Физика сознания

УДК 159.923.2, 510.32, 530.145, 577.359, 577.38

Дубров Я. А.

ПСИХОИНФОРМАТИКА, СОЦИОНИКА и ЭВОЛЮЦИЯ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ В КВАНТОВУЮ ИНФОРМАЦИОННУЮ ФИЗИКУ

Институт прикладных проблем механики и математики НАН Украины, г. Львов

С использованием идей и понятий энергоэнтропики, энерго-информационного обмена, информационного метаболизма и др. анализируется развитие классической квантовой механики в направлении к квантовой информационной физике, в которой кроме известных физических понятий (энергия, энтропия) используются понятия из теории информации (количество информации). Показано, что существенную роль в этом процессе сыграла дискуссия о неполноте квантовой механики и парадокс Эйнштейна–Подольского–Розена.

Ключевые слова: соционика, квантовая механика, энтропия, информация.

Если взглянуть на современную физику, то она, по нашему мнению, находится сейчас в некотором кризисном состоянии, который связан, в частности, с тем, что в ней почти не учитываются результаты новых наук: теория систем и системология, теория информации, психоинформатика и др. Поэтому чувствуется определенная изолированность физических моделей от моделей новых разделов современной науки, хотя в самой физике (теория относительности, квантовая механика) весьма широко используются такие явно нефизические понятия как наблюдатель, сигналы и др. Именно эти понятия также весьма широко и в различных интерпретациях используются в теории информации и психоинформатике. Ниже показывается, как эти понятия можно естественным образом вписать в квантовую механику, получая при этом ряд обобщений известных физических явлений.

1. Энергоэнтропика. Концепция энергоэнтропики базируется на весьма известном утверждении о том, что где бы и какие бы изменения не происходили в материальных макроскопических системах, они, вообще говоря, сопровождаются теми или другими изменениями энергии и энтропии. В изолированных системах энергия сохраняется, а энтропия возрастает, в открытых системах с подведением энергии общий баланс энергии также сохраняется (с учетом ее поступления и потерь), энтропия же уменьшается на определенную величину, которая зависит от соотношения количеств подводимой и потерянной энергии. Именно эта особенность энергии и энтропии сделала метод исследования при помощи составления и изучения энергоэнтропийных балансов — энергоэнтропику — весьма универсальным [1].

Из интерпретации энергоэнтропики следует, что энергоэнтропика чисто физическая наука, в которой энергия и энтропия скалярные физические величины. Известно, что четкие математические правила вычисления и интерпретации энтропии и ее обобщения — информации — дано в теории информации Шеннона. Поэтому вполне естественным является рассмотрение энергоэнтропики в контексте энергоинформатики, которая стала закономерным результатом развития энергоэнтропики в направлении учета другой нефизической сущности — количества информации.

2. Энергоинформационный обмен и энергоинформационное пространство. Если допустить, что во Вселенной наряду с вещественным (грубоматериальным) миром существует непроявленный тонкоматериальный мир — мир сознания и информационных полей, — то сразу возникает проблема построения концептуальной модели тонкого мира, которая связана с понятием энергоинформационного пространства. Поскольку большинство аномальных явлений не связано с непосредственным материальным взаимодействием, то возникло интуитивное понимание того, что этим явлениям соответствует некоторый энергоинформационный обмен. Так возник термин «энергоинформатика». Поскольку в энергоинформационном обмене принимают участие биосистемы, В. М. Волченко [2] предложил использовать термин «биоэнергоинформатика», который должен означать новое научное направление вместо отрицаемой многими специалистами парапсихологии. Феномены парапсихологии оказались фактически феноменами сознания или информационно-энергетическими феноменами. Оказалось также, что их можно понять, опираясь только на разум человека: необходимо учитывать интуитивный канал восприятия, а его иногда связывают с понятием Духа. Оригинальное представление о Духовном мире изложил в ряде своих работ Волченко В. М. [2]. Основа его работ связана с понятием информационно-энергетического пространства Вселенной.

