεκτρικής συνάρτησης; (0.6 Μον.)

γ) Να σχεδιαστεί ποιοτικά και να σχολιαστεί η εξάρτηση της μαγνήτισης κόρου από την θερμοκρασία. Ποιά ονομάζονται σκληρά και ποιά μαλακά μαγνητικά υλικά; Εφαρμογές αυτών. (0.7 Μον.)

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