

Луи де Бройль

Избранные научные труды

Том 1

Становление квантовой физики
Работы 1921–1934 годов



Москва
Логос
2010

УДК 530.1
ББК 22.3
Б88



*Издано при финансовой поддержке Федерального агентства по печати
и массовым коммуникациям в рамках Федеральной целевой программы «Культура России»*

Редакционная коллегия

*Ж. Лошак (главный редактор), А.А. Рухадзе, Ю.П. Рыбаков, Н.В. Самсоненко,
А.Ф. Смык, Л.И. Уруцкоев, А.М. Цыганенко (заместитель главного редактора)*

*Редакционная коллегия выражает благодарность Фонду Луи де Бройля
за неоценимое содействие в подготовке и выпуске в свет настоящего издания*

Б88 **Луи де Бройль.** Избранные научные труды. Т. 1. Становление квантовой физики:
работы 1921–1934 годов. — М.: Логос, 2010. — 556 с.

ISBN 978-5-98704-505-3

Публикуются основополагающие научные труды выдающегося французского ученого, одного из создателей квантовой механики Луи де Бройля. Часть работ ученого выходит на русском языке впервые. В этот том вошли биография Луи де Бройля «Принц в науке», написанная его другом и единомышленником Ж. Лошаком, статьи 1921–1927 годов, книга «Магнитный электрон (теория Дирака)», диссертация Луи де Бройля и его Нобелевская лекция, по сей день представляющие большой интерес.

Для ученых-физиков, представителей других естественных и точных наук, философов и науковедов.

УДК 53
ББК 22.3

ISBN 978-5-98704-505-3

© Flammarion, Ж. Лошак «Принц в науке», 1992
© Московский государственный университет печати
имени Ивана Фёдорова, составление и перевод, 2010
© Логос, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие. <i>Жорж Лошак</i>	7
--------------------------------------	---

Раздел I

Жорж Лошак. Принц в науке

Введение.....	11
Глава 1. История рода. Детство.....	16
Глава 2. Наука – смысл жизни.....	33
Глава 3. Война. Эйфелева башня. Улица лорда Байрона. Первые работы.....	49
Глава 4. Работы 1923 года. Диссертация. Волновая механика.....	60
Глава 5. Первые победы. Первые соперничества. Река удаляется от источника.....	76
Глава 6. Триумф индетерминизма. Переворот на Сольвеевском конгрессе. Де Бройль отступает перед лагерем противников.....	87
Глава 7. Годы славы.....	103
Глава 8. Война, опять война. Де Бройль возвращается к своим первым идеям.....	120
Глава 9. Разворот.....	137
Глава 10. Работать для будущего.....	151
Библиография.....	174

Раздел II

Луи де Бройль. Статьи 1921–1927 годов

Об уменьшении частоты кванта в последовательных превращениях излучения высокой частоты.....	181
Излучение абсолютно черного тела и кванты света.....	184
Об интерференции и теории квантов света.....	190
Волны и кванты.....	193
Кванты света. Дифракция и интерференция.....	196
Кванты, кинетическая теория газов и принцип Ферма.....	198
О динамике квантов света и интерференции.....	201
О собственной частоте электрона.....	203
Об аналогии между динамикой материальной точки и геометрической оптикой.....	206
Корпускулярная структура вещества и излучения и волновая механика.....	215

