

ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ МОНОКРИСТАЛЛА UBe_{13} В НОРМАЛЬНОМ И СВЕРХПРОВОДЯЩЕМ СОСТОЯНИЯХ

Н.Е.Алексеевский, А.В.Митин, А.С.Руденко, А.А.Сорокин

Получена экспериментальная зависимость теплопроводности K соединения UBe_{13} в диапазоне 0,3 ÷ 4,2 К. В сверхпроводящей области имеет место зависимость $K = \alpha T^2$. Обсуждаются особенности поведения $K(T)$ в нормальном и сверхпроводящем состояниях.

В последние годы интенсивно исследуются и обсуждаются свойства соединений с "тяжелыми" фермионами. К таким соединениям, как известно, относится и UBe_{13} . Свойства этого соединения достаточно сложны и зачастую противоречивы (см., например, ¹). Для выяснения причин, определяющих особенности поведения этого соединения, является безусловно полезным проведение дальнейших экспериментальных исследований. Нами были проведены исследования теплопроводности монокристалла UBe_{13} в области температур от 0,3 до 4,2 К.

Для измерений использовался образец сечением $1,7 \times 1,95$ мм² и длиной 9 мм, вырезанный электроэрозией вдоль направления [001] из монокристалла, полученного плавлением в высокочастотной печи в тигле из окиси бериллия. Измерения теплопроводности в области температур выше градуса проводились в ампуле из нержавеющей стали диаметром 25 мм и длиной 45 мм, которая могла откачиваться и, при необходимости, заполняться гелием. Одним концом образец приклеивался к нижней крышке ампулы, на другом его конце располагался нагреватель. Градиент температуры на образце определялся дифференциальной термопарой Cu – Cu(0,01%Fe) – Cu. Спаи термопары размером ~ 0,1 мм приклеивались на расстоянии 4,6 мм друг от друга в средней части образца.

Измерения при температурах ниже 1,24 К проводились в приборе с адиабатическим размагничиванием. В качестве рабочего тела использовался 100-процентный эрбий-алюминиевый гранат ². Для определения градиента температур применялись два термометра, приклеенные на расстоянии 4 мм друг от друга¹ (размеры термометров не превышали 1 мм). Время отогрева граната после адиабатического размагничивания составляло около 4 часов.

Результаты измерения теплопроводности $K(T)$ в интервале температур от 0,3 до 4,2 К приведены на рис. 1. Здесь же показано изменение числа Лоренца L с температурой, определенного из соотношения Видемана – Франца $\rho K = LT$. На рис. 2 показаны результаты измерений $K(T)$ в области низких температур, построенные в координатах $K^{1/2}$ и T . Из приведенного рисунка видно, что в сверхпроводящей области значения теплопроводности для UBe_{13} достаточно хорошо могут быть описаны зависимостью $K = \alpha T^2$, где $\alpha = 0,53$ мВт/К³ · см.

¹ Подводимая к термометрам мощность не превышала 10^{-12} Вт, и таким образом наличие небольшого теплосопротивления между образцом и термометрами не оказывало заметного влияния на результаты измерений.

При рассмотрении зависимости $K(T)$ в области температур от 1,4 до 4,2 К нетрудно заметить, что полученные значения теплопроводности можно приближенно разбить на два прямолинейных участка, пересекающихся при $T \approx 2,5$ К.

Излом на зависимости $K(T)$ в области $T \approx 2,5$ К естественно рассматривать как следствие существования максимума электросопротивления и константы Холла (рис. 3). Отклонение экспериментальных данных от прямой, которой можно было бы соединить значения K при 1,4 и 4,2 К, составляет $\sim 5\%$, и таким образом достаточно хорошо согласуется с небольшим ($\sim 10\%$) изменением электросопротивления в этой области температур. С другой стороны на этом температурном интервале изменение константы Холла достигает 50%. Можно предположить поэтому, что кроме "легких" носителей в теплопроводность дают вклад и другие носители. Вероятно, этот вклад электронного происхождения и обусловлен группой "тяжелых" носителей. Участием фононов в процессах переноса тепла при $T < 4,2$ К, по-видимому, можно пренебречь, поскольку их вклад в теплоемкость в этой области температур, судя по данным работы ³, должен составлять менее 2%.

