

**Ε.Μ.Π., Τομέας Φυσικής - ΣΕΜΦΕ, 6^ο Εξάμηνο, Ακαδ. Έτος 2004-2005
ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ-ΟΠΤΙΚΕΣ, ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΥΛΗΣ
ΚΑΙ ΥΠΕΡΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ**

Ημ. εξέτασης: 21/09/2005, Διδάσκων: Επίκ. Καθ. Γ. Βαρελογιάννης
Η εξέταση διαρκεί 2½ ώρες με ανοιχτές σημειώσεις

Μέρος Α:

Οι απαντήσεις πρέπει μεν να είναι σύντομες, όμως όταν θεωρηθούν σωστές μόνον εάν είναι επαρκώς τεκμηριωμένες.

A.1: Χρησιμοποιούμε την χατανομή Fermi – Dirac για την περιγραφή των ηλεκτρονικών καταστάσεων ενός συστήματος. Μπορούμε να θεωρήσουμε το πρότυπο Drude για τη μελέτη της οπτικής του συμπεριφοράς;

A.2: Θεωρούμε ένα πλέγμα στις χορυφές του οποίου βρίσκονται ιόντα το χαθένα από τα οποία έχει μια συνολική μαγνητική ροπή J . Οι ροπές αλληλεπιδρούν με μια αλληλεπιδραση ανταλλαγής η οποία περγράφεται από μια Χαμηλοτονιανή Heisenberg. Για τη μελέτη της μαγνήτισης του συστήματος εργαζόμαστε στην αναπαράσταση θέσης ή στην αναπαράσταση ορμής; Γιατί;

A.3: Πειραματικές μετρήσεις σε χάπιο υλικό μας δίνουν την πραγματική πλευρά της διηλεκτρικής του επιδεκτικότητας πρακτικά σε όλο το φάσμα των συχνοτήτων. Πώς όταν μπορούσαμε να αναλύσουμε τα δεδομένα των μετρήσεων αυτών ώστε να διαπιστώσουμε εάν το υλικό είναι μέταλλο ή μονωτής;

A.4: Γιατί στα πλαίσια της θεωρίας Ginzburg – Landau για την υπεραγωγιμότητα, στο ανάπτυγμα της ελεύθερης ενέργειας ως προς την παράμετρο τάξης υπεισέρχονται μόνον όρτιες δυνάμεις της απόλυτης τιμής της παραμέτρου τάξεως.

A.5: Πώς η συμμετρία που σπάει χατα την υπεραγώγιψη μετάβαση σχετίζεται με τη διγμιούργια ζευγών Cooper;

Μέρος Β:

Θεωρούμε ένα τρισδιάστατο τετραγωνικό πλέγμα με πλεγματικές σταθερές $a = b$ στο επίπεδο xy και $c > a$ κατά τον άξονα z . το πλέγμα έχει συνολικά N χορυφές. Σε κάθε χορυφή του πλέγματος βρίσκονται ιόντα Τιερβίου Yb^{4+} το χαθένα από τα οποία έχει 12 ηλεκτρόνια τύπου f ($l = 3$) στην εξωτερική του στοιβάδα.

B.1: Παρουσιάζετε ενός εξωτερικού μαγνητικού πεδίου να βρείτε την μαγνήτιση που προκύπτει συναρτήσει του πεδίου και της θερμοκρασίας. Να βρείτε τη

μαγνητική επιδεκτικότητα.

B.2: Εάν θεωρούσαμε ότι στις μισές κορυφές του πλέγματος, αντί για ιόντα Yb^{4+} έχουμε ιόντα Νεοδυμίου Nd^{2+} το καθένα από τα οποία έχει 4 ηλεκτρόνια τύπου f . Για ένα συγκεκριμένο μαγνητικό πεδίο και μια συγκεκριμένη θερμοχρασία, η μαγνήτιση του συστήματος θα είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη;

B.3: Να απαντήσετε στα ερωτήματα της B.1 υπό τις συνθήκες της B.2. Είναι απαραίτητο να είναι τυχαία η κατανομή των ιόντων Νεοδυμίου και Ττερβίου για να ισχύει το αποτέλεσμα;

Μέρος Γ:

Το σύστημα της B.1 δείχνει αυθόρμητη μαγνήτιση. Προσπαθούμε να την υπολογίσουμε χάνοντας μια προσέγγιση μέσου πεδίου (μέσα στα πλαίσια της θεωρίας Weiss) πάνω σε μία χαμηλονιανή ανταλλαγής του Heisenberg όπου υποθέτουμε ότι πάνω στο τετραγωνικό πλέγμα το κάθε ιόν έχει μια ενέργεια αλληλεπίδρασης ανταλλαγής C με τον καθένα από τους 4 πλησιέστερους γείτονες στο επίπεδο xy και μια αλληλεπίδραση ανταλλαγής η κατά τον άξονα z .

Γ.1: Υποθέτοντας ότι $\eta \approx 0$ και χωρίς καμία προσθετή πληροφορία ως προς τη συμμετρία του προβλήματος, είναι δυνατόν να υπολογίσουμε πεκερασμένη αυθόρμητη μαγνήτιση συναρτήσει του C και της θερμοχρασίας όταν N είναι πολύ μεγάλο; Εξηγήστε.

Γ.2: Υποθέτουμε ότι $\eta \approx C$. Να γράψετε την εξίσωση αυτοσυνέπειας που μας δίνει συναρτήσει του C την αυθόρμητη μαγνήτιση και να βρείτε τη μαγνητική επιδεκτικότητα και την χρίσιμη θερμοχρασία επίσης συναρτήσει του C .

Γ.3: Εάν $\eta \neq C$ να απαντήσετε στα ερωτήματα της Γ.2: συναρτήσει και του η .

Γ.4: Το υλικό δείχνει αντισιδηρομαγνητισμό τέτοιον ώστε όλες οι χοντινότερες ροπές προς όλες τις κατευθύνσεις x , y και z να έχουν αντίθετη φορά. Ονομάζοντας A και B τα δύο υποπλέγματα μέσα στα οποία η τάξη είναι αιδηρομαγνητική, να βρείτε τις εξισώσεις αυτοσυνέπειας που δίνουν τις αντιστοιχες μέσες μαγνητικές ροπές M_A και M_B καθώς και την χρίσιμη θερμοχρασία συναρτήσει των C και η .