Содержание

Пятимерная Вселенная и волновая механика	217
I. Введение	217
II. Точка зрения неволновой механики	218
III. Точка зрения волновой механики	224
Волновая механика и корпускулярная структура вещества и излучения	228
I. Введение	228
II. Непрерывные волны и динамика материальной точки	229
III. Переход от старых механик к новой	242
IV. Случай движения системы материальных точек	244
Заключение и замечания	248
Раздел III	
<i>Луи де Бройль. Труды периода становления квантовой физики</i>	
Исследования по теории квантов. Докторская диссертация	253
Резюме	253
Исторический обзор	254
Глава I. Фазовая волна	259
Глава II. Принцип Мопертюи и принцип Ферма	268
Глава III. Квантовые условия устойчивости траекторий	280
Глава IV. Квантование одновременных движений двух электрических центров	284
Глава V. Кванты света	290
Глава VI. Рассеяние X- и γ -лучей	300
Глава VII. Статистическая механика и кванты	308
Приложение к главе V	321
Выводы и заключения	323
Магнитный электрон: теория Дирака	325
От редакции	325
Предисловие	326
Часть первая. Успехи и неудачи квантовой теории и волновой механики в ее первоначальной форме	327
Глава I. Атомный спектр водорода. Теории Бора и Зоммерфельда	327
Глава II. Общие понятия о дублетных оптических спектрах и их интерпретация	338
Глава III. Спектры рентгеновских лучей и теории Бора и Зоммерфельда	344
Глава IV. Магнитные аномалии и гипотеза о вращающемся электроны	356

Глава V. Краткое изложение принципов волновой механики	367
Глава VI. Краткое изложение принципов волновой механики (продолжение) ...	378
Глава VII. Релятивистская форма волновой механики с одной волновой функцией	388
Глава VIII. Успехи и неудачи волновой механики с одной волновой функцией....	395
Часть вторая. Теория вращающегося магнитного электрона Дирака.	
Общие принципы	408
Глава IX. Теория Паули.....	408
Глава X. Теория Дирака.....	417
Глава XI. Релятивистская инвариантность уравнений Дирака.....	426
Глава XII. Плотности заряда и тока в теории Дирака. Плоские волны	435
Глава XIII. Собственный магнетизм электрона.....	442
Глава XIV. Тензор «плотности электрического и магнитного моментов».....	451
Глава XV. Матрицы и первые интегралы в теории Дирака.	
Собственный угловой момент электрона.....	460
Глава XVI. Систематическое резюме полученных результатов.....	471
Часть третья. Применения теории Дирака. Критические замечания и различные дополнения.....	
Глава XVII. Объяснение тонкой структуры при помощи теории Дирака.....	486
Глава XVIII. Вывод формулы Ланде.....	502
Глава XIX. Собственный и орбитальный угловые моменты.	
Поляризация электронных волн	511
Глава XX. Состояния с отрицательной энергией в теории Дирака	518
Глава XXI. Шредингеровское «дрожание»	527
Глава XXII. Несколько замечаний о теории относительности и новой механике	534
Нобелевская лекция, прочитанная в Стокгольме 12 декабря 1929 г.	
Луи де Бройлем. О волновой природе электрона.....	541

ПРЕДИСЛОВИЕ

Стендаль начинает свой роман «Пармская обитель» следующими словами: «15 мая 1796 года генерал Бонапарт вступил в Милан во главе молодой армии, которая перешла через мост у Лоди, показав всему миру, что спустя много столетий у Цезаря и Александра появился преемник».

Хочется по аналогии сказать, что 14 декабря 1900 года, совершая последнее открытие XIX века, Макс Планк высказал квантовую гипотезу и тем самым от имени будущей молодой армии физиков XX века заявил миру, что у Пифагора, Галилея, Ньютона и Максвелла появились преемники.

Планк сразу оценил величие своего открытия. Он сказал своему сыну, что нашел «нечто подобное закону всемирного тяготения». Но в то время только он один понимал это, и никакой армии у него тогда не было. До 1905 года никто за ним не пошел и даже не заметил его открытия, пока не появилась звезда науки XX века – Альберт Эйнштейн. Только с него началась новая физика и поднялась «великая армия» ученых, чьи имена хорошо известны, но все-таки перечислим их по очереди: Планк, Эйнштейн, Бор, де Бройль, Гейзенберг, Шредингер, Паули, Борн и некоторые другие.

