

Спасение кота Шредингера

*«Квантовая механика заслуживает
всяческого уважения, но внутренний голос
подсказывает мне, что это не настоящий Маклов»*
А. Эйнштейн

В попытках описать отношение к такому поразительному творению человеческого интеллекта как квантовая механика безоговорочно побеждает слово «двойственность». Действительно, с одной стороны, ее безупречно отлаженный математический аппарат позволяет с большой точностью выполнять вычисления для предсказания поведения объектов микромира. С другой стороны, трудно отделаться от смутного ощущения практически полного отсутствия классической ясности их образного представления. Ощущения неприятного, и даже способного вызывать оправданное отторжение. А здесь уже недалеко и до «еретических» мыслей о возможности изменить ситуацию в пользу классической физики, вернув ей принадлежащую по праву корону, отобранную физической революцией XX века. Или хотя бы «распилить» эту корону поровну ☺.

Очевидная банальность фразы: «история не терпит сослагательного наклонения» не умаляет ее справедливости и по отношению к истории науки. Тем не менее, очень соблазнительно попробовать реконструировать события эпохи формирования основ и последующего развития квантовой механики в несколько ином русле, более близком классическим идеалам физики. И выполнить эту художественно-документальную реконструкцию, например, в форме обмена письмами между известными учеными.

... В архивах разных стран хранится впечатляющая своим объемом переписка А. Эйнштейна со многими выдающимися физиками и мыслителями XX века: М. Планком, А. Зоммерфельдом, П. Ланжевром, Л. де Бройлем, М. Борном, Н. Бором, П. Эренфестом, Э. Шредингером, М. Бессо и другими.

В предлагаемой реконструкции, наиболее подходящим эпистолярным собеседником Эйнштейна в креативном диалоге о фундаментальных идеях квантовой механики мог бы стать де Бройль, несмотря на его видимую непоследовательность в выборе и сохранении своей точки зрения. Почему именно он? Во-первых, в силу авторства идеи о наличии волновых свойств у частиц вещества, а во-вторых, временный переход де Бройля на позиции сторонников вероятностной интерпретации квантовой механики извиняет преподавательская деятельность того периода жизни, обязавшая придерживаться взглядов победивших научных оппонентов. На самом деле, де Бройль всегда оставался противником вероятностной интерпретации квантовой механики. Показательный факт: поля последнего прижизненного издания его лекций были испещрены вопросами, на которые де Бройль «пытался найти ответ вне рамок этой интерпретации»¹.

Со своей стороны, Эйнштейн до конца своих дней по праву был неформальным лидером малочисленной физической оппозиции господствовавшей «копенгагенской школе», которую возглавлял Бор. В эпицентре всех многочисленных научных дискуссий о квантовой статистике, вероятности и детерминизме, в конце концов, оказывался вопрос «реальности», степени объективности окружающего мира. Изобретательные умы представителей «копенгагенской школы» (В. Гейзенберг, М. Борн, В. Паули, П. Дирак) были неутомимы в разрешении разнообразных парадоксов квантовой механики, обнаруживаемых с не меньшим азартом их противниками (А. Эйнштейном, Э. Шредингером, Л. де Бройлем, и другими физиками старшего поколения). Физики нового поколения предпочитали не замечать, что точные предсказания поведения

¹ Я. А. Смородинский, Т. Б. Романовская. «Луи де Бройль(1892-1987)» УФН, том 166, вып.4, Декабрь, 1988г.

микрообъектов, возможные благодаря поразительной математической мощи квантовой механики, тем не менее, уводят все дальше в опасную пустоту физической бессодержательности теории.

Это то, о чем в предисловии к одному из своих учебников писал М. Планк: «...затруднения, с которыми начинающему приходится бороться при первых шагах в области теоретической физики, часто относятся не столько к математической форме, сколько к физическому содержанию излагаемого хода мыслей. Не обращение с уравнениями, а их составление и интерпретирование — вот что более всего затруднительно ...»².

Из письма Э. Шредингера к А. Эйнштейну от 18 октября 1950 г.:

«Они обвиняют нас в метафизической ереси за то, что мы держимся этой «реальности» ... Нынешняя квантовая механика не дает замены. Она вовсе не знает этой проблемы. Она проходит мимо нее с резвой наивностью»³.

Из письма А. Эйнштейна к Э. Шредингеру от 22 декабря 1950 г.:

«Дорогой Шредингер!

Ты единственный (рядом с Лауэ) из современных физиков, кто понимает, что нельзя обходить вопрос о реальности – оставаясь честным. Большинство не дают себе отчета, какую рискованную игру они ведут с реальностью – реальностью как чем-то независимым от констатации»⁴.

