ISSN 0130 1640

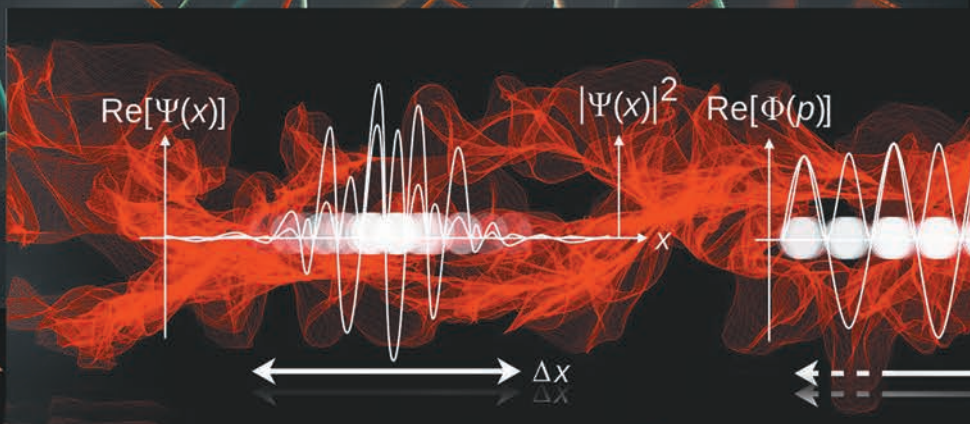
ЗНАНИЕ-СИЛА

«Knowledge itself is power» *(F. Bacon)*

11/2020

6+

Квантовая теория: настоящее и будущее



11/2020 В НОМЕРЕ

4 **ГЛАВНАЯ ТЕМА**

Квантовая теория: настоящее и будущее

Появившись в начале XX века, чтобы навести порядок в микромире, квантовая теория во многом определила дальнейшее развитие всей науки и техники, став теоретическим фундаментом естественных наук и дав материал для интерпретации своих результатов философам.

6 *Николай Никитин*
Квантовая теория: вид снаружи, вид изнутри

14 *Клим Сладков*
Квантовый компьютер

Единичная квантовая система может хранить в себе больше информации, чем классическая, так как вариантов смесей состояний больше, чем самих состояний.

22 *Александр Винничук*
В поисках теории квантовой гравитации: достижения и перспективы

30 **НОВОСТИ НАУКИ**

32 **СУММА ТЕХНОЛОГИЙ**

Игорь Шумейко
Маглев. На рельсах XXI века

Поезд на магнитной подушке – будущее железнодорожного транспорта.

41 **СОЗДАНО В РОССИИ**

44 **ИЗ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МЕДИЦИНЫ**

Александр Волков
Отец русской хирургии

В этом году исполняется 210 лет со дня рождения великого русского хирурга Николая Ивановича Пирогова, во многом определившего развитие отечественной медицины в XIX веке.

51 **ПОРТРЕТ УЧЕНОГО**

Борис Булюбаш
Академик Иоффе

55 **75 ЛЕТ ПОБЕДЫ**

Аполлон Давидсон
«Первый день войны прекрасно помню...»

58 *Александр Волков*
Никто не забыт, и ничто не забыто

Летописец блокады Ленинграда Ольга Берггольц, на долю которой выпали тяжкие испытания, смогла преодолеть их и стать голосом осажденного города.

62 **РАЗМЫШЛЕНИЯ К ИНФОРМАЦИИ**

Борис Жуков
Мухи отдельно, картинки отдельно

11/2020 В НОМЕРЕ

63 **ОТЕЧЕСТВА СЛАВНЫЕ ДАТЫ**

Алексей Вырский
Путеводная звезда первой русской кругосветки
250 лет назад, 19 ноября 1770 года, родился Адам Йоханн фон Крузенштерн, более известный нам как Иван Федорович Крузенштерн — мореплаватель, адмирал, возглавлявший первую русскую «кругосветку».

72 **В ПОИСКАХ ПРОШЛОГО**

Владимир Коршунков
«Республика» по-русски
«Res publica» — «общее дело». Что имели в виду российские интеллигенты, призывая к «общему делу»? Какое отражение это нашло на страницах литературных произведений?

78 **ВО ВСЕМ МИРЕ**

80 **ЧИТАЯ И ВЧИТЫВАЯСЬ**

Николай Барабанов
«Делать то, что волнует воистину»
Обретение правды, утверждение добра и красоты человеческих отношений (часто — от противного, через активное неприятие лжи, фальши, уродства повседневной жизни) было главным в творчестве писателя Юрия Трифонова.