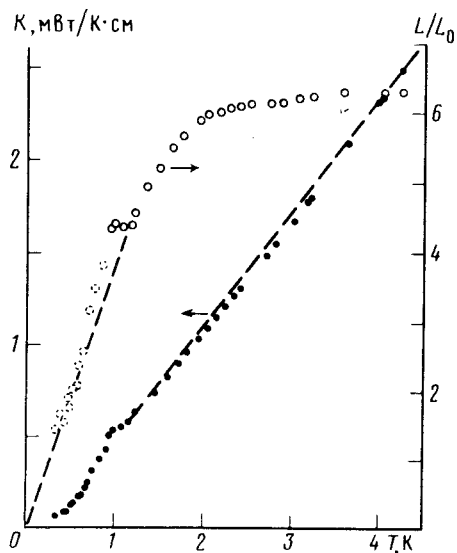


Рис. 1

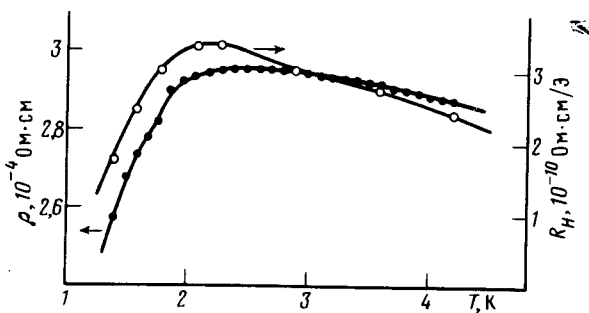


Рис. 3

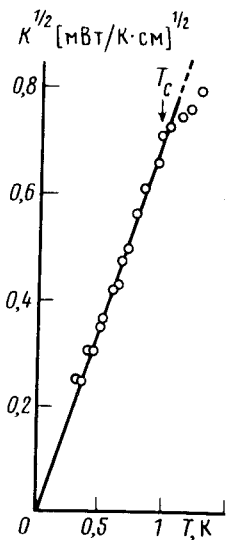


Рис. 2

Рис. 1. Температурные зависимости удельной теплопроводности K и приведенного числа Лоренца L/L_0 (светлые кружки) монокристалла UBe_{13} вдоль направления $[001]$. $L_0 = 2,45 \cdot 10^{-8}$ Вт · Ом/К². Значения L ниже T_c получены путем линейной экстраполяции удельного электросопротивления $\rho(T)$ на область низких температур.

Рис. 2. Удельная теплопроводность монокристалла UBe_{13} вдоль направления $[001]$ в сверхпроводящем состоянии. Сплошная линия – экстраполяция экспериментальных данных законом $K = \alpha T^2$ ($\alpha = 0,53$ мВт/К³ · см)

Рис. 3. Температурные зависимости удельного электросопротивления ρ и константы Холла R_H в малых полях ($H < 10$ кЭ) для монокристалла UBe_{13}

Особо обращает на себя внимание квадратичная зависимость теплопроводности от температуры при $T < T_c$, которую можно интерпретировать как проявление "экзотического" характера сверхпроводимости, рассмотренного теоретически в ⁴. Как это следует из ⁴, зави-

симось $K = \alpha T^2$ должна иметь место в том случае, если сверхпроводящая щель на поверхности Ферми обращается в нуль вдоль линий. Следует отметить, что для другого "тяжелофермионного" сверхпроводника UPt_3 ⁵ зависимость $K(T)$ в сверхпроводящей области ($T < 0,4$ К) также близка к квадратичной.

Совсем недавно нам стали известны данные измерений теплопроводности UBe_{13} , полученные группой исследователей из Гренобля на образце с площадью поперечного сечения $0,63$ мм² и длиной $1,5$ мм ⁶. Значения $K(T)$ в сверхпроводящей области, у них также достаточно хорошо укладываются на квадратичную зависимость, но с несколько меньшим коэффициентом $\alpha = 0,38$ мВт/К³ · см.

Авторы выражают благодарность профессору Ж.Флюке за ознакомление с опубликованными в ⁶ результатами измерений теплопроводности UBe_{13} и В.И.Нижанковскому за участие в обсуждении.

Литература

1. *Алексеевский Н.Е., Хомский Д.И.* УФН, 1985, 147, 767.
2. *Alekseevskii N.E., Dodokin A.P., Bazan C., Bagdasarov Kh.S., Fedorov E.A., Belyaev L.M.* Cryogenics, 1981, 21, 598.
3. *Renker B., Gompf F., Reichardt W., Rietschel H., Suck J.B., Beuers J.* Phys. Rev. B., 1985, 32, 1859.
4. *Воловик Г.Е., Горьков Л.П.* Письма в ЖЭТФ, 1984, 39, 550; ЖЭТФ, 1985, 88, 1412.
5. *Jaccard D., Flouquet J.F., Lejay P., Tholence J.L.* J. Appl. Phys., 1985, 57, 3082.
6. *Jaccard D., Flouquet J.F., Fisk Z., Smith J.L., Ott H.R.* J. Physique Lett., 1985, 46, L-811.