

**ΔΙΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ-ΟΠΤΙΚΕΣ, ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ  
ΤΗΣ ΥΛΗΣ ΚΑΙ ΥΠΕΡΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ**

Ημερομηνία εξέτασης: 29/08/2006

Διδάσκων: Επίκ. Καθ. Γ. Βαρβλογιάννης

Η εξέταση διαρχεί 2½ ώρες με ανοιχτό το βιβλίο του μαθήματος μόνον.

**Μέρος Α:**

Οι απαντήσεις πρέπει μεν να είναι σύντομες, δημοσίες ή ανερηθούν πωτές μόνον εάν είναι επαρκώς τεκμηριωμένες (χωρίς πράξεις).

**A.1:** Πώς σχετίζεται το υπεραγώγιμο γάσμα με τη μηδαμινή ηλεκτρική αντίσταση ενός υπεραγωγού;

**A.2:** Πώς η συμμετρία που σπάει κατά την υπεραγώγιμη μετάβαση σχετίζεται με το γεγονός ότι η μαγνητική ροή που μπορεί να παγιδευθεί μέσα σε ένα υπεραγώγιμο διαχυτούλιδο μπορεί να πάρει μόνον χβαντισμένες τιμές;

**A.3:** Μια σιδηρομαγνητική μετάβαση περιγράφεται με ακρίβεια από τα αποτελέσματα μια προσέγγισης τύπου Weiss. Μπορούμε να αγνοήσουμε τις διωκυμάνσεις της παραμέτρου τάξεως;

**A.4:** Ενα υλικό σε μηδενική θερμοκρασία δείχνει παραμαγνητισμό του Pauli. Ποιά αναμένεται να είναι πιοτικά η οπτική του συμπεριφορά συναρτήσει της συχνότητας του φωτός.

**A.5:** Σε ένα υλικό οι μαγνητικές αλληλεπιδράσεις περιγράφονται με φυσική ακρίβεια από τη χαμιλτονιανή Heisenberg. Εργαζόμαστε στην αναπαράσταση θέσης ή στην αναπαράσταση ωρμής για τη μελέτη των μαγνητικών του ιδιωτήτων; Γιατί;

**A.6:** Ενα υλικό δείχνει σιδηροηλεκτρισμό κάτω από μια χρίσιμη θερμοκρασία. Μπορούμε να θεωρήσουμε την εξίσωση Boltzmann για να περιγράψουμε φανόμενα μεταγραφάς στο υλικό αυτό;

**Μέρος Β:**

Θεωρούμε ένα σύνολο από N ιόντα Υτερμπίου  $\text{Yb}^+$  πάνω σε ένα δυδιάστατο τετραγωνικό πλέγμα (N πολύ μεγάλο). Το χαλένα από τα ιόντα αυτά έχει 11 ηλεκτρόνια τύπου f ( $f = 3$ ) στην εξωτερική του στοιβάδα. Θεωρούμε ότι έχει ένα όμοιο δυδιάστατο πλέγμα στις χορυφές του οποίου βρίσκονται μαγνητικές ροπές ίσες με αυτές ενός ηλεκτρονίου ( $J = S = 1/2$ ). Ονομάζουμε Α το πλέγμα των ιόντων Υτερμπίου και Β το πλέγμα των  $J = S = 1/2$  ροπών.

**B.1:** Θεωρούμε ότι ήλες οι ροπές είναι αγεχάρτητες. Παρουσία ενός μαγνητικού πεδίου να δώσετε τη μαγνήτιση του συνόλου  $\text{A} + \text{B}$  συναρτήσει της θερμοκρασίας και του πεδίου. Να δώσετε τη μαγνητική επιδεκτικότητα του συνόλου.

**B.2:** Τι θα άλλαξε στα αποτελέσματα της B.1 εάν αντί για ιόντα Υτερμπίου θεωρούσαμε κλασσικές μαγνητικές ροπές στο πλέγμα A; Όντας  $\text{J} = S = 1/2$  θεωρούσαμε κλασσικές μαγνητικές ροπές στο πλέγμα A;

**B.3:** Θεωρούμε ότι κάθε μαγνητική ροπή του A αλληλεπιδρά μόνον με αυτή των 4 πλησιέστερων γειτόνων με μία αλληλεπιδραση η οποία περιγράφεται από τη χαμιλτονιανή Heisenberg με ενέργεια ανταλλαγής C. Κάτω από μια χρίσιμη θερμοκρασία το σύστημα στο πλέγμα A δείχνει σιδηρομαγνητισμό. Κάνοντας μια προσέγγιση Μέσου ή Μοριακού πεδίου του Weiss, να βρείτε την εξίσωση αυτού συνέπειας για την αυθόρυμη μαγνήτιση του πλέγματος A ( $M_A$ ) και να εκφράσετε την χρίσιμη θερμοκρασία της μετάβασης συναρτήσει της αλληλεπιδρασης ανταλλαγής C.

**B.4:** Υπό τις συνθήκες της B.3, όταν εμφανισθεί η αυθόρυμη μαγνήτιση  $M_A$ , πλησιάζουμε το πλέγμα B αρχετά χοντά στο A ώστε να μπορούμε να υποθέσουμε ότι η  $M_A$  είναι ένα εξωτερικό πεδίο για το πλέγμα B. Πώς πρέπει να υπολογίσουμε την ολική μαγνήτιση του συστήματος των δύο πλεγμάτων;

**B.5:** Υποθέτουμε τώρα ότι και στο σύστημα B κάθε μαγνητική ροπή αλληλεπιδρά μόνον με αυτή των 4 πλησιέστερων γειτόνων με μία αλληλεπιδραση η οποία περιγράφεται από τη χαμιλτονιανή Heisenberg με ενέργεια ανταλλαγής Η. Θεωρούμε ότι τα πλέγματα είναι αρχετά χοντά ώστε η μαγνήτιση τους ενός πλέγματος να μπορεί να θεωρηθεί παν ένα εξωτερικό πεδίο για το άλλο πλέγμα. Ποιές εξισώσεις δίνουν τις  $M_A$  και την  $M_B$  συναρτήσει των C και Η;

**B.6:** Τώρα υποθέτουμε ότι τα δύο πλέγματα είναι τόσο χοντά, ώστε υπάρχει μια αλληλεπιδραση ανταλλαγής C κάθε ροπής του A με την χοντινότερη ροπή του B, επιπλέον των αλληλεπιδράσεων ανταλλαγής C και Η. Να βρείτε τη συνολική μαγνήτιση του συστήματος χοιλώς και την χρίσιμη θερμοκρασία συναρτήσει των αλληλεπιδράσεων ανταλλαγής.