87 **ЛЮДИ И КНИГИ**

Марианна Сорвина
Очень страшная история

95 **ПРЕДСТАВЛЯЕМ КНИГУ**

Борис Соколов
Венок Грибоедову

99 **ПОНЕМНОГУ О МНОГОМ**

100 **В ГЛУБЬ ВРЕМЕН**

Александр Голяндин
Жизнь отступника

106 **МИР ГЛАЗАМИ ПУТЕШЕСТВЕННИКА**

Галина Щапова
Путешествие по Филиппинским островам

112 **КАК МАЛО МЫ О НИХ ЗНАЕМ**

114 **РАССКАЗЫ О ЖИВОТНЫХ**

Василий Климов
Птицы-носороги

118 **СТРАНА ФАНТАЗИЯ**

Пауль Госсен
Где-то на Марсе

124 **ЮБИЛЕИ КРУГЛЫЕ И НЕ ОЧЕНЬ**

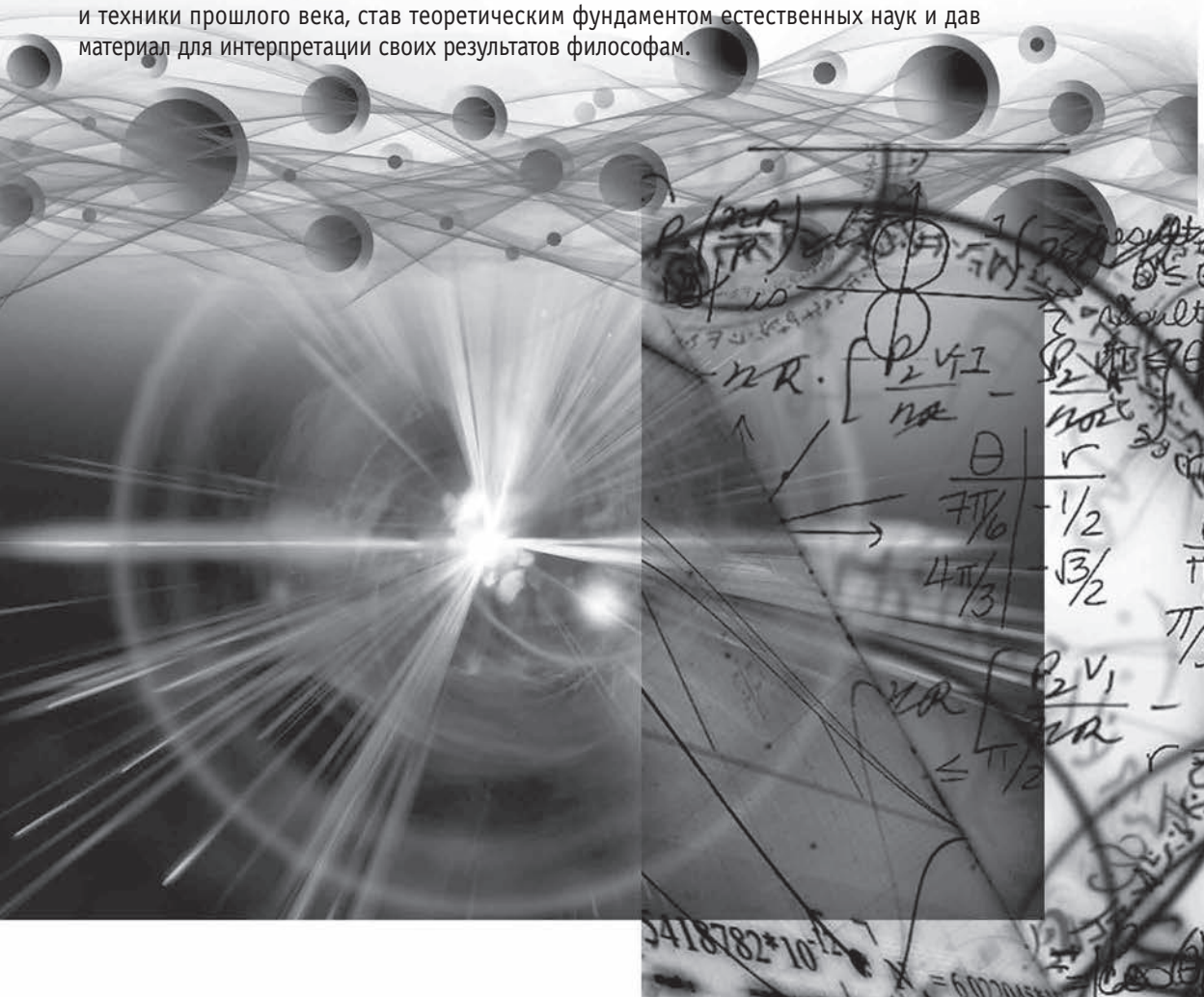
127 **ПУТЕШЕСТВИЯ ВО ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВЕ**

