

Ε.Μ.Π., Τομέας Φυσικής - ΣΕΜΦΕ, 6<sup>ο</sup> Εξάμηνο  
Ακαδ. Έτος 2007-2008

**ΔΙΗΛΑΕΚΤΡΙΚΕΣ-ΟΠΤΙΚΕΣ, ΜΑΓΝΗΤΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ  
ΤΗΣ ΓΛΗΣ ΚΑΙ ΥΠΕΡΑΓΓΙΓΜΟΤΗΤΑ**

Ημερομηνία εξέτασης: 17/07/2008

Διδάσκων: Επίκ. Καθ. Γ. Βερελογιάννης

Η εξέταση διαρκεί  $2\frac{1}{2}$  ώρες με ανοιχτό το βιβλίο του μαθήματος μόνον.

**Μέρος Α:**

Οι απαντήσεις πρέπει μεν να είναι σύντομες, διώχς θα θεωρηθούν σωστές μόνον εάν είναι επαρκώς τεκμηρωμένες (χωρίς πράξεις).

**Ά.1:** Στον τομέα της κανονεγολογίας επιδίωκουμε κβαντικές δομές με διαστάσεις δύο και μεγότερες της τάξης του νανομετρού. Μία δομή του αντιστοιχεί σε ένα πηγάδι δυναμικού του οποίου δύοι οι χωρεκές διαστάσεις τείνουν στο μηδέν ονομάζεται κβαντική τελεία. Είναι δυνατόν να παγιδεύσουμε τα δύο ηλεκτρόνια ενός ζεύγους Cooper σε μία κβαντική τελεία ; Γιατί ;

**Ά.2:** Σε κάποιο υλικό το οποίο δείχνεται παραμαγνητισμός του Pauli ποιά αναμένεται να είναι η οπτική της συμπεριφορά στα συνάρτηση του μήκους κύματος των φωτός που το διεγείρει ; (ποιοτικά).

**Ά.3:** Γιατί ένα ηλεκτρονικό σύστημα μπορεί να έχει ενεργειακό "συμφέρον" να γίνει υπεραγωγής ; Γιατί σε ένα υπεραγωγό η ηλεκτρική του αντίσταση είναι μηδαμηνή ;

**Ά.4:** Μια σιδηροηλεκτρική μετάβαση είναι τέτοια ώστε κοντά στην κρίσιμη θερμοκρασία η διηλεκτρική επιδεικτικότητα αυξάνεται σαν το αντίστροφο της θερμοκρασικής απόστασης από την κρίσιμη θερμοκρασία καθώς ηληκτρίζουμε την κρίσιμη θερμοκρασία. Επιπλέον, με την εφαρμογή ενός ηλεκτρικού πεδίου αριθμών στην κρίσιμη θερμοκρασία η πόλωση είναι ανάλογη του πεδίου στη δύναμη 1/3. Θα υπάρχει συνίσταξη σιδηροηλεκτρισμού και παραηλεκτρισμού στο σημείο της μετάβασης ; Ποιά θα είναι η εξάστηση της πόλωσης με τη θερμοκρασία κοντά στην κρίσιμη θερμοκρασία ; ποιά είναι η σημασία των διασκυμάνσεων της πόλωσης ;

**Ά.5:** Από τις πιο εκπληκτικές πρόσφατες ανακαλύψεις στον τομέα των υλικών είναι αυτή του UGe<sub>2</sub> το οποίο δείχνει υπεραγωγιμότητα μόνον στη σιδηρομαγνητική του κατάσταση. Εξηγήστε γιατί μια τέτοια ανακαλύψη είναι τόσο σπάνια. Περιγράψτε μερικές από τις συμμετρίες οι οποίες έχουν σπάσει στην υπεραγωγή της κατάστασή του.

