

С. А. ЕГУПОВ

**ПОСТРОЕНИЕ
ВОЛНОВОЙ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ
В ФОРМЕ КЛАССИЧЕСКОЙ**

МОНОГРАФИЯ

Харьков
«Фактор»
2014

ББК 22.314
УДК 530.145
PACS 03.65.Bz
E31

Рецензенты: д-р физ.-мат. наук И. В. Криве,
канд. физ.-мат. наук Е. Д. Вол,
канд. физ.-мат. наук С. И. Кулинич.

Егупов С. А.
E31 Построение волновой квантовой механики в форме классической: Монография. — Х.: Фактор, 2014. — 192 с.
ISBN 978-966-180-636-7.

Рассмотрена новая формулировка нерелятивистской волновой квантовой механики в форме классической. Найдено квантовое уравнение Ньютона относительно общего решения — радиус-вектора и скорости частицы, содержащее квантовую силу, сложным образом зависящую от производных и интегралов от функции распределения в фазовом пространстве (ФРФП) фазовых точек, эволюционирующей согласно этому общему решению. Из него выводится [неоператорное] квантовое нелинейное интегро-дифференциальное уравнение Лиувилля относительно этой положительно определенной всюду ФРФП, которое по форме совпадает с классическим уравнением Лиувилля и отличается от последнего тем, что содержит слагаемое квантовой силы в сумме с классической силой. Из квантового уравнения Лиувилля выведены уравнения гидродинамической формы квантовой механики, эквивалентные уравнению Шредингера. Теория для одной частицы обобщена на случай многих взаимодействующих частиц. Аналогичная теория построена для одной частицы со спином в электромагнитном поле. Рассмотрена гипотеза совмещенных («параллельных») пространств, с помощью которой объясняются принцип корпускулярно-волнового дуализма и парадокс Шредингерской кошки. Рассмотрены простые примеры одночастичных систем: плоских волн; точечного источника частиц; Гауссова волнового пакета; гармонического осциллятора; водородоподобного атома.

ББК 22.314
УДК 530.145

*Посвящается моим учителям
Нине Ивановне Чистяковой
и Игорю Борисовичу Голованову.*

ПРЕДИСЛОВИЕ

В работе С.А. Егупова предлагается теоретическая схема вывода уравнений квантовой механики (КМ) в гидродинамической форме, восходящей к работам Д. Бома. В качестве отправного пункта автор рассматривает кинетическое уравнение Лиувилля для статистической функции распределения системы взаимодействующих частиц в фазовом пространстве. Далее, и это основной пункт вывода, автор предлагает специальное выражение для обобщенной силы, входящей в ньютоновские уравнения движения, а через них в уравнение Лиувилля. Это выражение, помимо классической силы, содержит еще и дополнительное слагаемое, которое зависит не только от координат системы, но и сложным нелокальным образом от самой функции распределения. Далее, «сокращая описание» путем интегрирования кинетического уравнения по скоростям, автор получает два действительных уравнения бомовской КМ, которые, как известно, полностью эквивалентны уравнению Шредингера. Сам автор не считает, что его подход является обобщением существующей квантовой теории, но настаивает, что он позволяет дать более наглядную интерпретацию (в духе теории многих миров Эверетта) ее основным результатам. С этой целью автор подробно рассматривает большое число конкретных физических примеров. Следует сказать, что этот раздел работы является хотя и интересным, но наиболее дискуссионным, однако сам метод работы и ее главный результат не зависят от предложенной интерпретации.

В целом работа С.А. Егупова представляет несомненный методический интерес и позволяет взглянуть на известные результаты КМ под новым углом зрения.

Доктор физ.-мат. наук

Кандидат физ.-мат. наук

Кандидат физ.-мат. наук

И. В. Криве

Е. Д. Вол

С. И. Кулинич.

Содержание

I	Введение.....	6
II.	Основные кинематические соотношения	10
III.	Динамика одночастичного классического статистического ансамбля.....	20
IV.	Динамика одночастичного квантового статистического ансамбля. Концепция квантовой силы и квантовые уравнения Ньютона и Лиувилля. Вывод уравнения Шредингера	25
V.	«Обратная» теорема	34
VI.	Статистический ансамбль с определенным полем скоростей	35
VII.	Динамика статистического ансамбля для заряженной частицы с нулевым спином во внешнем электромагнитном поле	38
VIII.	Теорема о сохранении потенциальности поля скоростей во времени	43
IX.	Частица в одномерном пространстве	45
X.	Туннельный эффект	52
XI.	Новая интерпретация квантово-механических величин и соотношений. Измеримые средние значения величин и принцип неопределенностей Гейзенберга	56
XII.	Системы многих частиц	64
XIII.	Разрывные всюду функции распределения в фазовом пространстве и теорема «сглаживания»	77
XIV.	Учет спина электрона, движущегося в электромагнитном поле	87
XV.	Гипотеза совмещенных («параллельных») пространств и объяснение принципа корпускулярно-волнового дуализма. Разрешение парадокса Шредингеровской кошки.....	100
XVI.	Примеры функций распределения в фазовом пространстве и вычисление соответствующих квантовых сил для простых систем	104
	1. «Плоская волна» в одномерном пространстве	106

2. «Плоская волна» в трехмерном пространстве.....	108
3. Интерференция двух плоских волн в трехмерном пространстве.....	110
4. Точечный источник частиц в трехмерном пространстве.....	114
5. Гауссов волновой пакет в одномерном пространстве.....	117
6. Гауссов волновой пакет в трехмерном пространстве	123
7. Гармонический осциллятор	133
8. Водородоподобный атом	151
8.1. Основное 1s-состояние водородоподобного атома.....	152
8.2. Возбужденное 2p-состояние водородоподобного атома	154
8.3. Возбужденное 2s-состояние водородоподобного атома.....	156
8.4. Состояние $2p_x + i2p_y$ водородоподобного атома с ненулевым пространственным током	159
XVII. Заключение и выводы	165
Дополнение 1. Операторное уравнение Лиувилля — Неймана и его связь с квантовым уравнением Лиувилля, рассмотренным в данной работе	169
Дополнение 2. Энергия «стохастического» движения частиц квантового ансамбля.....	171
Дополнение 3. Примеры идеальных ненаблюдаемых траекторий электрона в атоме водорода в 1s- и 2p-состояниях	174
XVIII. Математические приложения.....	179
Литература	186