А вот, что пишет В. Паули М. Борну, после поездки в Принстон, в письме без даты (ориентировочно, весна 1954 г.):

«... у Эйнштейна имеется «философское» предубеждение, что некоторое состояние (так называемое «реальное») в случае макроскопических тел при всех обстоятельствах может быть «объективно» определено, т. е. определено без данных, характеризующих условия эксперимента. ... Эйнштейн сказал ... что иначе «состояние некоторой системы зависит от того, как на нее смотрят» ... Мне кажется, что дискуссия с Эйнштейном может быть сведена к этой его предпосылке, которую я бы назвал идеей ... «независимого наблюдателя»⁵.

В наши дни о губительности научной специализации, практически лишенной физической и философской содержательности, предельно убедительно высказался К. Поппер:

«...Я восхищаюсь всяким, кто достаточно одарен, чтобы продвинуть вперед великое дело научного открытия. Но я не восхищаюсь специалистом, экспертом как таковым. Мы не можем себе позволить оказаться во власти формулы: это гибельный путь. Восхищаясь непроницаемым экспертом, мы прощаем нарочитую сложность выражений и впадаем в искушение принимать туманность за глубину. Наш долг при обсуждении вопросов, которые заботят по сути дела каждого, настаивать на ясном мышлении, на простоте, на интеллектуальной ответственности»⁶.

² Планк М., Введение в теоретическую физику. Часть 1. Общая механика. ГТТИ, Москва-Ленинград, 1932 г., 200 с.

³ <http://www.regels.org/wave-corpusc-experiment1.htm>

⁴ Там же.

⁵ Переписка А. Эйнштейна с М. Борном. Эйнштейновский сборник, 1972. «Наука», Москва, 1974г.

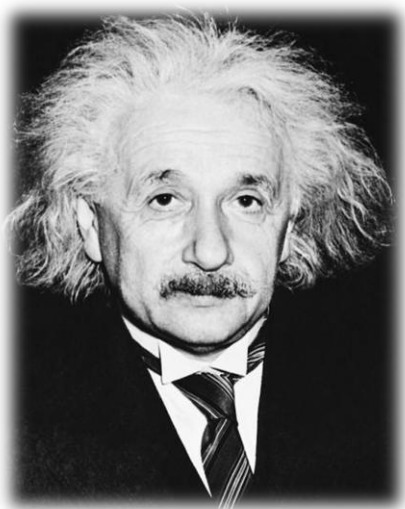
⁶ Поппер К.Р., Квантовая теория и раскол в физике, пер. с англ. М., 1998, 192 с.

Эйнштейна можно считать, до некоторой степени, научным «крестным отцом» де Бройля. Ведь именно Эйнштейн, хотя и с подачи Ланжевена, сумел оценить важность новых идей в диссертации де Бройля и заинтересовать ими Шредингера: «Он приподнял угол великого занавеса» («Er hat einen Zipfel der grossen Schleiers gelüftet»).

Поэтому выбор собеседников однозначен.

Итак, А. Эйнштейн и Л. де Бройль. Наступает 1954 год ...

Де Бройль моложе Эйнштейна на тринадцать лет, что совершенно не мешает им прекрасно понимать друг друга. Может быть потому, что оба они – настоящие одиночки в науке. Как бы парадоксально это не звучало. В этом году Эйнштейн по-прежнему живет в Принстоне и занимается исключительно научной работой в Институте перспективных исследований, а де Бройль продолжает преподавать в Париже, возглавляя кафедру теоретической физики Института Анри Пуанкаре.



15 февраля 1954 г. Эйнштейн пишет де Бройлю:

«Дорогой де Бройль.

Вчера я прочел уже знакомую мне переведенную на немецкий Вашу статью по проблеме «кванты и детерминизм» и мне доставила большое удовольствие ясность Вашей мысли...

... На самом деле я, точно так же как и Вы, убежден, что надо искать субструктуру, тогда как современная квантовая механика искусно прячет эту необходимость, применяя статистическую форму.

Но я издавна убежден, что эту субструктуру нельзя найти конструктивным путем, исходя из эмпирически известного поведения объектов, так как необходимое здесь усилие превышает человеческие силы. Не из-за тщетности моих многолетних усилий пришел я к этому выводу, а благодаря моему опыту в теории гравитации. Уравнения гравитации могли быть открыты только на основе чисто формального принципа (общей ковариантности), т.е. на убеждении, что законы природы основаны на наибольшей возможной логической простоте...»⁷.

Уже 8 марта де Бройль отправляет Эйнштейну ответ:

«Уважаемый господин Эйнштейн,

... я вновь склонен считать, что принятая в настоящее время статистическая интерпретация «неполна» и что надо искать точные пространственно-временные образы для дуализма «волна-частица», которые позволили бы оправдать успех статистических законов в квантовой механике.

⁷ Я. А. Смородинский, Т. Б. Романовская. «Луи де Бройль(1892-1987)» УФН, том 166, вып.4, Декабрь, 1988г.