Близки к работам В. М Волченко публикации Г. Н. Дульнева об энергоинформационном обмене в природе [3]. В частности, он выстраивает цепочку терминов, которые рассматриваются им как определенные синонимы: «мир идей» Платона, «саморазвивающийся дух» Гегеля, «коллективное подсознательное» Юнга, «абсолют» Ньютона, «семантический мир» Налимова, «ноосфера» Вернадского, «Суперкомпьютер» Пенроуза. Все эти термины можно объединить родовым понятием Всемирный Разум, или Всевышний, или Бог.

3. Психоэнергия. В контексте нашего предыдущего текста интересной есть проблема «психической энергии». Существует ли «психическая энергия» ? Большинство специалистов считает, что пока нет оснований на ее выделение, поскольку непонятно, каким материальным носителям, формам движения и типам взаимодействий можно сопоставить эту энергию. Однако ни один акт человеческой деятельности не может происходить без мотивационного, а следовательно, и «психоэнергетического» обеспечения, источником которого является физико-химическая энергия организма.

В [1] отмечается, что в психологии была поставлена проблема энергетической природы мотивации, той своеобразной «психоэнергетики», которая представляет собой психическую основу мотива, которая принципиально отличается от ее физиологической основы. В частности, выдвигается гипотеза, в соответствии с которой столкновение между слиянием с общественным и выделением индивидуального порождает особенный тип глубинной психологической напряженности, которая стает источником, потенциальной энергетической «базой» развития и закрепления ряда потребностей. Эту напряженность называют «базовой напряженностью».

Человека угнетает эта напряженность, и он ищет способы ее разрядки или хотя бы ослабления. Ведь ослабление напряженности осуществляется через потребности, которые в различном объеме и форме соединяют противоположные мотивационные тенденции (к слиянию с обществом и к независимости от него).

Как резюме предыдущего, отметим, что психоэнергия — это энергетический дискурс (понимание) природы психологической мотивации, ведь мотивация, как следует из наших работ, — это ядро психоментальной селекции, номинации и экспликации [4].

4. Информационный метаболизм (по А. Кемпинскому) — это непрерывный обмен (потребление, передача, генерирование) информацией каждого живого организма (от простейшего к наиболее сложному) с окружающей средой с целью сохранения своего собственного порядка. Потеря этого порядка равносильна смерти, являя собой победу второго закона термодинамики (энтропии).

Автором термина «информационный метаболизм» есть известный польский психиатр, философ, профессор Антон Кемпинский (1918–1972 гг.) [6–7]. В формировании своей концепции он отталкивался от позиции физика Эрвина Шредингера, что жизнь является непрерывным противостоянием (противлением) энтропии или тенденции материи к хаотическому движению, и следовательно, порядок оказывается наиболее существенной чертой жизни. А. Кемпинский отмечает, что процесс жизни базируется на постоянном обмене энергетических и информационных элементов между организмом и его средой. Однако по мере филогенетического развития информационный метаболизм начинает доминировать над метаболизмом энергетическим [6–7]. Это утверждение А. Кемпинского созвучно утверждению В. М. Волченко, что в тонком мире энергия близка к нулю, а информация стремится к бесконечности.

Дальнейшее развитие теории информационного метаболизма осуществила А. Аугустинавичюте, которой удалось увидеть именно информационную закономерность в теории психологических типов К. Г. Юнга. Выделенные им психические функции — мышление, чувство, ощущение и интуицию в соответствии с экстравертированными и интровертированными установками она восприняла как механизм селекции (выделения) воспринимаемых психикой сигналов. Она утверждает, что этот механизм можно назвать кодом информационного метаболизма (ИМ) или правилами языка, при помощи которого передается информация. Механизм образовано из восьми элементов, различные разрешенные комбинации которых дают 16 кодов ИМ (вместо 64 возможных — разрешенных и неразрешенных). Каждый человек — владелец одного из таких кодов, поэтому с точки зрения типологии Юнга человек не только индивидуальность и представитель человеческого рода, но и представитель определенного типа ИМ. Итак, типы информационного метаболизма — составные элементы человечества, которые качественно отличаются один от другого [8].

