Κεφάλαιο 6: Η Θερμοχωρητικότητα των στερεών

Ανακεφαλαίωση (Με τι ασχοληθήκαμε)

Μελετήσαμε την θερμοχωρητικότητα των στερεών που συνδέεται με τις ταλαντώσεις των ατόμων του πλέγματος. Στην στατιστική αυτή μελέτη έγινε αρχικά χρήση του προσεγγιστικού μοντέλου του Einstein. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, ένα στερεό που αποτελείται από N άτομα, ισοδυναμεί με σύστημα 3N αρμονικών ταλαντωτών που ταλαντώνονται ανεξάρτητα μεταξύ τους, με την ίδια συχνότητα.

Το μοντέλο Einstein δίνει άριστα αποτελέσματα στις υψηλές θερμοκρασίες ($T \gg \theta_E$) όπου η θερμοχωρητικότητα είναι $C=3Nk_B$ και δεν διαφέρει από τον κλασσικό νόμο των Dulong-Petit. Στις χαμηλές θερμοκρασίες ($T \ll \theta_E$) περιγράφει ποιοτικά την πειραματικά παρατηρούμενη μεταβολή της θερμοχωρητικότητας (μηδενισμός της θερμοχωρητικότητας για $T \to 0$), όχι όμως με τον σωστό τρόπο (προκύπτει εκθετική μεταβολή της θερμοχωρητικότητας και όχι η πειραματικά προβλεπόμενη T^3).

Στην συνέχεια μελετήσαμε το ίδιο πρόβλημα με την βοήθεια του μοντέλου Debye. Στο μοντέλο αυτό λαμβάνεται υπόψη το γεγονός ότι οι αρμονικοί ταλαντωτές εκτελούν συνεζευγμένη ταλάντωση. Το πρόβλημα των ταλαντώσεων του στερεού επιλύεται με την εύρεση των συχνοτήτων όλων των 3N κανονικών τρόπων ταλάντωσης που αντιστοιχούν στο σύνολο των βαθμών ελευθερίας του κρυστάλλου. Ο Debye χρησιμοποίησε την προσέγγιση του συνεχούς μέσου, θεώρησε δηλαδή το στερεό σαν ένα συνεχές ελαστικό ισότροπο μέσο, αγνόησε δηλαδή τη ατομική δομή του στερεού.

Η σύγκριση του μοντέλου Debye με το πείραμα είναι ιδιαίτερα πετυχημένη, τόσο στις υψηλές θερμοκρασίες ($T \gg \theta_D$) όπου $C=3Nk_B$, όσο και στις χαμηλές θερμοκρασίες ($T \ll \theta_D$), όπου προκύπτει μεταβολή της θερμοχωρητικότητας ανάλογη του T^3.

Μετά από την μελέτη αυτού του κεφαλαίου πρέπει να ξέρουμε:

- την έκφραση για τη θερμοχωρητικότητα ενός στερεού όπως προβλέπεται από την κλασσική θεωρία ισοκατανομής και πώς (και ποιοτικά γιατί) αυτή αποτυγχάνει να συμφωνήσει με το πείραμα, ιδιαίτερα στις χαμηλές θερμοκρασίες.
- τα κύρια χαρακτηριστικά του προτύπου Einstein ενός στερεού:
  - ✓ **3N ανεξάρτητοι** ταλαντωτές με την **ίδια συχνότητα** ταλάντωσης
- να υπολογίζουμε την έκφραση για τη συνάρτηση επιμερισμού ενός στερεού Einstein
- να υπολογίζουμε την έκφραση για την θερμοχωρητικότητα ενός στερεού Einstein
- τον λόγο που το μοντέλο Einstein καταλήγει σε συμφωνία με το πείραμα στις υψηλές θερμοκρασίες και σε ποιοτική συμφωνία στις χαμηλές θερμοκρασίες
- τα μειονεκτήματα του απλού προτύπου Einstein που περιορίζουν την ποσοτική συμφωνία μεταξύ της θεωρίας και του πειράματος στις χαμηλές θερμοκρασίες.
- τα βασικά στοιχεία της προσέγγισης (μοντέλο) Debye:
  - ✓ 3N κανονικοί τρόποι δόνησης των ταλαντωτών (3N συνεζευγμένοι ταλαντωτές)
  - ✓ φάσμα συχνοτήτων από το $\omega = 0$ μέχρι ω_D (συχνότητα Debye)
  - ✓ το στερεό θεωρείται **συνεχές ελαστικό μέσο** (προσέγγιση συνεχούς μέσου) (αγνοεί δηλαδή τις λεπτομέρειες της ατομικής δομής)
- να υπολογίζουμε την πυκνότητα των καταστάσεων.
- να υπολογίζουμε την έκφραση για την θερμοχωρητικότητα ενός στερεού Debye.
- ότι η προσέγγιση Debye είναι ιδιαίτερα πετυχημένη στα όρια των χαμηλών ($T \ll \theta_D$) και των υψηλών θερμοκρασιών ($T \gg \theta_D$). Στις ενδιάμεσες θερμοκρασίες δεν περιγράφει τόσο πετυχημένα την συμπεριφορά της θερμοχωρητικότητας (να μπορούμε να ερμηνεύσουμε τους λόγους αυτών των συμπεριφορών)