То, что Вы в своем письме говорите о Вашем отношении к проблеме квантов и доверии к методу «логической простоты», привлекло мое пристальное внимание. Действительно, мне кажется, что те общие логические связи, которые привели Вас к великолепным результатам общей теории относительности и единых теорий поля, позволят в будущем лучше понять смысл квантов и дуализма волна-частица ...

Я еще раз благодарю Вас за пользу, которую мне принесло чтение Вашего драгоценного письма, и за ту огромную поддержку, которое оно мне дает в моих новых работах»⁸.

Именно так началось, к сожалению недолгое, эпистолярное сотрудничество двух великих умов прошлого века, в совместных поисках разрешения квантовых парадоксов. Де Бройль, вдохновленный недавними работами Бома, содержащими новую попытку построения квантовой теории со «скрытыми параметрами», с энтузиазмом вернулся к научным идеалам своей молодости, «несмотря на почти единодушное непонимание такого шага физическим сообществом». Эйнштейн к этому времени окончательно убедился в тщетности своих многолетних попыток найти взаимопонимание с оппонентами из «копенгагенской школы», и даже со своим близким другом Борном, которому он написал 1 января 1954 г.: «... Принимать участие в дальнейшей дискуссии, как вроде бы ты намерен, я не желаю. Мне достаточно отчетливо выразить свои взгляды»⁹.

Одним словом, ситуация для плодотворной общей работы Эйнштейна и де Бройля сложилась просто идеальная, и ее развитие могло быть таким ...

2 апреля 1954 г. де Бройль отправляет Эйнштейну весьма интригующее письмо, в котором в частности сообщает: «... Меня никогда не оставляла надежда в один прекрасный день возвратиться к классическим представлениям в квантовой механике, хотя лично мне казалось невероятным, что нам полностью удастся восстановить детерминизм прошлого. Удары, которые нанесло ему развитие новой механики, были слишком глубокими, чтобы от них можно было легко оправиться. Теперь я так не считаю.

... разумеется, что я не вправе затруднять Вас необходимостью отвечать, но у меня есть определенная (веская, на мой взгляд) причина, а именно: полагаю, что мне, все же, удалось найти достаточные основания для пересмотра первоначальных представлений о физическом смысле «волн материи». Мои нынешние надежды связаны с предполагаемым характером изменения гравитационной массы материальных объектов».

Разве могло не заинтересовать Эйнштейна, посвятившего большую часть своей жизни созданию теории гравитации, и всегда твердо стоявшего на позициях классического детерминизма, такое сообщение? После небольшой паузы, 26 мая он отвечает де Бройлю: «... Поскольку все это дело в целом, ... меня интересует, я был бы благодарен, если бы Вы мне могли написать краткое резюме о Ваших исходных соображениях, - в том виде, в каком Вы сами их себе представляете».

Ответное письмо де Бройля утеряно. Тем не менее, некоторое представление о его возможном содержании можно получить из письма Эйнштейна, датированного 27 июня 1954 г.: «... Дорогой де Бройль, Вы, безусловно, правы, особо подчеркивая тот факт, что, несмотря на количественную пропорциональность, инертная и гравитационная массы материальных тел качественно различны. Поэтому выбор Вами гравитационной массы в качестве физического референта понятия времени не лишен логических оснований».

Интересно также Ваше замечание о необходимости отличать математическое время, как «вспомогательную абстракцию», от времени в его физическом смысле.

... определение вида функции Лагранжа в пространстве масс совершенно справедливо опирается на базовые свойства этого пространства, но их определение Вами

⁸ Там же.

⁹ Переписка А. Эйнштейна с М. Борном. Эйнштейновский сборник, 1972. «Наука», Москва, 1974г.

не кажется мне достаточно обоснованным. К тому же само понятие пространства масс нуждается в уточнении.

... В целом, несмотря на несколько моих критических высказываний, Ваш окончательный вывод о колебательном характере изменения тяжести материальных тел, полученный на основе использования вариационных принципов классической механики, очень любопытен. Важным является и то обстоятельство, что он позволяет совершенно безболезненно пренебречь переменностью тяжести макроскопических объектов.

... В связи с Вашей работой, не могу не упомянуть скалярную теорию тяготения Г. Нордстрема, в которой тяжелая масса замкнутой и покоящейся как целое системы также оказывается осциллирующей величиной, среднее по времени значение которой, определяется полной энергией.

Если использовать Ваше обозначение гравитационной массы μ , Нордстрем полагает, что $\mu = \mu_0 e^{-\xi}$, где ξ – потенциал гравитационного поля».

На это письмо Эйнштейна, де Бройль не замедлил откликнуться 17 июля: «... Если категорию пространства порождает ощущение протяженности материальных объектов и расстояний между ними, то понятие времени формируется человеческим разумом как результат ощущения свойства тяжести материальных объектов. Возможности восприятия времени человек всецело обязан наличию у материальных тел гравитационной массы, находящейся в процессе непрерывного периодического изменения. Именно ощущение этого изменения воспринимается как течение времени ...