А. Аугустинавичюте разработала идеографическую (символьную) модель структуры психики типа информационного метаболизма (ТИМа), которая состоит из восьми психических функций, а каждая из них «обрабатывает» свою часть информации — информационный аспект информационного потока [5]. Для отображения этих аспектов ею были использованы специальные идеографические обозначения (символы, геометрические фигуры). В нашем докладе [9] вместо 8 идеографических знаков А. Аугустинавичюте было предложено восемь цифр от 0 до 7. Тогда ТИМ кодируется числами, которые состоят из двух цифр. Это позволяет оперировать с ТИМами и межтипными отношениями как с числами и получать соответствующие результаты.

5. Психоинформатика — это третья составляющая триады:

типология Юнга $\rightarrow$ соционика $\rightarrow$ психоинформатика.

Каждая составляющая этой триады концентрирует внимание на своей сфере исследований: типология Юнга — на свойствах психологических типов информационного метаболизма, соционика — на взаимодействии между этими типами, психоинформатика — на развитии и взаимодействии социальных систем, а также на выявлении соционических закономерностей на различных уровнях мировой иерархии. Психоинформатика как новое научное направление есть определенным синтезом соционики, системологии и истории.

6. Проблема полноты квантовой механикии и ЭПР-парадокс. Как упоминалось выше, в постановке своей концепции информационного метаболизма А. Кемпинский отталкивался от позиции физика Э. Шредингера. С другой стороны, творец теории психологических типов и синхронистичности как акаузального объединяющего принципа К. Г. Юнг с благодарностью откликался на ценные замечания другого физика В. Паули о его работе. Неполнота же квантовой механики по А. Эйнштейну индуцирует определенные попытки ее «пополнения». По этой причине несколько детальнее остановимся на проблемах полноты.

Известно, что дедуктивная полнота аксиоматической теории состоит в том, что ее система аксиом должна содержать (как аксиомы) или получаться вследствие вывода (как теоремы) все известные утверждения о законах из области, которую должна охватывать данная теория.

Однако квантовая механика не есть аксиоматической теорией. Это связано, в частности, с тем, что в систему аксиом для квантовой механики, которая формулируется математиками, часто не удается включить общее уравнение Шредингера или его эквивалент, и поэтому их система аксиом не позволяет что-то предвидеть. Поэтому мы представим одно из пониманий полноты квантовой механики, изложенное в статье А. Эйнштейна, В. Подольского и М. Розена [10].

Как известно, в квантовой механике справедливо следующее утверждение: «Если операторы, которые отвечают двум физическим величинам A и B, не коммутируют, т. е. если $AB \neq BA$, то точное значение одной из них исключает точное значение другой».

Исходя из этого авторы формулируют такую альтернативу: либо 1) квантовомеханическое описание реальности при помощи волновой функции неполно, либо 2) когда операторы, которые соответствуют двум физическим величинам, не коммутируют, эти две величины не могут одновременно быть реальными. Действительно, если бы обе физические величины были реальными, они должны были бы содержаться в полной теории. И наоборот, если бы теория была полной, их можно было бы предвидеть. Однако это не имеет места, следовательно, мы должны принять эту альтернативу. Далее, авторы показывают, что если согласиться с тем, что квантовая механика полна, то это утверждение вместе с выдвинутым критерием реальности ведет к противоречию. Для доказательства этого утверждения ими строится оригинальный умозрительный эксперимент. Этот эксперимент затрагивает старую проблему: может ли частица одновременно иметь определенное положение (координаты) и определенный импульс. Основная дискуссия относительно этого эксперимента, а также относительно полноты квантовой механики вспыхнула между Н. Бором и А. Эйнштейном и в свою очередь породила обширную литературу на эту тему, которую можно разделить на три группы: 1) анализ дискуссии и доказательство правомерности или неправомерности каждого из подходов, 2) попытки построения доказательства или опровержения полноты (неполноты) квантомеханических описаний, 3) построение новых систем квантовой механики. В частности, в своей статье канадский философ М. Бунге считает, что хотя большинство физиков верят, что интеллектуальную дуэль выиграл Бор, кажется, что ни Эйнштейн, ни Бор не праздновали полной победы, а каждый выиграл по раунду. «Раунд» Бора — это правильный с физической точки зрения подход к оценке квантовой механики как глубокой и эффективной теории. Но Бор был неправ, называя квантовую механику полной теорией. «Раунд» Эйнштейна — в правильной философской позиции, которая требует от теории отображения реальности.