**Μέρος Β:**

Είμαστε σε θέση χρησιμοποιώντας συσκευές μοριακής επιταξίας να εναποθέτουμε διαφορετικά στρώματα διοικ τετραγωνικού πλέγματος το ένα πάνω στο άλλο, το οποίο αποτελούμενο ενδεχόμενα από διαφορετικά ιόντα. Με τον τρόπο αυτό δημιουργούμε ελεγχόμενες υπερδομές. Εστο Α είναι το δυνιάστικα πλέγμα του αποτελούμενο από N ίόντα  $Co^{3+}$  (το καθένα από τα οποία έχει 7 ηλεκτρόνια τύπου d ( $l = 2$  στις κορυφές του πλέγματος και B ένα απολύτως ίδιο δυνιάστικο πλέγμα με N ίόντα μαγνητίσιου Mn<sup>2+</sup>. Η ηλεκτρόνια τύπου d στην εξωτερική στοιβάδα). Και τα δύο επίπεδα A και B μπορούν να διέξουν αυθόρμητη μαγνήτιση. Θεωρούμε μια υπερδομή ABABAB... (εναλλάξ επίπεδα A και B κατά τον ίδιον z) αποτελούμενη συνολικά από 2W επίπεδα. Τισσόθετουμε δια το κέντρο μία έχει μια ενέργειας αλληλεπιδρούσης ανταλλαγής ζ μόνο με τον καθένα από τους 4 πλησιέστερους γείτονες μέσα στο επίπεδο στη καθώς και μια αλληλεπιδρούση ανταλλαγής η με τους δύο κοντινότερους γείτονες κατά τον ίδιον z (ανάμεσα στα διαφορετικά ιόντα).

**Β.1:** Θεωρούμε κατ αρχής ότι έχουμε μόνον ένα επίπεδο τύπου A το οποίο δείχνει αυθόρμητη μαγνήτιση. Προσπολούμε να την υπολογίσουμε κάνοντας μια φροσέγγιση μέσου των πεδίων (μέσα στα πλάσια της θεωρίας Weiss) πάνω σε μία καμπυλωτική ανταλλαγής του Heisenberg (δεδομένου ότι έχουμε μόνον ένα επίπεδο δεν υπάρχει).

Εργαζόμαστε στην αναπαράσταση θέσης ή στην αναπαράσταση οριής : Να βρείτε συναρτήσει της αλληλεπιδρούσης ανταλλαγής ζ :

α) Την μαγνητική επιδεικτικότητα.

β) Την εξίσωση αυτοσυνέπειας.

γ) Την κρίσιμη θερμοκρασία της σιδηρομαγνητικής μετάβασης.

δ) Θα υπάρξει συνήπαξη σιδηρομαγνητικών και παραμαγνητικών φάσεων στο σημείο της μετάβασης ; Τι συνεπάγεται αυτό για την θερμοκρασιακή εξάρτηση του συντελεστή του ύρου στο τετράγωνο της παραμέτρου τάξεων σε ένα ανάπτυγμα Landau της ελεύθερης ενέργειας ;

**Β.2:** Αν θεωρηθούν μεμονώματα, ποιά από τα επίπεδα A και B θα έχει την υψηλότερη κρίσιμη θερμοκρασία;

**Β.3:** Θεωρούμε από εδώ και στο εξής αλληληρη την υπερδομή. Αν υποθέσουμε ότι  $\eta \rightarrow 0$ ,  $W \rightarrow \infty$  και χωρίς κάποιο πρόσθετο δεδομένο ως προς την ανισοτροπία του προβλήματος ποιά θα είναι η μέση μαγνήτιση της υπερδομής καθώς μειώνεται η θερμοκρασία ; Γιατί ;

**Β.4:** Τισσόθετουμε ότι  $\eta \rightarrow 0$ . Παρουσιάστε ενές μικρού μαγνητικού πεδίου κατά τον ίδιον z η αυθόρμητη μαγνήτιση υποκουδήρωση επιπέδου είναι παράλληλη του πεδίου. Να βρείτε την εξάρτηση της μαγνήτισης της υπερδομής με τη θερμοκρασία (Σχεδιάστε ποιοτικά την εξάρτηση αυτή, δώστε τις εξισώσεις κυτοσυνέπειας, προσδιορίστε τις θερμοκρασίες στις οποίες επισερχούνται οι μεταβολές της μαγνήτισης, σχολιάστε).