Каковы же свойства времени – в частности, его размерность? Изотропно ли время? И что можно сказать о его однородности и непрерывности?

Ответы на эти и другие вопросы я попытался обосновать в статье, опубликованной в «Journal de Physique». Предлагая ее Вам для ознакомления, я, в известной степени, чувствую себя как самоуверенный школяр, который, позволяя себе математические вольности и рискуя вызвать у вас раздражение, хочет, все же, выйти сухим из воды.

... Выражаю огромную признательность за несомненную пользу Ваших замечаний для моей дальнейшей работы в этом направлении. Свою публикацию с более подробным изложением размышлений о свойствах физического времени высылаю Вам отдельно. Я был бы очень рад, если бы Вы добавили к ней несколько строк или страниц в качестве комментария, независимо от того, согласны ли Вы или нашли мои новые соображения неприемлемыми».

Из письма Эйнштейна де Бройлю от 10 августа 1954 г.: «... Вы настаиваете на том, что «... Материально лишь мгновение настоящего, а предельно условные понятия прошлого и будущего – результат мыслительной деятельности человеческого разума, обладающего памятью и способного к прогнозированию. Разум «растягивает» материальную точку настоящего в идеальную временную ось ...». Это дает повод предположить, что Вы отказываете в адекватности отражения реальности понятию интервала в четырехмерном пространстве-времени. Аналогичное исключение мгновенного «сейчас» из концептуальной конструкции объективного мира, в свое время очень огорчало Бергсона ...».

En passant, немного о непростых взаимоотношениях А. Эйнштейна и А. Бергсона. Бергсон был убежден, что у естествознания нет монопольного права на исследование проблемы времени. Он абсолютизировал необходимость обращения к интуиции и соотнесения понятия времени с другими философскими категориями. Разумеется, Эйнштейн не мог согласиться с таким исключительно психологическим подходом к разрешению трудностей естественнонаучного познания.

Позицию Эйнштейна в этом вопросе прекрасно характеризует буквально одна фраза из его письма М. Бессо: «...Путь от частного к общему интуитивен, путь от общего к частному – логичен»¹⁰.

¹⁰ http://www.chronos.msu.ru/old/biographies/lubinskaya_bergson.html

Надо сказать, что Бергсон в своем философском творчестве часто обращался к проблеме времени. Трудно отделаться от ощущения того, что, по крайней мере, некоторые его работы были известны де Бройлю. Например, Бергсон, как в последствие и де Бройль, с полной определенностью утверждал, что существование свойства длительности процессов во времени связано со способностью сознания объединять моменты времени в единство.

Более того, Бергсон также различал понятия психологического и математического времени: «...Если я хочу приготовить себе стакан подслащенной воды, то что бы я ни делал, мне придется ждать, пока сахар растает. Этот незначительный факт очень поучителен. Ибо время, которое я трачу на ожидание – уже не то математическое время, которое могло бы быть приложено ко всей истории материального мира, если бы оно вдруг развернулось в пространстве. Оно совпадает с моим нетерпением ...»¹¹.

Это высказывание вполне могло способствовать формированию убеждения де Бройля о необходимости, в свою очередь, отделить физическое время от математического.

И еще одно рассуждение Бергсона: «... обычное познание вынуждено, как и научное познание ... рассматривать вещи в пульверизованном времени, в котором не имеющее длительности мгновение следует за другим, тоже не длящимся мгновением. Движение для него – ряд положений, изменение – ряд качеств, и вообще становление – ряд состояний. ... с помощью искусной комбинации неподвижностей оно воссоздает имитацию движения, подставляемую ею на место самого движения: эта операция практически удобна, но теоретически абсурдна, являясь источником всех тех противоречий, которые встречаются на своем пути»¹².

Трудно найти более образное представление о дискретности бытия, чем у Бергсона в цитированном фрагменте. Его термин - «пульверизованное время» - неподражаем! Несомненно, что де Бройль, на момент пересмотра своих первоначальных представлений о волнах материи в середине 50-х годов XX века, тоже разделял подобную позицию относительно прерывистости процесса существования материальных объектов во времени. Конечно, за исключением самого вывода о вынужденности, абсурдности и противоречивости такого подхода. Напротив, де Бройль увидел в нем конструктивную перспективу в разрешении многих болезненных парадоксов квантовой механики. Однако, вначале о переосмыслении физического смысла волн материи.

Вот, что он пишет Эйнштейну 1 сентября 1954 г.: «... Причина парадоксальности понятия волн материи кроется в попытках привлечения классического понятия о волнах для объяснения неклассического поведения частиц.

Во всех без исключения интерпретациях, будь то Ваш вариант электромагнитной «волны-призрака» для фотонов, материальной «волны-пилота» или математической «волны вероятности» Борна, фигурируют волны в качестве некоторых дополнительных самостоятельных образований, как бы навязанных частицам извне и непостижимым образом управляющих необычным для частиц поведением. Например, как в опытах по дифракции электронов.

