



ФОНОН

Авторы: В. В. Вальков

ФОНОН, квант энергии согласованного колебательного движения атомов твёрдого тела, образующих идеальную кристаллич. решётку. Ф. характеризуется волновым вектором

\mathbf{k} (квазиимпульсом

$\hbar\mathbf{k}$) и энергией

$\hbar\omega(\mathbf{k})$, где

$\omega(\mathbf{k})$ – частота колебаний,

\hbar – постоянная Планка. Ф. является квазичастицей бозевского типа (см. [Бозон](#)). В

твёрдом теле, содержащем

s атомов в элементарной ячейке, реализуется

$3s$ разл. мод колебаний кристаллич. решётки. Соответственно этому говорят о

$3s$ типах Ф., с энергиями

$\hbar\omega_1(\mathbf{k})$,

$\hbar\omega_2(\mathbf{k})$,

...,

$\hbar\omega_{3s}(\mathbf{k})$. Ф. делятся на акустические и оптические. Среди возбуждений кристаллич.

решётки имеется одна ветвь продольных акустич. Ф., две ветви поперечных акустич.

Ф.,

$(s - 1)$ ветвей продольных оптич. Ф. и

$2(s - 1)$ ветвей поперечных оптич. Ф. Состояние кристаллич. решётки при конечных

темп-рах приближённо может рассматриваться как газ фононных квазичастиц.

Число Ф. данного типа при темп-ре

T определяется [Бозе-Эйнштейна распределением](#)

$\langle n_j \rangle = [\exp(\hbar\omega_j(\mathbf{k})/kT) - 1]^{-1}$, где

k – постоянная Больцмана. При

$$T \ll T_D$$

T_D – Дебая температура), среднее число фононов

$N \sim T^3$, а при

$$T \gg T_D$$

$N \sim T$. При низких темп-рах теплоёмкость твёрдого тела (за исключением металлов) с хорошей точностью описывается теплоёмкостью фононного газа.

Взаимодействие Φ . друг с другом и с др. квазичастицами твёрдого тела определяет процессы рождения и уничтожения Φ . Такие явления лежат в основе теплопроводности твёрдых тел. Взаимодействие Φ . с электронами служит причиной формирования новой квазичастицы – полярона. Это же взаимодействие определяет осн. механизм электропроводности металлов, полуметаллов и полупроводников. Важным следствием электрон-фононного взаимодействия в металлах является возникновение эффективного притяжения между электронами, приводящего к сверхпроводимости.

Рождение Φ . при переходе атомов и молекул твёрдого тела из возбуждённого в осн. состояние определяет безызлучательную электронную релаксацию, обеспечивая передачу энергии в фононную подсистему.

Литература

Лит.: Займан Дж. Электроны и фононы. М., 1962; Рейсленд Дж. Физика фононов. М., 1975; Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М., 1978.