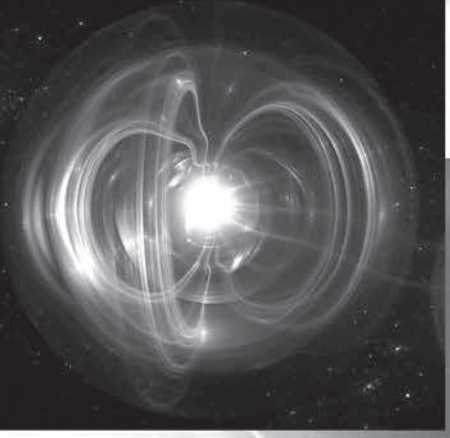
Квантовая теория: настоящее и будущее

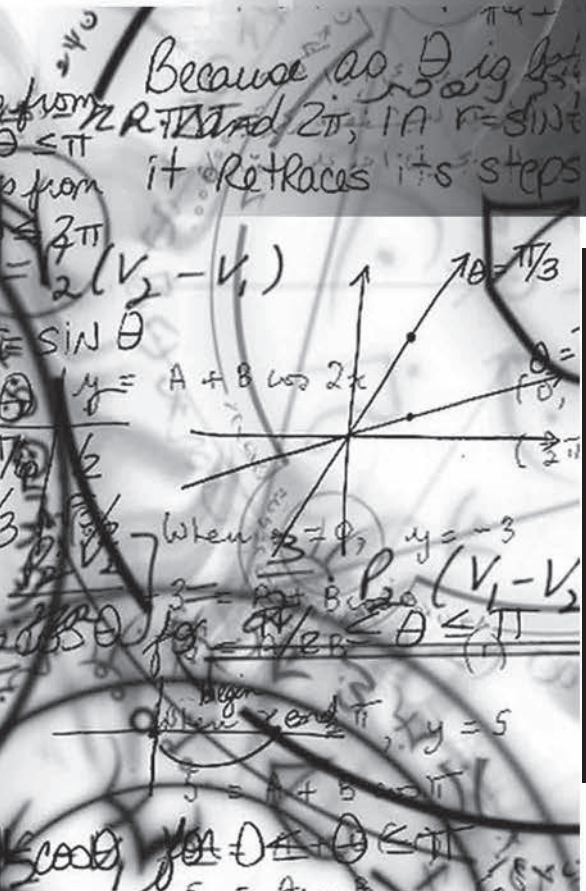
Когда Макс Планк, создатель квантовой теории, поступил в университет с желанием заниматься теоретической физикой, профессор Мюнхенского университета Филипп фон Жолли отговаривал его от этой идеи: «В этой области почти все уже открыто, и все, что остается — заделать некоторые не очень важные пробелы».

Юный Планк ответил, что его не интересует открытие нового, он только хочет узнать уже известные основы физики. Однако, решая задачу об излучении лампочки, уже немолодой к тому времени физик пролил свет на полный загадок квантовый мир.

Сегодня квантовая теория — самый фундаментальный ответ человечества на вопрос «Как устроен наш мир?» Она позволяет описать явления, происходящие во всех масштабах, — от кварков до Вселенной — и ни разу не дала отличий от эксперимента, которые бы превышали точность теории или точность эксперимента. Появившись в начале XX века, чтобы навести порядок в микромире, квантовая теория во многом определила развитие всей науки и техники прошлого века, став теоретическим фундаментом естественных наук и дав материал для интерпретации своих результатов философам.







В материалах Главной темы мы расскажем не столько о старых успехах квантовой теории, сколько о том, что она представляет из себя сегодня (интервью с доцентом Физического факультета МГУ Николаем Никитиным) и куда она движется (материалы о квантовых вычислениях и квантовой гравитации).

Физики шутят

Поскольку принцип неопределенности Гейзенберга является основополагающим в квантовой механике, физиков позабавит сообщение о том, что про конгресс по квантовой физике может быть известно лишь одно: или место, или дата проведения.

Квантовая теория: вид снаружи, вид изнутри



Никитин Николай Викторович, доцент Физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова рассказал нашему журналу понятным языком о некоторых сложных проблемах квантовой физики.

«ЗС»: *Первый вопрос: как по вашему мнению воспринимает квантовую физику человек, далекий от науки?*

Никитин: Я довольно часто принимаю участие в различных научно-популярных мероприятиях, общаюсь с далекими от науки людьми. Из всего спектра реакции на квантовую физику можно грубо выделить три направления. Первое направление — это направление прагматическое: «Что ваша квантовая физика может дать конкретно мне, моему бизнесу, улучшению качества моей жизни?» Как ни странно, людей, которые задают такие прагматичные вопросы, — меньшинство. Реально меньшинство. И на встречах таких людей тоже бывает мало. Не знаю, может быть, прагматичные люди на дни науки и популярные лекции просто не ходят.