Как известно, в этих экспериментах обнаружено, что каждый элементарный акт прохождения электрона через интерференционный прибор не требует для объяснения его результата приписывать электрону волновые свойства. Необходимость в этом появляется при попытке объяснить результаты совокупности таких актов. Если бы волновым свойствам частицы соответствовало некое реальное физическое поле, то уже один электрон давал бы в одном акте всю дифракционную картину, правда, очень малой интенсивности. На деле каждый электрон чернит только одно зерно фотопластинки.

¹¹ Там же.

¹² Там же.

Возникает резонный вопрос: что, если, в истолковании результатов экспериментов по дифракции электронов, попробовать решить проблему на этапе элементарного акта прохождения каждым электроном через интерференционный прибор, акта, как кажется, не требующего для объяснения наблюдаемого результата приписывать электрону волновые свойства? Тогда необходимость в поиске объяснения совокупности таких актов вообще отпадет сама собой».

Не дожидаясь ответа от Эйнштейна, де Бройль отправляет ему еще одно большое письмо, датированное 25 сентября: «... бесспорно, что физически пространство образовано материальными телами, а не служит их пассивным вместилищем. Нет материи – нет пространства самого по себе. Если, хотя бы на мгновение, можно было бы уничтожить какой-нибудь материальный объект, «изъять» его из пространства, то в этом месте пространства образовалась бы область абсолютной пустоты, «дыра» пространства.

... наблюдаемая неизменная материальность любого объекта обусловлена наличием у него определенной постоянной тяжести. Изменение же гравитационной массы объекта должно вызывать изменение степени его материальности и соответственно - его наблюдаемости. Иначе говоря, для некоторого наблюдателя, такой объект должен переставать существовать на определенное время.

Очень важно, что это изменение носит периодический характер: объект наблюдаем только в те моменты времени, когда текущее значение гравитационной массы объекта совпадает с ее постоянным равновесным значением $\mu = \mu_0$. Причем, существование материальных объектов периодически с настолько высокой частотой, что для макрообъектов паузы в их бытии не замечаются наблюдателем.

Периодическое «уничтожение» и «создание» материальных объектов в физическом времени является таким же естественным процессом, как и их механическое перемещение в физическом пространстве с постоянной скоростью. Для обозначения процесса существования объектов во времени удобен термин «становление».

... механическое перемещение объекта можно описывать как исчезновение его из некоторой области пространства и появление его же в соседней области. Именно становление обеспечивает эти исчезновения и появления материального объекта. Непрерывность пространства, отсутствие в нем временных пустот означало бы полную невозможность механического перемещения материальных объектов. Им просто некуда было бы перемещаться.

... Логичным будет предположить, что становление материального объекта во времени, также относительно, как и его перемещение в пространстве. Не имеет физического смысла утверждение о существовании объекта самого по себе. Обязательно следует указать тело отсчета, относительно которого наблюдаемый объект становится собой.

... Относительность становления материальных объектов связана с понятием одновременности их существования. Сосуществование данного объекта выбранному телу отсчета допустимо рассматривать как частный случай их относительного становления. Приблизительной кинематической аналогией здесь может служить состояние механического покоя, как частный случай перемещения с одинаковой скоростью наблюдаемого объекта и тела отсчета. Физически механический покой характеризуется постоянством пространственного расстояния между объектом и телом отсчета.

Для состояния сосуществования данного объекта и выбранного тела отсчета, продолжение указанной аналогии последовательно приводит к требованию постоянства «расстояния» между ними в пространстве масс или, точнее, - сохранения равновесного значения величины тяжести данного тела относительно равновесного значения величины тяжести тела отсчета. Причем, периодический характер изменения тяжести тел естественным образом предопределяет, скрытую для макроскопических объектов, дискретность состояния их сосуществования во времени ...».

Эйнштейн, не менее обстоятельно, ответил на «убойный дуплет» из писем де Бройля, правда, - только 19 октября: «... приношу свои извинения за нескорый ответ, но идеи, изложенные в Ваших сентябрьских письмах, очень меня заинтересовали и потому потребовали определенного времени на их осмысление.

... воздаю должное Вашему остроумному и отчаянно смелому выбору совершенно иной точки зрения на характер связи между источником волн и самими волнами. Благодаря Вашей концепции «псевдоволны массы» появилась возможность благополучно избавиться от сомнительной необходимости принудительно «надевать» на движущуюся частицу «колпак» из группы монохроматических волн близких частот, образующих нестабильный волновой пакет, к тому же произвольно наделяемый туманными управляющими функциями по отношению к частице.

