

2.1. ¿Cuál es la entropía del modelo de Debye? Estudiar los límites de bajas y altas temperaturas

Que es el modelo.

El modelo de Debye nos describe cómo los **átomos vibran colectivamente en un sólido (describiendo la capacidad calorífica)**.

En lugar de suponer que todos los modos vibran con la misma frecuencia (como en el modelo de Einstein), Debye considera una **distribución continua de frecuencias hasta una frecuencia máxima** (la frecuencia de Debye).

Relación de la entropía.

La clase es pensar que la entropía mide el número de formas posibles que se puede distribuir la energía entre los modos de vibración (fonones) de la red cristalina a cierta temperatura.

Y como en Debye se considera que los átomos vibran colectivamente, la entropía describe cuántos estados cuánticos vibracionales están accesibles a cierta temperatura.

Límite de Bajas Temperaturas ($T \ll \Theta_D$), Θ_D temperatura de Debye

$$S(T) = \frac{4\pi^4}{5} N k_B \left(\frac{T}{\Theta_D} \right)^3$$

Interpretación:

1. Como $T \ll \Theta_D$, se espera que $T \rightarrow 0$, lo cual nos llevaría a que $S \rightarrow 0$ (disminuya), lo cual es el postulado de Nernst.

"La entropía de un sistema en equilibrio termodinámico tiende a cero cuando la temperatura absoluta se aproxima a cero."

2. Pero físicamente tenemos que a bajas temperaturas tenderemos a tener pocos modos vibracionales activados, y justo eso hace que sean pocas configuraciones posibles y tengamos una baja entropía.

Límite de Altas Temperaturas ($T \gg \Theta_D$)

$$S(T) \approx 3Nk_B \left[\ln \left(\frac{T}{\Theta_D} \right) \right], \quad S(T) \approx 3Nk_B \left[\ln \left(\frac{T}{\Theta_D} \right) + 1 \right]$$

Interpretación:

1. Como ($T \gg \Theta_D$), en este caso a altas temperaturas, el número de microestados accesibles crece lentamente con la temperatura (logarítmicamente).
2. Se puede interpretar como si el sistema ya tiene casi todos los modos vibracionales activados, pero aumentar la temperatura sigue permitiendo que se distribuya más energía entre ellos \rightarrow crece la entropía, aunque lentamente.

En general.

Debye conecta elegantemente el comportamiento cuántico (bajas T) y el clásico (altas T), explicando de manera más precisa que modelos anteriores como Dulong-Petit.