Итак, герой настоящей книги влился в эту армию четвертым, когда уже знали закон черного излучения, закон квантов, кванты света (фотоны) и атом Бора. Луи де Бройлю предстояло получить следующий великий результат – ввести понятие волны для электрона и для всех материальных частиц.

Из-за войны он начал свою научную деятельность довольно поздно, в 1920 году, но с самого начала оказался в очень благоприятной среде. Он участвовал в семинаре Ланжевена, где царствовала теория относительности, и работал в лаборатории своего брата Мориса де Бройля, которая была одной из самых передовых в мире в области рентгеновских и гамма-лучей и одной из первых, принявшей идею фотона.

Де Бройль начал свои работы по основам квантовой теории два года спустя, в 1922 году. Ему было тридцать лет. Он сразу же взялся за решение коренных вопросов: связь между интерференцией и квантами света, связь между корпускулярными спектрами и фотоэффектом, черное излучение и кванты света (особенно роль теории относительности); он открыл спин фотона за два года до открытия спина электрона и показал, что спин фотона должен быть направлен вдоль светового луча. Все это привело его к идее описать фотон как настоящую частицу с массой покоя, и в 1923 году в продолжение этой идеи он открыл волновые свойства материи и написал знаменитую формулу для длины волны, связанной с любой материальной частицей. В 1924 году он защитил докторскую диссертацию.

Предисловие

Волна материи является одним из самых удивительных и глубоких открытий XX века (во что первоначально, кроме Эйнштейна, никто не верил). Мало кому удалось добавить столь новую черту к образу нашего мира. Среди самых плодотворных идей эта волна не только вошла в базисы всей квантовой теории, она легла в основы создания электронного микроскопа, транзистора (и тем самым всей электроники) и даже лазера, как это подчеркивал Альфред Кастлер. Всем известно, что вынужденное излучение открыл Эйнштейн, однако когерентность этого излучения была предсказана не им, а именно де Бройлем в его диссертации как следствие общих свойств открытой им волны.

За годы своей деятельной жизни де Бройль написал 240 статей (большинство из них научные, но многие – по философии науки), 37 научных книг, 10 книг по философии науки; опубликовано 88 его академических выступлений и различных научных лекций. Но известно, что этот список не полный: нередко наталкиваются на забытые статьи.

Де Бройль работал во всех областях квантовой теории и волновой механики. Трудно их перечислить. Ограничимся главными: основы волновой механики, теория квантования, роль потенциальных барьеров, принцип соответствия, соотношения Гейзенберга, системы частиц, теория Дирака, теория света и всех частиц со спином, как слияния частиц со спином одна вторая (четыре книги помимо статей). Гейзенберг сказал, что это открытие такого же значения, как сама волновая механика, квантовая теория поля, квантовая теория измерения, теория ядра, теория электронного микроскопа и т. д. К этому следует добавить статьи и книги, касающиеся обобщения квантовой теории. Такие обобщения пытались, каждый по-своему, делать и другие создатели квантовой физики, в том числе Эйнштейн, Дирак, Гейзенберг, Шредингер, Борн.

Я имел счастье быть учеником, позже сотрудником, а затем другом Луи де Бройля – одного из великих ученых XX века, труды которого опубликованы в этой книге.

Если только я могу себе позволить несколько тривиальное выражение, обещаю, дорогие читатели, что с ним вам никогда не будет скучно. Вы будете наслаждаться научными взглядами великого автора и элегантностью и простотой мысли человека, который глубоко знал науку и чувствовал, насколько она в конце концов «очень маленькая вещь» (по его собственным словам), чтобы попытаться улучшить ее с помощью ненужных усложнений.

Я радуюсь и даже горжусь тем, что это крупное собрание трудов моего учителя впервые появится в России – на родине моих родителей, и специально для этого издания написал предисловие на русском языке. И я сердечно благодарю моих старых друзей Леонида Уруцкоева, Николая Самсоненко и Юрия Рыбакова, которые приняли в этом деле важное участие.

*Жорж Лошак,
президент Фонда Луи де Бройля*