

Κεφάλαιο 3:

Παραμαγνητισμός

Ανακεφαλαίωση (Με τι ασχοληθήκαμε)

Εξετάσαμε το απλό μοντέλο του παραμαγνητικού στερεού. Μελετήσαμε αρχικά με την βοήθεια της κανονικής κατανομής την μαγνήτιση, την μαγνητική επιδεκτικότητα, την θερμοχωρητικότητα και την εντροπία του συστήματος. Στην συνέχεια η μελέτη της ιδιότητας αυτής του υλικού με την βοήθεια της μικροκανονικής κατανομής, μας έδωσε την δυνατότητα να διαπιστώσουμε την ταύτιση των αποτελεσμάτων.

Τέλος μελετήσαμε την αρνητική θερμοκρασία.

Μετά από την μελέτη αυτού του κεφαλαίου πρέπει να ξέρουμε:

- (και να μπορούμε να περιγράψουμε) τα χαρακτηριστικά του απλού παραμαγνητικού στερεού με την βοήθεια της κανονικής και της μικροκανονικής κατανομής.
- ότι για να επιτευχθεί η αρνητική θερμοκρασία και να είναι μια ποσότητα με φυσική σημασία θα πρέπει:
 - i. να υπάρχει μια συγκεκριμένη ιδιότητα στο σύστημα που να εμφανίζει ένα ορισμένο άνω όριο στην ενέργειά της έτσι ώστε η εντροπία σε μια ενεργειακή περιοχή να είναι φθίνουσα συνάρτηση της ενέργειας.
 - ii. Η ιδιότητα αυτή δεν θα πρέπει να αλληλεπιδρά με τις άλλες ιδιότητες του συστήματος
 - iii. Θα πρέπει να είναι σε εσωτερική θερμική ισορροπία.
 - iv. Ο χρόνος αποκατάστασης της ισορροπίας ανάμεσα στη ιδιότητα αυτή και τις άλλες ιδιότητες του συστήματος (ταλαντώσεις πλέγματος) να είναι μεγάλος (συγκρινόμενος με τον χρόνο αποκατάστασης της ισορροπίας της ιδιότητας αυτής).

Μόνο μερικοί βαθμοί ελευθερίας ενός συστήματος μπορούν να βρεθούν σε αρνητική θερμοκρασία (ο προσανατολισμός του πυρηνικού σπιν σε μαγνητικό πεδίο είναι ο βαθμός ελευθερίας που εξετάζεται πιο συχνά σε πειράματα με αρνητικές θερμοκρασίες).

- στην περίπτωση της αρνητικής απόλυτης θερμοκρασίας ο βαθμός κατάληψης της ανώτερης ενεργειακής στάθμης είναι μεγαλύτερος από αυτόν της κατώτερης.
- ότι οι αρνητικές θερμοκρασίες είναι θερμότερες από τις θετικές (γιατί?)

Λίγα πράγματα για τις υπερβολικές συναρτήσεις

$$\sinh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{2} \quad \longrightarrow \quad \frac{d}{dx} \sinh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2} = \cosh(x)$$

$$\cosh(x) = \frac{e^x + e^{-x}}{2} \quad \longrightarrow \quad \frac{d}{dx} \cosh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{2} = \sinh(x)$$

$$\tanh(x) = \frac{\sinh(x)}{\cosh(x)} = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad \longrightarrow \quad \frac{d}{dx} \tanh(x) = \frac{1}{\cosh^2(x)} = \operatorname{sech}^2(x)$$

$$\operatorname{sech}(x) = \frac{1}{\cosh(x)}$$

$$\operatorname{co sech}(x) = \frac{1}{\sinh(x)}$$

$\cosh(0) = 1$ και $\cosh x = \cosh(-x)$
 $\sinh(0) = 0$ και $\sinh(-x) = -\sinh x$
 $\tanh(0) = 0$ και $\tanh(-x) = -\tanh x$
 $\tanh x \approx 1$ για μεγάλα x
 $\tanh x \approx -1$ για μεγάλα αρνητικά x

Γραφικές παραστάσεις των υπερβολικών συναρτήσεων