Итак, актуальным есть такой вариант умозрительного эксперимента, который бы позволил проверить, нарушается или нет принцип неопределенности на практике. Поэтому Дж. Белл, использовав два основных допущения Эйнштейна, Подольского, Розена (распространение сигналов со скоростью меньшей скорости свет и существование объективной реальности), записал суть отличия двух соперничающих теорий в форме неравенства Белла. Эксперимент А. Аспека в Париже в 1982 г. дал определенный ответ на то, что Эйнштейн будто бы не прав, поскольку квантовую неопределенность невозможно обойти. В отличие от «реалистических» теорий квантовая механика предвидит наиболее высокую степень корреляции: между двумя частицами будто существует некоторая сверхъестественная «телепатическая» связь.

Парадокс (антиномия) Эйнштейна-Подольского-Розена (ЭПР-парадокс) расценивается рядом физиков как «третье облачко» или даже как «третий шторм» XX столетия, который должен будто бы привести к коренным изменениям наших представлений о пространстве, времени, энергии, информации. С таких же позиций этот парадокс рассматривается известным французским физиком Оливье Коста де Борегаром. Рассматривая схему взаимодействия двух частиц, он сделал вывод, что между ними существует «теледикция» и «телеакция», а также между частицами и прибором существуют материальные взаимодействия, которые распространяются в обратном направлении времени.

В последнее время в связи с развитием квантовой информационной физики происходит смещение акцентов в физике в направлении классической теории информации и компьютерной науки. В частности, в работе [11] отмечается, что информация может быть идентифицирована как наиболее общая вещь, которая должна передаваться от причины к следствию, и таким образом, она играет фундаментально важную роль в физических науках. Именно в этой работе объясняется, что теория информации и квантовая механика соответствуют одна другой очень хорошо.

Отметим, что кроме антиномии Эйнштейна существует ряд других квантомеханических парадоксов, которые уверенно можно назвать «кошмарами» классического разума, поскольку все они: и кошка Шредингера, и «приятель» Вигнера, и множественные миры Эверетта — призваны оживить идею-Феникс замкнутой объективной теории на этот раз в виде уравнения Шредингера [13].

7. Многомировая концептуальная модель квантовой механики Эверетта. Множество миров Эверетту понадобилось для толкования редукции волновой функции. Если в копенгагенской интерпретации из всех возможных состояний, что содержатся в начальной волновой функции, в макроскопическом приборе реализуется лишь одно значение наблюдаемой величины, все другие возможности оказываются нереализованными, то в соответствии с Эвереттом данное значение наблюдаемой величины соответствует эксперименту в данном мире. Все другие возможности реализуются в других мирах.

В многомировой интерпретации явление развивается в соответствии с уравнением Шредингера и во время измерения, и после него, но различные значения наблюдаемой величины оказываются «просто» в различных мирах. Эта «простота» связана с тем, что если в копенгагенской интерпретации» все возможности», кроме одной, «просто» не реализуются в природе, то в многомировой интерпретации остальные состояния, кроме одного, реализуются в природе, но не в данном мире, а соответственно во многих других мирах, которые однако «просто» из данного мира не наблюдаются.

Итак, то, что мы непосредственно наблюдаем вокруг себя и о чем мы привыкли думать как про реальность, — «Вселенная» — есть в действительности лишь проявлением грандиозной реальности (в которой существует и взаимодействует множество миров, каждый из которых содержит копию нашего) [14].