«ЗС»: *Действительно, а как прагматичным людям может помочь квантовая физика?*

Никитин: На самом деле, ответ на этот вопрос прост. Вся современная микроэлектроника, в том числе компьютер и сотовый телефон, — это квантовая физика. Ядерная энергетика, то есть, грубо говоря, элек-

тричество в наших домах — это квантовая физика. Вся технологическая среда, которая окружает прагматичного человека и помогает ему делать бизнес, — это квантовая физика. Поэтому таким людям отвечать проще всего.

«ЗС»: А другие два направления?

Никитин: Большинство людей, когда узнает, что я занимаюсь квантовой физикой, обычно говорят: «А у меня в школе по физике была тройка». Это характерная реакция безразличного к науке человека. Таких людей я отношу ко второму направлению. У подобного человека своя жизнь, свои заботы, неурядицы, радости. А наука? А что наука? Есть где-то, ну и ладно. Беда, а, может, и какой-то вызов, состоит в том, что именно эти люди составляют основную часть налогоплательщиков. Поэтому именно им и нужно объяснять, для чего необходима наша наука. Насколько я понимаю, вся научная популяризация возникла именно для этой цели.

Наконец, третья группа людей — это люди с реакцией типа: «Вау, как клево! Квантовая физика — да, я читал. Это Фейнман, Хокинг, Планк, квантовые скачки и запутанные состояния». Иногда это бывает приправлено какимнибудь «квантовым сознанием» и иными новомодными вещами из свежих научно-популярных книг. Например, я видел книгу по квантовой теории любви. Замечу, что понятие «квант» сейчас стало очень модно добавлять к любому другому слову. Вспомним, хотя бы «Квант милосердия» из «Бондианы».

«ЗС»: Действительно, я видела книгу по квантовой механике для дошкольников. В ней — только простые картинки. Зато в конце написано, что «теперь вы стали настоящими квантовыми механиками».

Никитин (улыбаясь): Да. Мне как раз такую книжку недавно подарили студенты.

«ЗС»: Наверное, надо было наоборот. Вы должны были подарить им такую книжку.

Никитин: Я им в ответ подарил серьезную книгу по квантовой механике.

«ЗС»: Ученому, наверное, приятно, когда люди говорят про вашу работу: «Вау, как это все клево!»

Никитин: Конечно, с одной стороны, хорошо, что есть такие люди. С другой стороны, надо понимать, что подобное отношение к науке — во многом сиюминутное веяние моды. Точно так же в 1960-е годы было всеобщее увлечение поэзией и бардовской песней. Окуджава и Визбор собирали огромные залы, Ахмадулина и Вознесенский читали свои стихи на площади Маяковского перед десятками тысяч слушателей. А потом, в 1970-е и в 1980-е это увлечение постепенно сошло на нет. Его вытеснили йога и политика. Сейчас остались единицы истинных ценителей поэзии. Ныне модно говорить про науку, поскольку людям изрядно надоели «глянцевые» попдивы и всевозможные «проповедники чистогана». Но со временем пройдет и эта мода.

«ЗС»: А кто сейчас составляет группу «Вау, как это все клево»?

Никитин: Среди тех людей, которые посещают мероприятия типа «Ученые против лженауки» примерно 9/10 как раз и приходят потому, что это сейчас модно. А 1/10 — потому, что им действительно интересно. Однако всегда есть нюансы, исключения. Но они далеко выходят за рамки данного интервью.

«ЗС»: Следующий вопрос вытекает из предыдущих. Мы поговорили о том, как далекий от науки человек воспринимает квантовую теорию. А что «на самом деле» представляет собой квантовый мир?

Никитин: Не знаю. Вы будете удивлены, но я даже не уверен, что этот вопрос можно поставить в таком виде.

«ЗС»: А в каком виде можно?

Никитин: Попробую объяснить. Понятия, которые мы используем, пришли к нам из повседневной жизни, неразрывно связанной с классическим типом мышления. А что такое классическое мышление с точки зрения изучения любого физического объекта? Нам кажется само собой разумеющимся, что

объект обладает некоторым набором свойств, например, положением в пространстве, импульсом, энергией, зарядом и так далее. И когда мы говорим об объекте, о том, что он существует, мы на самом деле говорим о совокупности свойств этого объекта, которые можно совместно измерить различными физическими приборами без существенных изменений состояния самого объекта. Мы к этому привыкли. И подобная точка зрения кажется нам абсолютно естественной. Однако когда мы переходим к квантовому объекту, ситуация кардинальным образом меняется. «Что такое квантовый объект?» — вопрос, который интересовал еще основателей квантовой механики. Исчерпывающий ответ на этот вопрос не дан до сих пор.

«ЗС»: *Но как-то ведь можно определить, какие объекты изучает квантовая механика?*

Никитин: Как я уже сказал выше, с классическим объектом всё довольно просто. Я могу взять, например, шарик от пинг-понга, пощупать его, посмотреть на него и сказать — да, вот он у меня в руке. Я могу его кинуть в стену, и шарик отскочит от стены, я могу его раздавить и посмотреть, что у него внутри. Вот типичный классический объект, который, на наш взгляд, несомненно существует.

«ЗС»: *Это такой сенсуалистический подход. Пользуемся органами чувств и из своих ощущений делаем выводы.*

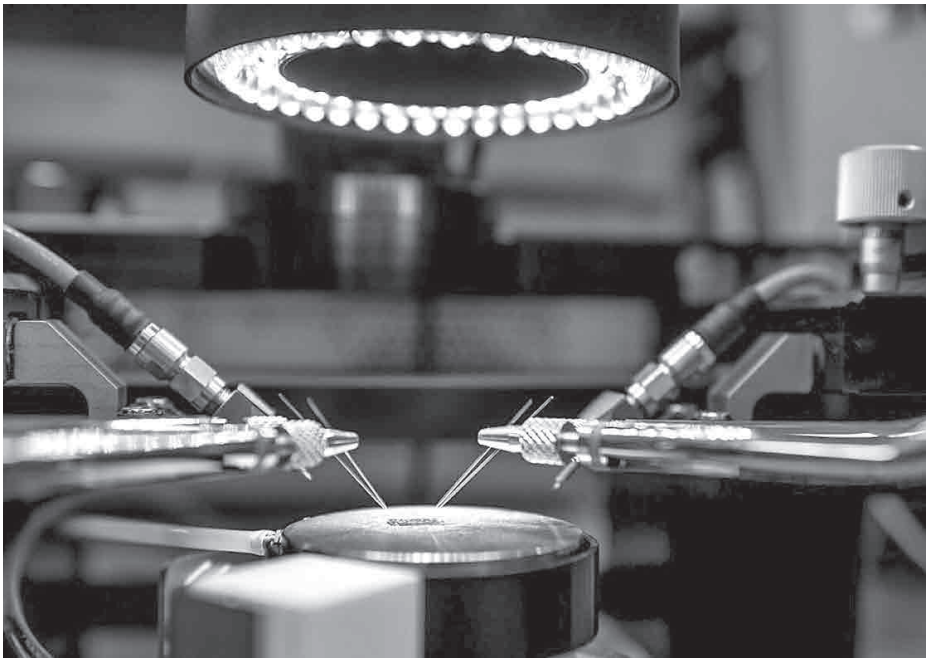
Никитин: Не только из своих ощущений. Мы делаем вывод о существовании шарика из результатов определенного набора измерений. Но что здесь интересно? Когда мы делаем измерение над шариком, мы мало меняем его состояние. Мы можем сломать или раздавить шарик — это другое дело. Но, вообще говоря, мы можем убедиться, что шарик для пинг-понга существует, просто посмотрев на него. При этом мы измерили его форму и цвет, фактически не изменив состояние шарика как такового, то есть мы выполнили так называемое мало возмущающее измерение. И пока мы живем в классическом мире, то, что мы можем судить о любом объекте при помощи мало возмущающих измерений, кажется нам само собой очевидным.

В квантовом мире любое измерение над квантовой системой, как правило, приводит к существенному изменению состояния самой системы. Поэтому результаты измерения относятся не к свойствам текущей квантовой системы, а к свойствам той системы, которая была до измерения. То есть говорить о существовании квантового объекта в терминах его свойств — не такая простая задача, которая требует определенной аккуратности и строгости. Поэтому использование математического формализма при описании квантовых процессов гораздо более продуктивно, чем «наглядное» понимание «физики квантовых явлений».

«ЗС»: *Так все-таки, что значит понятие «квантовый объект» с точки зрения квантовой механики?*

Никитин: Квантовая механика нашла гениальный выход для ответов на подобные вопросы. В рамках этой теории состояние квантовой частицы характеризуется математическим объектом, который получил название вектора состояния квантового объекта. В процессе измерения данный объект изменяется. Процедура подобного изменения описывается при помощи воздействия на вектор состояния другого математического объекта. Он носит название оператора, поскольку совершает некую операцию над вектором состояния. Свойства операторов и векторов состояния черпаются из экспериментов по измерению тех или иных свойств квантовых объектов.

Для примера рассмотрим электрон. У электрона мы можем совместно измерить, скажем, его положение в пространстве и проекцию спина на ось Z (надеюсь, читателям известно понятие спина, о нем рассказывают даже в школе). Но совместно измерить со сколь угодно большой точностью проекции спина электрона на две ортогональные



Российские физики создали детектор квантовых состояний!

оси Z и X мы уже не можем. И это экспериментальное свойство получает отражение при построении оператора спина к квантовой теории.

То есть для того, чтобы измерить разные характеристики электрона, нам нужно, во-первых, делать разные измерения. Во-вторых, разными измерительными приборами. То есть, например, у нас нет такого прибора, который бы измерил проекцию спина на ось Z, и одновременно со сколь угодно большой точностью измерил проекцию спина на ось X. Иными словами, мало того, что измерение в квантовой механике абсолютно изменяет состояние квантовой системы. Но мы еще не можем измерить все свойства этой системы. Это есть самое большое отличие изучения систем квантовых от систем классических.

***«ЗС»:** И как же все это можно понять человеку, далекому от квантовой физики?*

Никитин: Есть две альтернативы. Первая — что свойства квантовой системы возникают только тогда, когда мы эту систему измеряем конкретным макроскопическим прибором. Вторая — квантовая система независимо от измерения обладает всеми своими свойствами. Однако наши классические измерительные приборы столь грубы, что они принципиально не могут измерить все свойства совместно. Изначально эти две альтернативы рассматривались как равноправные и породили различные интерпретации квантовой механики. Нильс Бор и Вернер Гейзенберг считали, что нельзя говорить о свойствах квантовой системы, если не предъявлен макроскопический прибор, которым будут измеряться данные свойства. Фактически, квантовая механика в понимании Бора и Гейзенберга — это такая эмпирическая теория, которая позволяет судить, что будет происходить с квантовой системой, если при помощи классических измерительных приборов мы будем пытаться измерять свойства (характеристики) такой системы.

Другой интерпретации придерживались Альберт Эйнштейн и Луи де Бройль. Можно сказать, что Эрвин

Шредингер и Макс Борн также симпатизировали данной интерпретации. Эти великие физики полагали, что ученые подошли к границе познаваемости нашего мира при помощи классических приборов. А других приборов у нас нет и не может быть, потому что мы — жители классического мира, наш мозг анализирует только классическую информацию, и поэтому мы вынуждены использовать классические измерительные приборы. Одиночная квантовая система, которая необратимо разрушается при измерении, для этих физиков не имеет никакого смысла. По их мнению, необходимо иметь дело только с совокупностью одинаковых квантовых систем. И над такой совокупностью проводить серии измерений ее свойств. Естественно, что в этом случае суждения будут принципиально статистическими.

Вот ответ на тот самый ваш вопрос: как воспринимать квантовый подход, если не вдаваться в дебри математики? Упрощенно квантовую механику можно рассматривать как эмпирическую теорию описания взаимодействия классических измерительных приборов и квантовых систем в классических терминах, доступных для обработки нашим мозгом. Подобные теории называются операциональными. Эти теории оперируют только теми понятиями, для которых можно указать экспериментальную процедуру их измерения. Интересно отметить, что Гейзенберг создавал квантовую механику именно как операциональную теорию. Он говорил: «Вот есть атом. Можно указать процедуру для измерения уровней энергии в атоме? Можно. Значит, уровни энергии должны входить в теорию. Но мы не можем указать процедуру измерения траектории электронов в атоме. Значит, траектории не должны входить в теорию». Поэтому квантовая механика — типичный представитель операциональных теорий.

А то, что предлагали А. Эйнштейн и его единомышленники, называется онтологическими моделями. Подобные модели пытаются представить, как «на самом деле» устроен мир, даже если необходимые для этого понятия невозможно определить экспериментально. «Усреднение» по значениям таких ненаблюдаемых понятий должно давать правильные значения для экспериментально наблюдаемых свойств физических систем. Бонусом в подобных моделях мы, как правило, получаем «объяснение» статистического характера квантовой механики. Вот такие есть два подхода к пониманию квантовых систем. Остальные подходы являются вариациями или комбинацией этих двух.

«ЗС»: *Интересно, а онтологические модели как-то связаны с теориями скрытых параметров? О таких параметрах как возможном классическом объяснении законов квантовой механики много пишут в интернете.*

Никитин: Теории со скрытыми параметрами являются простейшей реализацией онтологических моделей. Идея о том, что квантовая система, помимо известных нам физических свойств (массы, заряда, координаты и так далее), обладает некоторым набором дополнительных свойств, которые принципиально никогда нельзя будет измерить ни одним макроскопическим прибором, весьма импонировала А. Эйнштейну и Л. де Бройлю. Но если бы мы знали эти свойства и могли бы написать «истинную теорию микромира», то такая теория была бы в точности похожа на классическую механику. Не было бы никаких вероятностей, которые характерны для квантовой механики. И результат любого измерения мы могли бы предсказать со стопроцентной вероятностью. Тут напрашивается прямая аналогия с описанием состояния идеального газа. В газе — миллиарды молекул. Каждая имеет свою скорость. Но эта скорость нам не известна. Более того, в реальности абсолютно невозможно измерить скорость каждой молекулы. Но можно характеризовать газ средней темпе-



