ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ԶԵԿՈՒՅՑՆԵՐ
ДОКЛАДЫ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
LXI 1975 4

УДК 530.145

ФИЗИКА

Г. А. Варданян

Вклад дефектонов в теплоемкость кристалла

(Представлено чл.-корр. АН Армянской ССР Г. С. Саакяном 4/IV 1975)

Задача о вычислении сдвигов различных термодинамических величин была поставлена и решена И. М. Лифшицем.

В настоящей работе будет вычислен вклад дефектонов, расположенных вблизи поверхности Ферми, в теплоемкость квантового кристалла, методом, развитым в работах [1,2].

Запишем волновую функцию дефектона в виде [3,4]:

$$\varphi(\vec{R}_1, \vec{R}_2)=\varphi_0(\vec{R}_1, \vec{R}_2)+iI(\vec{R}_2-\vec{R}_1). \tag{1}$$

Входящий здесь интеграл

$$I(\vec{R}_2-\vec{R}_1)=\int\frac{e^{i\vec{x}(\vec{R}_2-\vec{R}_1)}d^3x}{\varepsilon(\vec{x}-\vec{q})+\varepsilon(\vec{x}+\vec{q})-2\varepsilon(\vec{q}'/2)+i0} \tag{2}$$

связан с амплитудой рассеяния дефектонов. Последняя есть величина определяющая влияние взаимодействия на свойства системы. Следовательно, спектральная плотность $\nu(\varepsilon)$ будет:

$$\nu(\varepsilon)=\operatorname{arctg}\frac{\tau_0\mathrm{Im}I_F(0)}{1+\tau_0\mathrm{Re}I_F(0)}, \tag{3}$$

где

$$\mathrm{Im}I(0)=-\pi\int\frac{d\Omega}{|\nabla\varepsilon(\vec{x}-\vec{q})+\nabla\varepsilon(\vec{x}+\vec{q})|}, \tag{4}$$

а величина τ_0 —определяется соотношением:

$$\frac{1}{\tau_0}\leqslant\int\frac{d\varepsilon\,\nu(\varepsilon)}{\varepsilon}.$$

Воспользуясь выражением спектральной плотности, можем представить сдвиг энергии

$$E-E_0=\mathrm{Sp}\left\{\varphi(\hat{\Lambda}+\hat{L})-\varphi(\hat{L})\right\}, \tag{5}$$

где функция

$$\varphi(z)=T\ln\left\{1-\exp\left[-\frac{\hbar\sqrt{z}}{T}\right]\right\}+\frac{\hbar\sqrt{z}}{2}$$

$\hat{L}$ —гамильтониан кристалла в основном состоянии, $\hat{\Lambda}$ —добавка, обусловленная взаимодействием дефектонов, в виде:

$$E-E_0=n\int\varphi(z)\left[\nu(z)-\nu_0(z)\right]dz, \tag{6}$$

где n —число дефектонов.

$$\nu_0(z)=\int\limits_{\varepsilon(\vec{x})=z}\frac{d\Omega}{|\nabla\varepsilon(\vec{x})|}$$

сдвиг энергии при $T=0$:

$$E_0=2(\varepsilon_0-\varepsilon_g)+\frac{2}{\pi}\int\limits_0^{U}\operatorname{arctg}\frac{\tau_0\mathrm{Im}I_F(0)}{1+\tau_0\mathrm{Re}I_F(0)}dz \tag{7}$$

После простых вычислений, имеем:

$$E-E_0=\frac{\pi}{3}nT^2\left.\frac{d\nu(\varepsilon)}{d\varepsilon}\right|_{\varepsilon=\varepsilon_F} \tag{8}$$

Следовательно, вклад в теплоемкость кристалла будет:

$$\Delta C=\frac{2}{3}\pi\tau_0T\frac{\frac{d}{d\varepsilon}\left[\mathrm{Im}I_F(0)\right]+\tau_0\frac{d}{d\varepsilon}\left[\mathrm{Im}I_F(0)\right]\mathrm{Re}I_F(0)-\frac{d}{d\varepsilon}\mathrm{Re}I_F(0)\mathrm{Im}I_F(0)}{\left[\tau_0\mathrm{Im}I(0)\right]^2+\left[1+\tau_0\mathrm{Re}I_F(0)\right]^2}. \tag{9}$$

Очевидно, что к выражению (9) должен быть прибавлен член ($\sim T^3$), соответствующий вкладу бозевских ветвей возбуждений в теплоемкость кристалла ([5]). Это ограничивает применимость полученной формулы областью предельно низких температур:

$$T^3\ll\frac{N_F}{n}\frac{T_F^3}{T}, \qquad T\ll T_F$$

где T_F — температура фермиевского вырождения, N_F — число дефектонов (выражаемое объемом поверхности ферми), T_0—температура, определяемая граничной частотой фононных возбуждений. Зависимость

$T(T_0)$ и линейное поведение по T сдвига (например, для He^3) позволяют считать, что твердый He является кристаллом с дефектонами, что и достаточно хорошо объясняет экспериментальные результаты [6].

Выражаю глубокую благодарность академику И. М. Лифшицу за советы.

Ереванский государственный университет

Գ. Ա. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

Դեֆեկտոնների ներդրումը բյուրեղի ջերմունակության մեջ

Զրոյական տատանումների և բյուրեղի ցանցի հաստատունի համեմատականությունը բերում է կվազիմասնիկների առաջացմանը։ Այն կվազիմասնիկները, որոնք գտնվում են Ֆերմի մակերևույթի մոտ, բյուրեղի ջերմունակության մեջ առաջացնում են ջերմաստիճանին համեմատական շեղում, որը նշանակում է, որ օրինակ, պինդ հելիումը պարունակում է դեֆեկտոններ։ Այս արդյունքը շատ լավ բացատրում է փորձից ստացված տվյալները։

ЛИТЕРАТУРА—ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

И. М. Лифшиц, Nuovo Cimm. Suppl., 3, 716 (1956). [2] *И. М. Лифшиц*, УФН, 7, 170 (1952). [3] *А. Ф. Андреев, И. М. Лифшиц*, ЖЭТФ, 56, 2057 (1969). [4] *И. М. Лифшиц, Г. А. Варданян*, ДАН АрмССР, т. LVIII, №2(1974). [5] *И. Е. Дзялошинский, П. С. Кондратенко, В. С. Левченков*, ЖЭТФ, 62, 2318 (1972). [6] *E. C. Heltems, C. A. Swenson*, Phys. Rev. 128, 1512 (1962)