Нужно помнить, что в многомировой интерпретации в каждом из большого количества миров есть свой наблюдатель и этот наблюдатель не является простой копией данного наблюдателя в данном конкретном мире, опыт (измерение) которого обсуждается. Так, все другие наблюдатели имеют другие измерительные приборы — другие показания стрелок. Таким образом, кроме пакета волн и пакета миров необходимо допустить существование пакета «наблюдателей», а главное, измерение сопровождается редукцией пакета наблюдателей.

В роботе [14] не исключается, что в многомировой интерпретации еще много непонятного, и со временем ее можно изложить в каком-то более совершенном, а точнее, более детальном виде. Итак, многомировая интерпретация еще требует своего дальнейшего развития. И, возможно, главная ценность многомировой интерпретации состоит не в установлении в отдельном явлении квантовых событий весьма узкого детерминизма, а в возможности при дальнейшем развитии этой интерпретации квантовой теории открыть все-таки новые эффекты, подтверждающие реальное существование множества миров.

Допуская в соответствии с предыдущим анализом неполноту квантовой механики, мы считаем необходимым учесть на квантовом уровне информационные феномены и различные формы эволюции микрообъектов во времени. Это, в частности, повлечет за собой соответствующее обобщение уравнения Шредингера, что даст возможность рассматривать квантовый мир как единое целое, которое пребывает в различных «мирах Эверетта».

8. Основные тенденции в обобщении квантовой механики и ее эволюции. В качестве основы анализа эволюции квантовой механики и соответствующего ее обобщения мы выбрали энергоинформационную парадигму, состоящую в том, что физические (и не только) феномены нужно изучать не только с точки зрения критериев энергии, но и критериев информации, а точнее, синтетических энергоинформационных критериев. Этот факт, в частности, подтверждается рядом работ [11], в которых фиксируется факт эволюции квантовой механики в квантовую информационную физику. Именно энергоинформационные критерии являются доминантами, формирующими энергоинформационную парадигму, математической моделью которой есть энергоинформационное пространство.

При разработке концепции и построении математической модели ЭИП мы исходим из двух основных постулатов (преимущественно физических). Первый постулат связан с понятием эволюции системы (в частности, физической) во времени. В связи с этим важным является вопрос о природе времени и, в частности, о его однородности или неоднородности. Однородное время ведет к представлению эволюции системы во времени как аддитивной (относительно времени) эволюции. Аддитивность означает сдвиг во времени, который реализуется при помощи трансляций, которые описываются операцией сложения моментов или интервалов времени. Очевидно, возможен и мультипликативный сдвиг во времени. Если же рассматривать эволюцию в пространстве-времени, то мы приходим к спиралеподобной эволюции (развития), которая является синтезом поступательного движения как эволюции и движения по замкнутому кругу. Поэтому первый постулат означает, что процесс эволюции необходимо рассматривать во времени, которое подчиняется некоторому обобщенному сдвигу (трансляции).

Второй постулат акцентирует внимание на синтезе физического подхода, который базируется на понятии энергии, и теоретико-информационного (информатико-кибернетического) подхода, который основывается на понятии шенноновской информации (количества информации). Таким образом, используя термин энергия, мы кроме физической энергии (потенциальной и кинетической) должны учитывать «информационную энергию» (количество информации). Этот синтез и дает нам возможность говорить об энергоинформационном пространстве.

Первый постулат индуцировал рассмотрение так называемых операторов обобщенного сдвига (о.о.с.) или операторов Дельсарта. Весьма естественным образом концепция о. о. с. заставила рассматривать обобщенное дифференцирование и интегрирование (по Дельсарту). В связи с этим возникла идея обобщения многих физических теорий и физики в целом с точки зрения замены обычного дифференцирования (интегрирования) по времени на обобщенное. Наиболее естественным в этом плане было использование оператора Штурма-Лиувилля и индуцированного им уравнения Штурма-Лиувилля. Позитивным в этом отношении есть то, что собственными функциями оператора Штурма-Лиувилля в зависимости от его аналитической формы является ряд ортогональных функций (Лежандра, Лагерра, Эрмита, Якоби, Чебышева, Бесселя и т. д.). Это дает возможность построить основы обобщенного спектрального анализа.

Далее, ориентируясь на квантовые процессы и используя классическое уравнение Шредингера, при помощи обобщенного дифференцирования мы предлагаем уравнение Шредингера-Дельсарта, которое в действительности является семейством уравнений в зависимости от того, какой оператор Штурма-Лиувилля используется как обобщенное дифференцирование. Отметим, что каждое из уравнений этого семейства при выборе конкретного оператора Штурма-Лиувилля может, по нашему мнению, моделировать один из миров Эверетта. Такой подход дает возможность построить квантовую теорию сигналов.

Второй постулат открывает другую возможность — построение уравнения Шредингера-Шеннона, в котором к классическому гамильтониану кроме кинетической и потенциальной энергии (или соответствующих операторов энергии) добавляется энергия информационная (соответственно оператор информационной энергии), которая численно равна энтропии квантовой частицы в случае рассмотрения одной частицы и взаимной информации между частицами при рассмотрении двух частиц и т. д. Уравнение Шредингера-Шеннона становится основой квантовой теории информации.

Синтез уравнений Шредингера-Дельсарта и Шредингера-Шеннона порождает уравнение Шредингера-Дельсарта-Шеннона, которое становится основой квантовой теории информационных сигналов (квантовой информационной теории сигналов).

Если для изучения решений уравнения Шредингера-Дельсарта достаточно гильбертова пространства, в котором скалярное произведение коррелируется с энергетическими характеристиками таким образом, что гильбертово пространство можно считать одной из математических моделей энерго-пространства квантовой физики, то для изучения решений уравнения Шредингера-Шеннона и Шредингера-Дельсарта-Шеннона гильбертова пространства уже не достаточно. Здесь уже необходима математическая модель энергоинформационного пространства. Естественно, что в качестве основы энергоинформационного пространства мы выбираем гильбертово пространство, которое в дальнейшем дополняем «информационным» скалярным произведением, численно равным взаимной информации одного вектора (состояния) относительно другого.

Известно, что для обычного скалярного произведения скалярное произведение вектора на самого себя по определению есть квадрат длины этого вектора, а норма вектора равна квадратному корню его длины.

В качестве информационного расстояния в энергоинформационном пространстве выберем число, которое эквивалентно сумме условных собственных информаций одного векторного процесса при условии наступления другого и другого векторного процесса при условии наступления первого. В качестве нормы вектора выбирается его собственная информация или энтропия. Как отмечалось выше, информационное скалярное произведение двух векторов численно равно взаимной информации одного вектора относительно другого.

Таким образом построенное энергоинформационное пространство можно назвать пространством Шредингера-Шеннона, учитывая его квантово-механическую и теоретико-информационную сущность. С другой стороны, учитывая его математическую сущность, его же можно назвать пространством Гильберта-Шеннона. Очевидно, что это пространство характеризуется как энергетическими критериями физики, так и информационными критериями теории информации. Именно этот факт и вынуждает нас к обобщению уравнения Шредингера и квантовой механики (да и физики) вообще.

Весьма интересной и актуальной является физическая, теоретико-информационная и математическая интерпретация нелинейных членов в нелинейном уравнении Шредингера (НУШ), в нелинейном уравнении Шредингера-Дельсарта-Шеннона (НУШДШ) и Шредингера-Шеннона (НУШШ). В то время как выражение в НУШ можно интерпретировать как умножение плотности энергии (и плотности вероятностей) на вектор состояния, то выражение в НУШДШ (НУШШ) — как умножение плотности энергии (и плотности вероятностей) на энтропию (обе являются скалярами).