... в квантовой механике господствует, претендующий на универсальность, принцип дополнительности, в соответствие с которым, в частности, волновые и корпускулярные свойства частиц, несмотря на явное противоречие друг другу, никогда не вступают в конфликт, ибо они никогда не существуют одновременно. Фактически, чтобы обеспечить согласование этих свойств Бору пришлось разнести их во времени. Сторонники его позиции совершенно уверены в том, что к волновым и корпускулярным свойствам частиц следует обращаться исключительно поочередно.

Более того, они не смогли остановиться у этой опасной черты, и поставили корпускулярное или волновое поведение частицы в зависимость от измерительного прибора и более того - наблюдателя. Согласно Бору, частица до наблюдения «потенциально присутствует» в любой точке пространства. Только наделенный сознанием наблюдатель, используя измерительный прибор, способен мгновенно локализовать, «размазанную» до акта измерения частицу, в определенной точке пространства.

Я искренне убежден, что Вам, наконец, удалось исправить эту, по меньшей мере, странную ситуацию, объединив непротиворечивым образом волновые и корпускулярные представления таким образом, чтобы оба аспекта имели определенный физический смысл одновременно. В обновленной концепции волновой механики наблюдатель наконец-то лишается роли «творца» физических явлений, а измеряемая частица возвращает себе безусловную объективность существования.

... Что касается размышлений о природе и особенностях процесса «становления» материальных тел во времени, то Ваша концепция выглядит вполне логичной и последовательной, однако более внимательное ее изучение не вполне подтверждает это благоприятное впечатление. Поэтому позволю себе несколько замечаний ...

... изначально приходится постулировать дискретность существования тел, что может обернуться трудностями при дальнейшем развитии теории, но это – неизбежная дань переходу от частного к общему.

... не совсем удачно выбрано выражение «степень материальности». Очевидно, что любой объект либо материален, либо нет, иначе складывается ощущение возможности непрерывного перехода между указанными состояниями, никоим образом не соответствующее физической реальности.

... К сожалению, я так и не нашел в Ваших рассуждениях оснований для использования именно равновесных значений гравитационных масс материальных объектов в качестве показателя этой самой материальности. Не возникала ли у Вас мысль о том, чтобы, с точностью до наоборот, связать материальность тел с делящимся интервалом времени, в течение которого масса тела изменяется, а точка равновесия является точкой прерывания непрерывного процесса существования объекта?

... безусловно, поддерживаю Вашу идею об относительности процесса становления тел во времени. Маловероятно, чтобы столь общий принцип, выполняющийся в одной области явлений, был неприменим в другой области явлений.

... Впрочем, я не увидел никаких принципиальных препятствий использованию новых представлений в альтернативном рассмотрении квантово-механических процессов и явлений.

... последнее время меня не покидает ощущение того, что родилась общая теория, в которой все законы волновой механики возвращают себе детерминированный характер ... Перед нами прекрасный пример рациональной гибкости, привнесенной различными диалектическими подходами, действующими там, где коренятся постулаты.

... Надеюсь, что Вас не затруднит отправить следующим письмом, Ваш вариант анализа какого-либо известного квантово-механического явления, в качестве практического приложения обновленной теории ...».

Заметим «в скобках», что в предложенном решении вопроса о дискретности взаимодействия материальных объектов, очевидно разделяемом и Эйнштейном, де Бройль занимает вполне реалистическую философскую позицию, афористично определенную еще В. Г. Лейбницем: «Quod non existit, non agit» (что не существует, то не действует).

... Из письма де Бройля Эйнштейну от 21 ноября 1954 г.: «... выражаю свою искреннюю признательность за Вашу дружескую и объективную оценку моих усилий в попытке преодоления жестких разногласий в физическом сообществе, касающихся интерпретации оснований волновой механики.

Надеюсь, что моя гипотеза о том, что локализация материальных объектов в некоторой области пространства и времени зависит от внутренних свойств самих объектов, конкретно - от их гравитационной массы найдет, в конце концов, свое прямое экспериментальное подтверждение и получит статус общепризнанной теории.

... Теперь о практическом использовании обновленной теории.

В ответ на Вашу просьбу, сообщаю, что на днях завершаю работу над статьей об альтернативной интерпретации эффекта туннелирования частиц, которую собираюсь отправить Вам немного позже. Не имея возможности вдаваться сейчас в детальное обсуждение этого вопроса, отмечу лишь, что содержание статьи соответствует такому плану:

1. Установление явного вида функции распределения частиц некоторого статистического ансамбля, по значениям начальных фаз колебаний их гравитационных масс.
2. Определение интервала начальных фаз, в котором, при заданных значениях равновесной величины гравитационной массы частицы, скорости ее перемещения и ширины потенциального барьера, эффект туннелирования не наблюдается.
3. Вычисление, по найденной функции распределения, количества частиц, начальные фазы колебаний гравитационных масс которых попадают в определенный на предыдущем этапе интервал.
4. Вычисление искомой вероятности туннелирования частиц по формуле:

$$P = \frac{N_i}{N} = 1 - \frac{N_k}{N},$$

где N – исходное общее количество частиц пучка, N_i – количество частиц, «просочившихся» сквозь барьер, N_k – количество частиц, отраженных и поглощенных барьером.

Ожидается, что найденное таким образом выражение для вероятности туннелирования частиц будет соответствовать выражению для коэффициента прохождения, полученному с использованием идеи пропорциональности вероятности «просачивания» частицы сквозь барьер квадрату модуля ее волновой функции $|\psi|^2$.

К сожалению, оставшаяся часть переписки, успевшей захватить еще начало весны 1955 года, по всей вероятности, не сохранилась. Остается надеяться только на обнаружение рукописей упомянутых статей де Бройля или их публикаций в научной периодике первой половины 50-х годов прошлого столетия.

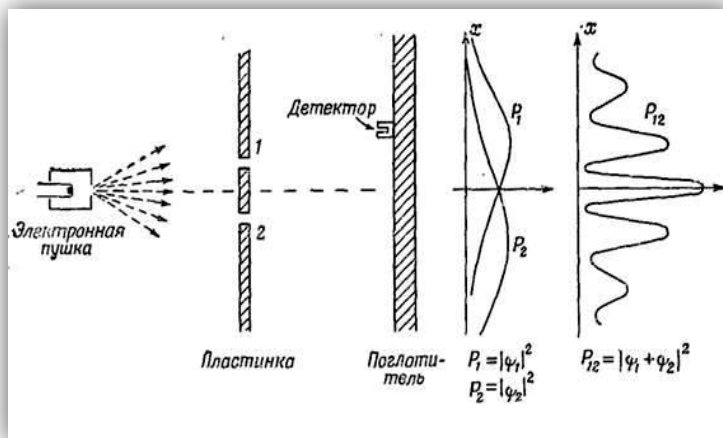
Лишившись, после смерти Эйнштейна, поддержки старшего друга и соратника в борьбе за продвижение своей обновленной концепции волн материи, де Бройль снова, как и четверть века назад, отказался от открытого противостояния сторонникам «копенгагенской» интерпретации волновой механики. Борн, по этому поводу высказался в 1965 году так: «... де Бройль, ... а также Бом принимают, ... результаты самой квантовой механики, но не ее статистического толкования. Они пытались разработать представления, которые сохраняли бы детерминистский характер элементарных процессов, для чего они допускают скрытые механизмы, «прячущиеся» за волнами, или переписывают формулы так, чтобы придать им такой вид, который подчиняется детерминистско-механическому закону. Но эти попытки дело далеко не продвинули; мне кажется, что сегодня они почти забыты»¹³.

Да и ныне, незаслуженно преданная забвению, переписка Эйнштейна и де Бройля кажется подавляющему большинству, как специалистов, так и неспециалистов, всего лишь забавой, впавшего на старости лет в детство, одного из адресатов и, никогда не покидавшего детства, другого. Что ж, о таком предвзятом и поверхностном отношении к эпистолярному наследию научных гениев можно только сожалеть ...

... Ну, а где же спасенный кот? И вообще, причем тут какой-то кот? Ну, во-первых, он – не «какой-то». Речь идет об очень известном парадоксе, придуманном Э. Шредингером, и названном его именем. Формально главным «действующим лицом» этого мысленного эксперимента является кот, садистски запертый в некотором технологическом устройстве. Фактически «кот Шредингера» был призван продемонстрировать абсурдность принципа суперпозиции – «краеугольного камня» вероятностной интерпретации волновой функции ψ .

Не имеет смысла приводить здесь развернутое математическое изложение принципа суперпозиции. Его можно найти в любом учебнике по квантовой механике. Ограничимся лишь формулировкой сути этого принципа.

Если для физической системы возможно состояние с волновой функцией ψ_1 и состояние с волновой функцией ψ_2 , то может реализоваться и состояние с волновой функцией $\psi = a\psi_1 + b\psi_2$. Например, относительно интерференционного опыта с прохождением электронов через две щели, это утверждение приобретает следующий смысл. Волновая функция ψ_1 описывает случай, когда открыта только первая щель, а ψ_2 – только вторая. Суперпозиция указанных функций ψ соответствует ситуации, когда открыты обе щели.



¹³ Переписка А. Эйнштейна с М. Борном. Эйнштейновский сборник, 1972. «Наука», Москва, 1974г.

При переходе от амплитуд к вероятностям, от ψ к $|\psi|^2$, в силу существенно комплексной природы волновой функции, в выражении для $|\psi|^2 = \psi\psi^*$ появляется некоторый «перекрестный» член, как раз и описывающий интерференцию в случае двух открытых щелей. В то же время этот член обычно интерпретируется еще и так. Если каждая из классических частиц пролетает либо через одну, либо через другую щель, что дает колоколообразное распределение вероятностей $|\psi_1|^2 + |\psi_2|^2$, то каждая из квантовых частиц «чувствует» одновременное влияние обеих щелей. Происходит не интерференция различных волн электронов, прошедших через разные щели, а интерференция волн каждого из электронов на обеих щелях.

