

ادامه فصل پنجم

فونونها (2). ویژگیهای گرمایی

۱- رسانندگی گرمایی

رساندگی گرمایی

ضریب رسانندگی گرمایی K ی جامد را به سادگی می توان بر حسب شار گرما در حالت پایا در طول یک میله بلند، که دارای گرادیان دمای dT/dx است، به صورت زیر تعریف کرد:

$$j_U = -K \frac{dT}{dx} \quad (41)$$

که j_U شار انرژی گرمایی، یا انرژی تراگسیل یافته از واحد سطح در واحد زمان است.

$$T_1 \text{ ————— } T_2 \quad T_2 > T_1$$

با استفاده از نظریه جنبشی گازها عبارت زیر را برای رسانندگی گرمایی به دست خواهیم آورد:

$$K = \frac{1}{3} C v l, \quad (42)$$

که در آن C ظرفیت گرمایی به ازای واحد حجم، v سرعت متوسط ذره، و l مسافت آزاد میانگین ذره بین برخوردهاست. دبی برای نخستین بار این نتیجه را برای توضیح رسانندگی گرمایی در جامدات دی الکتریک به کار گرفت، که در آن C را ظرفیت گرمایی فونونها، v سرعت فونونها، و l را مسافت آزاد میانگین فونونها در نظر گرفت. چند مقدار از مسافت آزاد میانگین در جدول ۲ داده شده است.

جدول ۲. مسافتهای آزاد و میانگین فونون

[محاسبه شده از رابطه (۴۴)، با قراردادن $v = 5 \times 10^5 \text{ cm/s}$ به عنوان سرعت نوعی صوت.

l هایی که از این روش به دست می آیند به فرایندهای واگرد مربوط می شوند.]

| بلور | T بر حسب $^{\circ}\text{C}$ | C ، بر حسب $\text{J cm}^{-3}\text{K}^{-1}$ | K ، بر حسب $\text{W cm}^{-1}\text{K}^{-1}$ | l ، بر حسب \AA |
|--------|-------------------------------|--|--|---------------------------|
| کوارتز | 0 | 200 | 0.13 | 40 |
| | -190 | 0.55 | 0.50 | 540 |
| NaCl | 0 | 188 | 0.07 | 23 |
| | -190 | 100 | 0.27 | 100 |

اگر ظرفیت گرمایی ذره c باشد، آنگاه ذره حین حرکت از ناحیه ای با دمای موضعی $T + \Delta T$ به ناحیه دیگری با دمای موضعی T ، انرژی $c\Delta T$ را از دست می دهد. حال، ΔT بین دو انتهای مسافت آزاد ذره از رابطه زیر به دست می آید

$$\Delta T = \left(\frac{dT}{dx} \right) l$$

تغییر انرژی ذره یا انرژی انتقال یافته توسط ذره برابر خواهد بود با:

$$c\Delta T = c \left(\frac{dT}{dx} \right) l$$

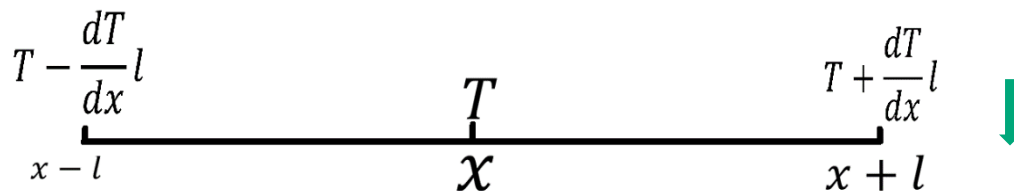
شار ذرات در هر یک از جهات $(\pm x, \pm y, \pm z)$ بر حسب میانگین سرعت فونون ها و چگالی آنها برابر است با:

$$\frac{1}{6} n \langle v \rangle$$

شار ذرات \times انرژی انتقال یافته = شار انرژی

ذراتی که به سمت راست حرکت می کنند دارای انرژی گرمایی کمتری از مقصد خود هستند و در نتیجه شار خالص انرژی گرمایی به سمت راست منفی بوده و عبارت است از:

$$j_+ = \frac{1}{6} n \langle v \rangle c \left(-\frac{dT}{dx} l \right)$$



ذراتی که به سمت چپ حرکت می کنند دارای انرژی گرمایی بیشتری از مقصد خود هستند و در نتیجه شار خالص انرژی گرمایی به سمت چپ مثبت بوده و عبارت خواهد بود:

$$j_- = \frac{1}{6} n \langle v \rangle c \left(\frac{dT}{dx} l \right)$$

در نتیجه شار برآیند بصورت زیر محاسبه خواهد شد:

$$j_U = j_+ - j_- = -\frac{1}{3} n c l \langle v \rangle \left(\frac{dT}{dx} \right) \rightarrow j_U = -\frac{1}{3} C v l \left(\frac{dT}{dx} \right) \downarrow$$

که در رابطه بالا C ظرفیت گرمایی فونونی کل نمونه در واحد حجم می باشد \downarrow
که داریم: $C = n c$

از طرفی داشتیم:

$$j_U = -K \left(\frac{dT}{dx} \right)$$

$$K = \frac{1}{3} C v l$$

لذا: