

Oefenopgaven over thermische eigenschappen (Kittel H5).

Opgave 8: Kittel H5 , Problem 3

Hier wordt nog eens gesproken over verband tussen amplitude (of eigenlijk het gemiddelde van het kwadraat van de verplaatsing vanuit de evenwichtspositie) en het fonospectrum. Nu gaat het dus niet meer om allemaal dezelfde harmonische oscillatoren in de grondtoestand (zie Kittel verg 4.29), maar om een systeem met normal modes volgens het Debije model.

Opgave 9: Kittel H5, Problem 4

Warmte capaciteit in een systeem dat niet 3-dimensionaal is.

Opgave 10:

Ook het maken van Opgave 2 van het tentamen van 17 febr 2010 is een goede oefening:

1. Fononen ($3+4+4+4+5+5 = 25$)

Beschouw een 2-dimensionaal kristal van N atomen (massa m), met een vierkant rooster. De afstand tussen de atomen is a . De atomen kunnen uitsluitend in het vlak bewegen om hun evenwichtspositie, en in het vlak is alleen naaste-buur interactie met krachtconstante C . De fonondispersierelatie langs een symmetrie-as wordt geschreven als $M\omega^2(k) = 4C\sin^2(\frac{1}{2}ka)$.

- Bespreek kwalitatief de roostertrillingen in zo'n 2-dimensionaal kristal, vanaf (zeer) lage temperatuur tot hoge temperatuur.
- Geef de mogelijke k – waarden voor het systeem onder gebruikmaking van de periodieke randvoorwaarde, en maak een grafiek van de dispersierelatie. Bespreek het begrip eigentrilling (normal mode).
- Definieer de groepssnelheid en de fasesnelheid langs een symmetrie-as. Geef een uitdrukking voor de geluidssnelheid v_s voor het geval $ka \ll 1$. Leg uit wat er met de groepssnelheid gebeurt als $k \rightarrow \pi/a$ en wat de beweging van de atomen is als $k = \pi/a$.
- Bespreek de Debije benadering voor de toestandsdichtheid, en bereken $D(\omega)$, het aantal fononmodes per eenheidsfrequentie-interval. Bespreek de Debije frequentie en de Debije temperatuur.
- Laat zien dat voor dit systeem de soortelijke warmte in de limiet van (zeer) lage temperatuur evenredig is met de temperatuur T^2
- Bereken in de hoge temperatuurlimiet ($k_B T \gg \hbar\omega$) de gemiddelde (rms) verplaatsing van een atoom vanuit de evenwichtspositie.