Применение принципа суперпозиции к стационарным состояниям атома приводит к признанию того, что в общем случае состояние атома в данный момент времени представляет собой наложение определенного числа стационарных состояний. По этому поводу, Л. де Бройль резонно замечает в своей книге «Революция в физике»: «Можно сказать, что с точки зрения классических представлений такое утверждение лишено всякого смысла, ибо невозможно себе представить, что атом может в один и тот же момент времени находиться в нескольких состояниях».

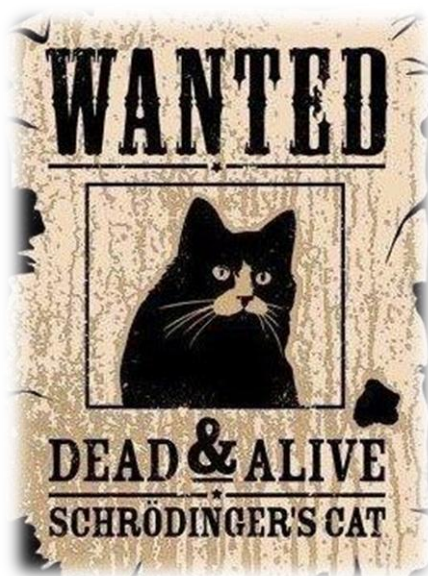
Как же квантовая механика вышла из этого щекотливого положения?

Н. Бор со своими сторонниками предположили, что операция измерения сама участвует в создании нового состояния, извлекая из существовавшего до этого состояния одну из содержащихся в нем возможностей. Так, «в стенах копенгагенской школы», зародилось представление о «реализующей мощи эксперимента» и созидающей роли измерительного прибора в руках наделенного сознанием наблюдателя.

А. Эйнштейн, вместе со своими сотрудниками Б. Подольским и Н. Розеном, отреагировали на это представление широко известной статьей, опубликованной в 1935 году, и содержащей обсуждение парадокса, названного именами авторов статьи.

Согласно парадоксу ЭПР, интерпретация Бора не содержит всех элементов действительности, и ее нужно считать неполной. На этот вывод Эйнштейна, Бор ответил тем, что отверг классический критерий существования объективной реальности на квантовом уровне.

Позже, в 1938 году, в письме к М. Соловину А. Эйнштейн язвительно заметил: «... Понимание природы как объективной реальности считают устаревшим предрассудком, и квантовые теоретики из нужды делают добродетель. Люди больше подвержены внушению, чем лошади, поэтому у них в каждый период – своя мода, и большинство не знает источника этой тирании»¹⁴.



Вернемся, однако, к несчастному «коту Шредингера».

В литературе существует одно весьма эмоциональное художественное, и в то же время, удивительно точное и понятное описание парадокса Шредингера. Его приводит современный французский писатель Жан-Филипп Туссен в своем романе «Месье», и совершенно неважно, хотя и по-своему примечательно, что в цитируемом отрывке в устройстве заперта кошка, а не кот: «... кошку помещают в замкнутое пространство, где устанавливают пробирку с цианистым калием и детектор с радиоактивным атомом; в случае расщепления атома детектор запускает механизм, разбивающий пробирку, и умерщвляет кошку ... Вероятность того, что вышеупомянутый атом распадется в течение часа, равна пятидесяти процентам.

¹⁴ Б. Г. Кузнецов. Эйнштейн. АН СССР, Москва, 1963г.

В задаче спрашивается: жива или мертва будет кошка через шестьдесят минут? Возможны только два варианта. ... Однако, по мнению Копенгагенской школы, кошка через час будет ни жива, ни мертва, с равными шансами выжить или окочуриться. Ты скажешь, можно без ущерба для эксперимента заглянуть и проверить, потому что от одного взгляда кошка не умрет и не оживет, если уже умерла. Между тем, опять же, по мнению Копенгагена, один-единственный взгляд коренным образом меняет математическое описание ее состояния, поскольку из ни живой, ни мертвой кошка превратится либо в безусловно живую, либо в окончательно мертвую: это уж как повезет».

Так вот, в цитируемой переписке Эйнштейна и де Бройля встречается утверждение о том, что волновая функция является принципиально монохроматической. Если его признать справедливым и для объекта «кот», то этот парадокс вообще лишается смысла. Ведь в таком случае не может быть и речи, ни о какой суперпозиции состояний кота, и можно, с облегчением и чистой совестью, воскликнуть: «Ура! Наконец-то многострадальный «кот Шредингера» спасен, однозначно жив и свободен!».

Дмитрий Жарников
Февраль 2015 г. - Ноябрь 2016 г.