Луи де Бройль



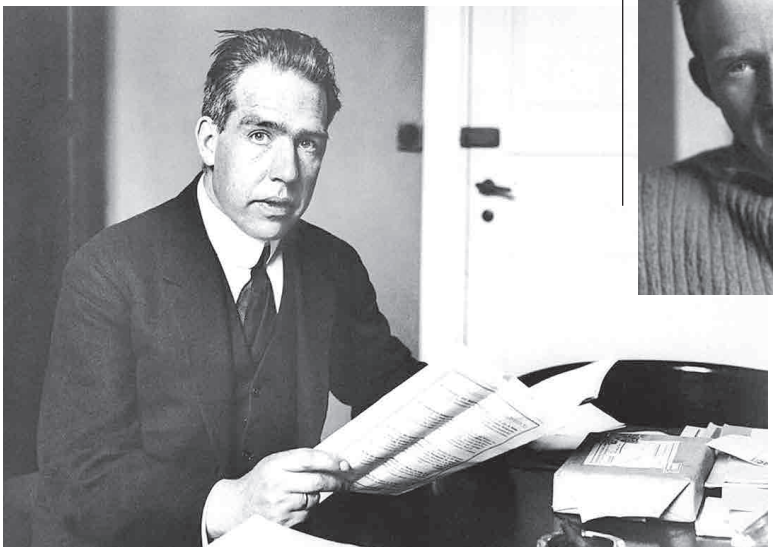
Дэвид Бом

Никитин: Эйнштейн, Де Бройль, Шредингер допускали существование локальных скрытых параметров как механизма, который обеспечивает статистический характер квантовой теории. В 1950-е годы ученик де Бройля Дэвид Бом создал, наверное, самую известную теорию с нелокальными (то есть взаимодействующими быстрее скорости света) скрытыми параметрами — теорию волн-пилотов де Бройля — Бома.

А, например, создатели Копенгагенской интерпретации квантовой механики Н. Бор и В. Гейзенберг, В. Паули, их многочисленные ученики и последователи считали, что никаких скрытых параметров не существует. Более того, как я упоминал раннее, эти люди полагали, что говорить о свойствах квантовой системы без указания конкретного измерительного прибора, который про-

Вернер Карл Гейзенберг





Нильс Бор

ратурой и средним давлением. Тогда для каждой молекулы газа можно написать вероятностное распределение ее скоростей — распределение Максвелла.

***«ЗС»:** Так существуют скрытые параметры или нет?*

ецирует состояние системы на тот или иной набор классических понятий, не имеет смысла. А как же они объясняли вероятностный характер измерений значений наблюдаемых квантовой системы? Для этого Бор и Гейзенберг фактически ввели

еще один дополнительный постулат квантовой механики — закон абсолютной случайности: если при измерении классическим макроприбором некоторой характеристики квантовой системы эта характеристика может принимать несколько значений, то при конкретном единичном измерении некоторое значение этой наблюдаемой выпадает абсолютно случайным образом. А когда мы проводим измерения большой совокупности одинаково приготовленных квантовых систем, мы выясняем, что какие-то из этих значений выпадают чаще, какие-то — реже. Так в квантовой теории возникает вероятность измерения значений наблюдаемой или совокупности наблюдаемых величин.

Можно я Вас теперь спрошу?

«ЗС»: *Спрашивайте.*

Никитин: Как Вы думаете, кто оказался прав: Эйнштейн с соратниками или приверженцы Копенгагенской интерпретации Бора — Гейзенберга?

«ЗС»: *Да все по-своему. Они же все были правы.*

Никитин: Не совсем так. Напомню, у нас, по большому счету, есть два различных подхода. Первый подход: существует только то, что мы можем измерить конкретным классическим прибором. Второй подход: квантовая система обладает всеми свойствами, но в силу грубости наших измерительных приборов мы можем совместно измерить только часть этих свойств.

«ЗС»: *Очевидно, что второе.*

Никитин: Замечательно, что Вы так сказали!

«ЗС»: Почему?

Никитин: Потому что это неправильно. И Вы только что продемонстрировали образец типичного классического мышления, которое не работает в квантовой механике.

