

Ε.Μ.Π., Τομέας Φυσικής - ΣΕΜΦΕ, 6<sup>ο</sup> Εξάμηνο

Ακαδ. Ετος 2006-2007

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

Ημερομηνία εξέτασης: 18/09/2007

Διδάσκων: Επίκ. Καθ. Γ. Βαρελογιάννης

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

---

**Μέρος Α:**

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

**A.1:** Για την περιγραφή της ηλεκτρονικής συμπεριφοράς ενός σιδηροηλεκτρικού υλικού εργαζόμαστε στην αναπαράσταση θέσης ή στην αναπαράσταση οριής · Γιατί ·

**A.2:** Είναι δυνατόν μια διεπαφή Josephson να μην τη διαπερνά κανένα DC ρεύμα Josephson ; Αν ναι πως όταν μπορούσαμε να την κατασκευάσουμε ευκολότερα κατα τη γνώμη σας ;

**A.3:** Σε μια σιδηρομαγνητική μετάβαση η παράμετρος τάξης αυξάνεται σαν την τετραγωνική ρίζα της απόκλισης από την χρίσιμη θερμοκρασία κοντά στην χρίσιμη θερμοκρασία. Μπορούμε να αγνοήσουμε τις διακυμάνσεις της παραμέτρου τάξεως ;

**A.4:** Σε μη συμβατικούς υπεραγωγούς όπως το ήλιο τρία, η εμφάνιση της υπεραγωγιμότητας συνοδεύεται από την εμφάνιση αυθόρυμητης μαγνήτισης. Να περιγράψετε μερικές από τις συμμετρίες που σπάνε κατά τη μετάβαση αυτή.

**A.5:** Παρατηρούμε ότι σε μια σιδηρομαγνητική μετάβαση φάσης, η μαγνήτιση εμφανίζεται απότομα στο  $T_c$ . Εάν όταν θέλαμε να μοντελοποιήσουμε τη μετάβαση αυτή στα πλαίσια της θεωρίας Landau, να δώσετε την απλούστερη μορφή της ελεύθερης ενέργειας Landau τεκμηριώνοντας βέβαια την απάντησή σας.

**A.6:** Αν η ενέργεια των φωνονίων ήταν ίση με αυτή των φορέων όταν μπορούσε να υπάρξει συμβατική υπεραγωγιμότητα ; Γιατί ;

## Μέρος Β:

Θεωρούμε ένα σύνολο από  $N$  ιόντα Υτερμπίου  $Yb^{3+}$  πάνω σε ένα δυδιάστατο τετραγωνικό πλέγμα ( $N$  πολύ μεγάλο). Το καθένα από τα ιόντα αυτά έχει 12 ηλεκτρόνια τύπου  $f$  ( $l = 3$ ) στην εξωτερική του στοιβάδα. Θεωρούμε ότι η μαγνητική ροτή του καθενός από αυτά αλληλεπιδρά με τις άλλες ροπές με μία αλληλεπίδραση η οποία περιγράφεται από τη χαμιλτονιανή *Heisenberg* με ενέργεια ανταλλαγής  $\zeta$  με αυτή των 4 πρώτων πλησιέστερων γειτόνων,  $\eta$  με αυτή των 4 δεύτερων πλησιέστερων γειτόνων και  $\theta$  με αυτή των 4 τρίτων πλησιέστερων γειτόνων

**B.1:** Κάτω από μια χρίσιμη θερμοκρασία το σύστημα δείχνει **σιδηρομαγνητισμό**. Κάνοντας μια προσέγγιση Μέσου ή Μοριακού πεδίου του *Weiss*, να βρείτε την εξίσωση αυτοσυνέπειας για την αυθόρυμη μαγνήτιση, την επιδεκτικότητα και την χρίσιμη θερμοκρασία της μετάβασης συναρτήσει των αλληλεπιδράσεων ανταλλαγής  $\zeta$ ,  $\eta$  και  $\theta$ .

**B.2:** Υποθέτουμε τώρα ότι το σύστημα δείχνει **αντισιδηρομαγνητισμό**. Το τετραγωνικό πλέγμα χωρίζεται σε δύο όμοια υποπλέγματα A και B τέτοια ώστε στην αντισιδηρομαγνητική κατάσταση τάξης η μαγνήτιση στο υποπλέγμα A είναι αντιπαράλληλη αυτής του υποπλέγματος B. Να κάνετε μια προσέγγιση τύπου *Weiss* μέσου ή μοριακού πεδίου για το κάθε υποπλέγμα (προσέγγιση *Neel*) και να βρείτε τις εξισώσεις που δίνουν τη μαγνήτιση του κάθε υποπλέγματος συναρτήσει των αλληλεπιδράσεων ανταλλαγής  $\zeta$ ,  $\eta$  και  $\theta$ .

## Μέρος Γ:

**Γ.1:** Θεωρούμε και ένα δεύτερο επίπεδο όμοιο με αυτό του Μέρους Β το οποίο όμως αποτελείται από ιόντα Υτερμπίου  $Yb^{4+}$ . Τα δύο επίπεδα βρίσκονται σε τέτοια απόσταση μεταξύ τους έτσι ώστε οποιαδήποτε αλληλεπίδρασή τους να θεωρείται μηδαμινή. Στο δεύτερο επίπεδο τα ιόντα έχουν μόνον μια αλληλεπίδραση ανταλλαγής  $\zeta$  με τους **χοντινότερους γείτονες**. Να περιγράψετε την εξάρτηση με τη θερμοκρασία της συνολικής μαγνήτισης των δύο επιπέδων (δώστε τις εξισώσεις από τις οποίες προκύπτει η μαγνήτιση συναρτήσει όλων των αλληλεπιδράσεων ανταλλαγής).

**Γ.2:** Τι θα άλλαζε στο ερώτημα της Γ.1: εάν εφαρμόζαμε ένα σταθερό μαγνητικό πεδίο  $B$ ;

**Γ.3:** Φέρουμε τα δύο επίπεδα αρκετά κοντά έτσι ώστε η μαγνήτιση του ενός επιπέδου να θεωρείται σαν ένα εξωτερικό πεδίο για το άλλο επίπεδο. Ποιά θα είναι: η εξάρτηση με τη θερμοκρασία της αυθόρυμης μαγνήτισης του συστήματος των δύοι επιπέδων (δώστε τις εξισώσεις αυτοσυνέπειας συναρτήσει όλων των αλληλεπιδράσεων ανταλλαγής).