

БИБЛИОГРАФИЯ

538.915(049.3)

ДРОБНЫЙ КВАНТОВЫЙ ЭФФЕКТ ХОЛЛА

Chakraborty T., Pietiläinen P. The Fractional Quantum Hall Effect: Properties of an Incompressible Quantum Fluid.— Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo: Springer-Verlag, 1989.—175 p.— (Springer Series in Solid-State Sciences. V. 85).

«Экспериментальное открытие дробного квантового холл-эффекта в конце 1981 г., осуществленное Тсуи, Штёрмером и Госсардом, было абсолютно неожиданным и интригующим... Критический анализ имеющихся экспериментальных данных показал, что наиболее адекватными действительности оказались идеи Лафлина о превращении двумерной замагниченной системы электронов в квантовую, несжимаемую жидкость. Теоретические работы, представленные в данном обзоре, демонстрируют, что волновая функция Лафлина является хорошим основанием для обсуждения природы дробного квантового холл-эффекта. ...Книга является первым общим обзором деятельности различных групп в этой области... Я надеюсь, что эта книга вдохновит ученых на поиски новых идей!»

Это краткая характеристика представляемой книги, принадлежащая Клаусу фон Клитцингу (автору открытия целочисленного квантового холл-эффекта) является ее своеобразным знаком качества.

Книга содержит краткий обзор экспериментальных данных о целочисленном и дробном квантовых эффектах Холла в различных двумерных заряженных системах, а также подробное обсуждение основных теоретических аспектов явления дробного квантового эффекта Холла (ДКЭХ):

1. Введение.
 2. Основное состояние.
 3. Элементарные возбуждения.
 4. Коллективные моды (внутризонные переходы).
 5. Коллективные моды (межзонные переходы).
 6. Будущие проблемы.
 7. Открытые вопросы и новые направления.
- Приложения.

Во введении дается сравнительный анализ экспериментальных данных о целочисленном и дробном квантовых эффектах Холла. Подчеркивается, что если целочисленный КЭХ, проявляющийся в возникновении фундаментальных, четких плато $\sigma_{xy} = -le^2/h$ (e — заряд электрона, h — постоянная Планка, l — целое число) на зависимости холловской проводимости σ_{xy} от фактора заполнения ν при $\nu = l$, а также в обращении в нуль в этих же областях по ν диагональной части проводимости, можно понять, используя представления о системе двумерных, невзаимодействующих электронов в сильном магнитном поле, то ситуация с дробным квантовым холл-эффектом качественно иная. Для ДКЭХ

численный фактор ν в определении σ_{xy} оказывается дробным, причем знаменатель дроби может быть как нечетным, так и (последняя из проводимостей) четным. Наличие этих особенностей в поведении тензора проводимости σ_{ik} полностью обусловлено корреляционными эффектами в системе взаимодействующих частиц с фермиевской статистикой. Таким образом, первый шаг в понимании ДКЭХ должен заключаться в тщательном изучении свойств 2D-систем взаимодействующих электронов, при наличии нейтрализующего однородного фона и сильного магнитного поля H , нормального плоскости электронной системы, отвечающего неполному заполнению основного уровня Ландау, т. е. фактору заполнения $\nu < 1$. По определению фактор ν есть

$$\nu = 2\pi l_H^2 n_s,$$

где l_H , так называемая магнитная длина, $l_H^2 = \hbar c/eH$, n_s — средняя плотность электронов в системе.

Подробное обсуждение свойств основного состояния системы взаимодействующих электронов на нижнем уровне Ландау с использованием вариационной функции Лафлина составляет содержание гл. 2 данной книги. Анализ показывает, что для некоторых специальных значений фактора заполнения $\nu=1/m$, где m — нечетное число, энергия системы электронов в зависимости от ее плотности с использованием приближения Лафлина имеет определенные изломы, а соответствующее поведение хим. потенциала в этих точках оказывается скачкообразным. Эти факты свидетельствуют о том, что в указанных точках электронная система находится в состоянии несжимаемой жидкости.

Лафлин предположил далее, что вблизи выделенных устойчивых состояний в системе возникают электронные и дырочные возбуждения с дробными зарядами. В гл. 3 данной книги обсуждаются детали того, как подобные возбуждения устроены и каковы энергии их возникновения. Кроме того приводится краткий обзор наиболее значительных экспериментальных работ по измерению энергетических щелей из данных об активной температурной зависимости диагональной части сопротивления, а также с помощью различных спектроскопических методик.

Следующий логический шаг — изучение нижайших нейтральных возбуждений — квазиэкситонов, возникающих в результате спаривания дробных электронов и дырок. Глава 4 содержит достаточно подробную информацию о спектре коллективных экситонных возбуждений. В частности отмечено, что данная проблема имеет много общего с задачей о спектре ротоннов в жидком ${}^4\text{He}$.

В гл. 5 речь идет о магнетоплазменных колебаниях с учетом эффектов электронных корреляций в окрестности циклотронного резонанса. Следует отметить, что согласно теореме Кона в системах с трансляционной симметрией электрон-электронное взаимодействие не должно оказывать влияния на циклотронный резонанс. Однако, в присутствии примесей это утверждение теряет силу, и циклотронный резонанс становится ценным источником информации о корреляционных свойствах электронного газа в условиях ДКЭХ. Здесь же обсуждается проблема спиновых волн в условиях ДКЭХ.

Наконец гл. 6 содержит краткий обзор различных явлений, представляющих существенный интерес для общего понимания ДКЭХ. Наиболее интересным здесь является обсуждение ДКЭХ для дробных значений ν с четными знаменателями.

Седьмой раздел очень краток. Его проще прочесть в оригинале, чем комментировать.

Несмотря на то, что авторы не затрагивают ряд известных направлений в теории ДКЭХ (например, использование метода ренормгруппы),

книга безусловно очень полезна обширностью собранной информации, разнообразием и убедительностью аргументации, обсуждением альтернативных возможностей описания ДКЭХ и т. д. Книга написана ясным языком, содержит большое число рисунков.

Рецензируемая книга, без сомнения, очень нужна научным сотрудникам, аспирантам и студентам старших курсов, интересующимся новейшими достижениями в области физики низкоразмерных электронных систем.

В. Б. Шикин