«ЗС»: *Но точно такую же точку зрения высказало бы большинство людей, незнакомых с квантовой механикой.*

Никитин: Несомненно! Вы же знаете, например, что все скорости молекул классического идеального газа существуют, хотя их никто и не измеряет. Поэтому давайте усреднять по этим скоростям. И, более того, Вы уверены, что у каждой классической молекулы существуют и все другие физические свойства. Это типичное классическое мышление. Но для квантовых частиц все иначе. И правы тут оказались Н. Бор и В. Гейзенберг. Скажем аккуратнее: не факт, что Бор и Гейзенберг оказались до конца правы, но факт, что Эйнштейн оказался неправ. Неправ в том, что существуют локальные скрытые параметры. На самом деле их нет, и это можно доказать экспериментально. Вы сейчас думаете, а не сошел ли я с ума? Поскольку я утверждаю: экспериментально можно измерить то, что по определению не поддается экспериментальному измерению.

«ЗС»: *Да, именно это, на первый взгляд, Вы и сказали.*

Никитин: Не Вы первая, кто так думает. До 60-х годов XX века так думали все физики.

Споры по поводу онтологических моделей и операциональных теорий воспринимались исключительно как философские споры основателей квантовой механики между собой. Молодые же физики просто применяли готовый аппарат квантовой механики к различным явлениям, делали фундаментальные открытия и получали за эти открытия Нобелевские премии.

«ЗС»: *Такой прагматизм — очень логичная вещь...*

Никитин: ...был до 60-х годов XX века. Пока не выяснилось, что правоту или неправоту А. Эйнштейна можно экспериментально проверить при помощи классических приборов! Основная идея такой проверки заключается в ответе на естественный вопрос: «Как с математической точки зрения записать, что некоторые свойства физической системы (классической или квантовой) совместно существуют?»

«ЗС»: *Видимо, сумму из этих величин составить или произведение?*

Никитин: Еще проще. Если некоторые свойства совместно существуют, то можно записать вероятность их совместного существования.

«ЗС»: В принципе, логично.

Никитин: И эта совместная вероятность должна быть неотрицательной (вообще говоря, может оказаться нулевой) и не превосходить единицы. То есть если с точки зрения окружающего мира некоторые свойства физической системы совместно существуют, даже если мы не можем их измерить вместе никаким макроприбором, то существует совместная вероятность, и она обязана быть неотрицательной. Далее из этих совместных вероятностей можно составить некоторые линейные комбинации, которые не могут превосходить определенного положительного числа. Сами линейные комбинации можно вычислить как в классической, так и в квантовой механике. Как и следовало ожидать, в классической механике данные линейные комбинации никогда не нарушаются. Зато в квантовой механике при определенных условиях можно добиться нарушения данных комбинаций. Эти комбинации получили общее название «неравенства Белла» по имени английского физика-теоретика Джона Белла, который в 1964 году придумал первую подобную комбинацию. То есть если неравенства Белла выполняются, то нельзя установить, кто прав, Эйнштейн или Бор с Гейзенбергом. Но если неравенства нарушаются, то Эйнштейн неправ.

«ЗС»: Почему?

Никитин: Потому что нарушение неравенства сигнализирует о том, что какая-то совместная вероятность в квантовой системе может оказаться отрицательной. То есть некоторые свойства квантовой системы при определенных условиях совместно существовать не могут. Даже если мы не имеем прямого способа это измерить! А Эйнштейн полагал, что любые свойства всегда существуют совместно.

«ЗС»: Понятно.

Никитин: Настоящий прорыв случился в 1969 году, когда было написано неравенство Клаузера — Хорна — Шимони — Хольта, которое очень часто в научно-популярной литературе ошибочно называют неравенством Белла (вспомните принцип Арнольда!). Именно это неравенство оказалось удобно проверять в эксперименте. Первый эксперимент был осуществлен в 1972 году. Но только в 2015 году были поставлены, как сейчас считается, окончательные корректные эксперименты, которые показывают, что в квантовых системах неравенства Клаузера — Хорна — Шимони — Хольта нарушаются. То есть Альберт Эйнштейн оказался неправ.

«ЗС»: Интересно...

Никитин: Как еще можно понимать нарушение неравенств Белла? Представим, что любая квантовая система обладает только квантовыми свойствами, которые мы не можем осознать в силу того, что наш мозг оперирует классическими терминами. Если же мы все-таки пытаемся осознать свойства квантовой системы в терминах проекции этих свойств на классические термины (координаты, импульсы, массы, энергии и так далее), то тогда до начала измерения, до того, как мы выбрали измерительный прибор и начали с его помощью воздействовать на квантовую систему, таких сугубо квантовых свойств с точки зрения классического экспериментатора действительно не существует. Этот факт и отражает нарушение неравенств Белла. Но тут вновь возникает вопрос, с которого эта беседа началась: «Что же тогда такое квантовая система, кроме абстрактного вектора состояния, который соответствует ей в квантовой механике?» И здесь мы поставим многоточие. Я рассказал еще далеко не о всех особенностях квантовых систем.

Беседовала Анна Дегтярева.
Подготовка к публикации
Клима Сладкова.

Продолжение интервью с Николаем Никитиным читайте в следующем номере.