

Uitwerkingen opgave: Optische en akoestische fononen in keukenzout

a) Het goede antwoord is dat je de gehele afstand tot de positie (1 1 1) in drieën deelt:

$$a = \frac{1}{3} * \sqrt{\alpha^2 + \alpha^2 + \alpha^2} = \frac{\alpha}{\sqrt{3}} * \approx 0.163nm.$$

b) Dit kan worden overgenomen uit Kittel blz. 98. Let wel op dat Kittel een iets andere definitie voor de waarde a gebruikt. Onze a is tweemaal zo klein.

$$\text{Voor de optische tak: } \omega^2 \approx 2C\left(\frac{1}{M_1} + \frac{1}{M_2}\right)$$

$$\text{Voor de akoestische tak: } \omega^2 \approx \frac{2Ca^2K^2}{M_1+M_2}$$

Eventueel kunnen de waarden voor a en C zijn ingevuld.

c) Hier zijn verschillende antwoorden mogelijk. In ieder geval is goed: op de verticale as komt de energie in Joule of de hoeksnelheid in rad/s . Op de horizontale as komt de golfvector k in reciproke meters met een maximale waarde van $\frac{\pi}{2a}$ of de eenheidsloze ka met als maximale waarde $\frac{\pi}{2}$.

d) Dit is het antwoord bij b) voor de akoestische tak afleiden naar k en vervolgens getallen invullen. Je zal uitkomen bij goede antwoord gebruikt van a) op $5,0 * 10^3$ meter per seconde.

e) Bij d) is berekent dat de geluidssnelheid voor kleine waarde van k onafhankelijk is van k . Grote golflengtes betekent kleine k , dus deze benadering werkt voor geluidsgolven. We hebben voor een golfpakketje dus dezelfde snelheid voor elke golf en daarmee blijft het golfpakketje bij elkaar en vindt er geen dispersie plaats. De geluidsgolf zal dus goed propageren. (eventueel kan de grote snelheid van de geluidsgolven ook nog genoemd worden).

f) Dit is getallen invullen bij de b) gevonden formules. Eventueel kan er met een foute waarde van a bij a) doorgerekend zijn. Let wel op dat de energie van een enkel fonon wordt gegeven door $E = h * \nu$, een enkele trillingsmode heeft wel een nulpuntsenergie van $E = \frac{1}{2}h * \nu$, dit is wanneer de mode geen enkel fonon bevat.

g) In de plaatjes is dit goed te zien. Doordat bij een optisch fonon de ionen binnen een eenheidscel van elkaar af zijn bewogen, is één kant wat positiever en de andere kant wat negatiever, oftewel er is een dipoolmoment gecreëerd. Je zou ook kunnen zeggen dat het rooster plaatselijk verstoord is, en er (plaatselijke) ladingsverschillen zijn en daarmee een dipoolmoment. Bij een akoestisch fonon is dit duidelijk niet het geval, althans, bij kleine waarde van k . Bij grotere waarde van k is er eigenlijk geen onderscheid meer tussen de twee fononen, althans, niet meer wat de naam van de fononen rechtvaardigt. Wanneer je $\hbar * c$ met c de lichtsnelheid deelt door de energie van het fonon uitgerekend bij f) kom je uit op de golflengte van het licht corresponderend met een lichtgolf dat koppelt aan het desbetreffende fonon. Deze golflengte is in de orde van micrometers en behoort dus tot het infrarode gebied.