

Квантовые эффекты с участием фермионов в сильных внешних полях

(проф. В.Р. Халилов)

Для правильного квантового описания физических систем необходимо корректно определить физические наблюдаемые как самосопряжённые (с.с.) операторы в подходящем гильбертовом пространстве. Задача нетривиальна для физических систем с границами и/или сингулярными потенциалами (взаимодействиями). Дело в том, что неограниченный с.с. оператор, в частности квантово-механическая наблюдаемая, не может быть определен во всем гильбертовом пространстве, т.е. для любого квантово-механического состояния, так как оператор задается не только "правилом действия", но и областью гильбертова пространства, для которой это правило применяется.

Гамильтонианы большинства квантовых систем описываются неограниченными операторами и их нельзя определить сразу во всей области определения для любых дифференцируемых и достаточно быстро убывающих в сингулярных точках (сингулярности потенциалов, граничные точки) функций в гильбертовом пространстве квадратично интегрируемых функций. "Кандидатам" в наблюдаемые предварительно можно придать смысл симметрических операторов с помощью математической регуляризации. Однако, как правило, такие симметрические операторы не являются самосопряжёнными и возникает вопрос о том, можно ли их расширить до с.с. операторов и тем самым сделать их настоящими наблюдаемыми. В общем случае эти расширения не единственны, если вообще возможны, что, с точки зрения физики, означает, что существует множество квантово-механических описаний одной и той же физической системы. Оказывается также, что область определения самосопряженного расширения гамильтониана может содержать, наряду с регулярными и сингулярные квадратично интегрируемые функции. Физическая интерпретация возможных с.с. расширений является чисто физической проблемой.

С точки зрения физики, сингулярные квадратично интегрируемые функции в области определения с.с. расширения гамильтониана, например в задаче Ааронова—Бома, необходимы для изучения спиновых эффектов и связанного состояния, которое возникает при учете взаимодействия спинового магнитного момента электрона с магнитным полем соленоида. Корректные с.с. расширения гамильтонианов для симметрических операторов можно фиксировать с помощью с.с. граничных граничных условий (используя метод асимметрии форм Воронова, Гитмана, Тютин для уравнения Дирака, восходящего к теории с.с. расширений фон Неймана).

В спецкурсе рассмотрены:

Квантовый эффект Ааронова-Бома: связанные состояния электронов в АБ и фермионов в поле космической струны, возникающие при учете взаимодействия магнитного момента электрона (фермиона) с АБ магнитным полем (с полем космической струны); задача рассеяния релятивистских электронов АБ потенциалом; спиновые эффекты при рассеянии электронов АБ потенциалом. Квантовый эффект Ааронова-Кашера (АК) при рассеянии нейтральных фермионов с аномальным магнитным моментом электрическим полем электрически заряженной длинной прямой тонкой нити. Квантово-механические задачи о движении релятивистских заряженных массивных и безмассовых фермионов в кулоновских и Ааронова--Бома потенциалах в 2+1 измерениях. Квантовый эффект спонтанного рождения позитронов сверхкритическим положительно заряженным кулоновским центром.

Литература

1. Б. Л. Воронов, Д. М. Гитман, И. В. Тютин, ТМФ, т. 150, стр. 41 (2007).
2. В. Р. Халилов, К. Ы. Ли, ТМФ, т. 169, стр. 368 (2011).
3. D. M. Gitman, I. V. Tyutin, and B. L. Voronov, *Self-adjoint Extensions in Quantum Mechanics* (Springer, New York, 2012).
4. В. Р. Халилов, ТМФ, т. 175, стр. 637 (2013).
5. V. R. Khalilov, *Eur. Phys. J. C*, v. 73, p. 2548 (2013).