9. Классическое волновое эволюционное уравнение Шредингера. Классическое соотношение, в соответствии с которым полная энергия E частицы с массой m равняется сумме кинетической энергии $\boldsymbol{p}^2/2m$ и потенциальной энергии $V(\boldsymbol{r}, t)$, можно перенести и в квантовую механику, если выполнить подстановки

$$E \to ih\, \partial/\partial t,\ \mathbf{p} \to -ih\, grad.$$

Действуя этими операторами на волновую функцию $\psi(\boldsymbol{r}, t)$, мы получаем уравнение Шредингера

$$ih\partial\psi/\partial t = -h^2/2m\, \nabla^2\psi + V(\boldsymbol{r}, t).$$

В общем виде

$$ih\partial\psi/\partial t = H\psi,$$

где H — гамильтониан системы, в котором вместо $\boldsymbol{p}$ подставлено $-ih\, grad$.

Волновая функция нормирована, если

$$\int\limits_{X\times Y\times Z} \text{шш}^* dw = \int\limits_{X\times Y\times Z} |\text{ш}|^2 dw = 1$$

где интегрирование выполняется по всему пространству ($dw = dxdydz$), ψ^* — комплексно сопряженная к ψ.

Для плотности вероятностей и плотности потока вероятностей $\boldsymbol{S}$ имеем

$$P(\boldsymbol{r}, t)=|\psi(\boldsymbol{r},t)|^2,$$
$$\boldsymbol{S}(\boldsymbol{r},t)=h/2im\, (\psi^*\, grad\psi - \psi\, grad\psi^*).$$

Эти величины подчиняются уравнению непрерывности

$$\partial P/\partial t + div\, \boldsymbol{S} = 0.$$

Среднее значение (математическое ожидание) функции или оператора F, который зависит от $\boldsymbol{r}$ и t, в состоянии ψ определяется формулой

$$<F> = -\psi^* F\psi\, dw.$$

Следует отметить, что уравнение Шредингера в квантовой механике не выводится, а постулируется. Очевидно, что правильность его может быть установлена (подтверждена или опровергнута) только путем сравнения с экспериментом [13].

Если в уравнении Шредингера оператор Гамильтона не зависит от времени, то решение этого уравнения будет иметь вид

$$\psi(t)= exp(-iHt/h) \cdot \psi_0,\ -\infty \le t < \infty,\ \psi_0= \psi(0).$$

Таким образом, замкнутая динамическая система определяется как однопараметрическая группа унитарных преобразований

$$U_t=\exp(-iHt/h)$$

в гильбертовом пространстве.

Теперь несколько замечаний относительно обоснования последнего утверждения. Во всех известных физических случаях состояния линейной системы (а уравнение Шредингера является линейным и, следовательно, описывает линейную систему) могут быть представлены векторами фазового пространства так, что полная энергия равняется скалярному квадрату (ψ,ψ). Движение такой системы можно представить при помощи семейства линейных преобразований U_t , которые переводят произвольное начальное состояние ψ_0 в состояние $\psi_t=U_t\psi_0$ в любой момент времени t. Из закона сохранения энергии следует унитарность операторов U_t (для унитарного оператора $UU^*= U^*U=I$, где I — тождественный оператор, а U^* —сопряженный оператор, для которого скалярное произведение удовлетворяет следующее равенство $(U\varphi, \psi) = (\varphi, U^*\psi)$). Поскольку каждый момент можно выбрать в качестве начального, то выполняется условие

$$U_{t+s}= U_tU_s.$$

По теореме Стоуна [15] группа преобразований Ut при условии непрерывности допускает представление $U_t = exp(-iHt/h)$.

Таким образом, U_t является оператором обычного сдвига, для которого $U_s U_t = U_{t+s}$.

