

щего состояния в несверхпроводящее является обратимым процессом даже в том случае, когда имеются незатухающие токи. Это наводит на мысль о том, что исчезновение незатухающих токов, наблюдающееся при переходе в несверхпроводящее состояние, не связано с образованием джоулева тепла, а непосредственно зависит от проникновения магнитного поля.

В настоящее время производятся новые измерения на олове в условиях, более приближающихся к идеальным.

МАГНИТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ, СОПРОВОЖДАЮЩИЕ ПЕРЕХОД В СВЕРХПРОВОДЯЩЕЕ СОСТОЯНИЕ

Проф. В. Мейснер

Уже в нашем первом сообщении о новых магнитных явлениях, сопровождающих переход в сверхпроводящее состояние⁸, мы указывали на следующее: только в случае сплошного цилиндра (т. е. не имеющего внутри полостей), приготовленного из чистого металла и охлажденного в присутствии магнитного поля, можно сказать, что тело ведет себя так, как если бы его проницаемость при переходе в сверхпроводящее состояние уменьшилась до нуля. Если же охлаждать ниже точки превращения при наложенном однородном магнитном поле полый цилиндр, то явление значительно усложняется. Это подтвердили и наши следующие опыты с цилиндрическим кристаллом олова, просверленным вдоль оси⁹. Гортер и Казимир¹⁰ предложили следующее объяснение этому явлению: сверхпроводник, находящийся ниже точки превращения, обладает несверхпроводящими областями, в которые втягиваются линии магнитной индукции, вследствие чего поле здесь превосходит критическое значение. Именно в этих областях линии индукции могут проникать в толщу вещества. Таким путем Гортер и Казимир смогли объяснить также, почему сплошная сфера, будучи охлаждена ниже точки превращения, сохраняет свой магнитный момент, несмотря на все эти новые явления. Существование такого остаточного магнитного момента было доказано старыми экспериментами Оннеса и его сотрудников, а также недавними опытами Мендельсона и Баббита¹¹. Ф. и Г. Лондон¹², приняв гипотезу Гортера и Казимира, создали весьма интересную феноменологическую теорию сверхпроводимости, объясняющую как эти новые магнитные эффекты, так и самое явление сверхпроводимости. Естественно, возникает следующий важный вопрос: со всеми ли экспериментами согласуется гипотеза Гортера и Казимира. Соблюдается ли, следовательно, теория Лондонов точно или ее также следует видоизменить.

Этот вопрос можно рассматривать в свете тех опытов, которые производились д-ром Гейденрейхом в криогенной лаборатории берлинского Рейхсанштальт под моим руководством после моего переезда в Мюнхен в апреле 1934 г. Д-р Гейденрейх еще раз занялся изучением магнитного поля как во внутренней полости кристалла олова, так и вокруг его наружной поверхности, производя специальные новые измерения остаточного поля. Уже в наших прежних опытах мы нашли, что и в свинцовой трубке и в кристаллической оловянной трубке после понижения температуры ниже точки превращения и удаления однородного внешнего поля можно наблюдать во внутренней полости остаточное поле. Теперь же мы нашли, что не только в случае свинцовой трубки (как уже упоминалось в моем и Оксенфельда первом сообщении), но и в случае кристаллической трубки, изготовленной из олова, остаточное поле сохраняется также и вблизи внешней поверхности.

Подробности результатов таковы: при понижении температуры ниже точки превращения напряженность магнитного поля в полости оловянного кристалла возрастает во всех точках независимо от того, как охлаждается кристалл — снаружи или изнутри. В среднем магнитное поле в полости возрастает примерно на 10%. Направление этого магнитного поля во всех точках уклоняется от направления первоначального однородного поля не больше чем на несколько градусов. Колебания напряженности магнитного поля от точки к точке имеют порядок 30% и не меняются от изменения ориентации кристалла по отношению к первоначальному однородному полю. Поле вблизи наружной поверхности кристаллической трубки перед тем, как мы снимаем внешнее поле, не в точности совпадает со значением, ожидаемым для проницаемости, равной нулю.

В полом цилиндре сгущение линий магнитной индукции меньше, чем в сплошном кристаллическом цилиндре, и колебания напряженности магнитного поля от точки к точке вблизи поверхности более сложны.

После удаления внешнего однородного поля во внутренней высверленной области и вблизи внешней поверхности остается поле. Если затем вновь включить внешнее поле, то вблизи наружной поверхности цилиндра появляется почти такое же самое поле, которое было здесь до удаления внешнего поля; однако во внутренней полости остаточное поле увеличивается лишь на 3%. Это увеличение исчезает, если опять выключить внешнее поле. При многократном удалении и наложении внешнего поля эти изменения всегда воспроизводятся. Направление остаточного поля во внутреннем пространстве во всех точках одинаково и так же, как и раньше, уклоняется на несколько градусов от направления первоначального поля. Напряженность остаточного поля от точки к точке колеблется примерно на 20% и в среднем составляет 35% первоначального. Вблизи наружной поверхности напряженность остаточного поля составляет около 20% первоначального, и колебания от точки к точке достигают 100%. Изменения направления поля от точки к точке очень сложны. Можно также вынести впечатление, что во многих точках наружной поверхности нормальная компонента остаточного поля отлична от нуля.

Эти опыты д-ра Гейденрейха подтверждают высказывания, содержащиеся в нашем первом сообщении, именно, что гипотеза, предполагающая уменьшение магнитной проницаемости до нуля, не позволяет объяснить результаты опытов с полым цилиндром. Я считаю также, что последние опыты заставляют усомниться в справедливости гипотезы Гортера и Казимира для всех вообще экспериментов. Особое значение имеет, как мне кажется, заключение, которое можно вывести из рассмотрения диаграмм наблюдений, что нормальная компонента остаточного поля почти во всех точках внутренней и внешней поверхности кристаллической трубки отлична от нуля. Этот факт, мне кажется, говорит не в пользу всеобщей пригодности гипотезы Гортера и Казимира, а следовательно, и теории Лондонов.

Хорошей проверкой гипотезы Гортера и Казимира мог бы быть опыт, основанный на следующем соображении: критическое поле, уничтожающее сверхпроводимость, является функцией температуры, следовательно, при понижении температуры линии индукции должны сгущаться все больше и больше. Поэтому распределение наружного остаточного поля должно при понижении температуры меняться. Весьма замечательно, что остаточное поле значительно сильнее в случае свинцовой трубки, чем в случае кристаллической оловянной. Однако наша первоначальная идея, согласно которой остаточное поле вызывается неправильностями в кристаллической решетке и потому для идеальной кристаллической трубки должно исчезать, плохо согласуется с независимостью ориентации линий индукции от изменения ориентации трубки примерно на 20%.