Теперь несколько замечаний о временной эволюции квантовых систем [13]. В квантовой механике, как и в классической, основную роль играет гамильтониан. Однако в квантовой механике гамильтониан-функция заменяется гамильтонианом-оператором. Этот оператор энергии выполняет весьма важную миссию: с одной стороны, его собственные значения соответствуют энергетическим уровням, с другой, как и в классической механике, гамильтониан определяет временную эволюцию системы. В квантовой механике аналогом канонических уравнений классической механики есть уравнение Шредингера, описывающее временную эволюцию функции ψ, которая определяет квантовое состояние системы как результат действия на волновую функцию ψ гамильтониана H. Термин волновая функция выбрано для того, чтобы еще раз подчеркнуть очень важный для всей квантовой физики дуализм волна-частица. Отметим, что ψ — амплитуда волны, эволюционирующей в соответствии с зависимым от типа частицы уравнением, задаваемым гамильтонианом. Как и канонические уравнения классической физики, уравнения Шредингера описывают обратимую и детерминистскую эволюцию. Обратимое изменение волновой функции соответствует обратимому движению вдоль траектории. Если волновая функция в данный момент времени известна, то уравнение Шредингера позволяет вычислить значение, которое она примет в любой другой момент времени как в прошлом, так и в будущем. С такой точки зрения ситуация в квантовой механике вполне аналогична ситуации в классической механике. Такая тесная аналогия объясняется тем, что время не входит в соотношение неопределенности в квантовой механике. Время в квантовой механике — число, а не оператор, тогда как в соотношение неопределенности Гейзенберга могут входить только операторы.

Стандартная статистическая интерпретация квантовой механики сводится к следующему. Рассмотрим собственные функции некоторого оператора (например, оператора энергии H) и соответствующие им собственные значения. В общем случае ψ не есть собственной функцией оператора энергии, но представима в виде суперпозиции собственных функций. Вес («важность»), с которым каждая собственная функция входит в эту суперпозицию, позволяет вычислить вероятность появления соответствующего собственного значения. Здесь мы сталкиваемся с весьма важным отклонением от классической теории: прогнозируемы только вероятности, а не отдельные события. Использование вероятностей в квантовой механике (КвМ) оказалось невоспринимаемым для многих физиков (в частности, и Эйнштейна), которые стремились к «полному» детерминистическому описанию. Как и в случае необратимости, ссылка на неполноту и ограниченность нашего знания, казалось, позволяло найти выход из затруднительного состояния: ответственность за статистический характер КвМ описания также, как и когда-то за необратимость, возлагалась на нашу неспособность охватить все детали поведения сложной системы.

И здесь мы подошли к проблеме скрытых параметров. Однако из-за отсутствия, по мнению многих физиков, какого-то убедительного экспериментального подтверждения от идеи введения скрытых переменных отказались. Фундаментальная роль вероятностей в КвМ постепенно получила общее признание.

Проблема измерения в КвМ имеет особое значение и доныне вызывает значительный интерес. Допустим, что мы начали с волновой функции, которая в действительности является суперпозицией собственных функций. В результате процесса измерения этот единственный набор систем, представимых одной и той же волновой функцией, заменяется набором волновых функций, отвечающих разным собственным значениям, которые могут быть измерены. На языке КвМ это означает, что измерение переводит одну волновую функцию («чистое состояние») в смесь («смешанное состояние»).

Бор и Розенфельд неоднократно отмечали, что каждое измерение содержит элемент необратимости, т. е. апеллировали к необратимым явлениям, которые соответствуют записи или регистрации данных. Запись сопровождается усилением, вследствие которого микроскопическое явление производит эффект на макроскопическом уровне, т. е. на том самом уровне, на котором мы считываем показания измерительных приборов. Таким образом, измерение допускает необратимость.

Обычный подход к этой проблеме сводится к утверждению о том, что в КвМ нет другого выбора, как постулировать сосуществование двух первичных и не сводимых одного к другому процессов: обратимой и непрерывной эволюции, которая описывается уравнением Шредингера, и необратимой и дискретной редукции волновой функции к одной из собственных функций, которые входят в нее в момент измерения. Возникает парадокс: обратимое уравнение Шредингера может быть проверено лишь при помощи необратимых измерений, которые это уравнение по определению не может описывать. Следовательно, КвМ не может быть замкнутой.

Некоторые физики сделали вывод, что уравнение Шредингера «не полно» и в него необходимо ввести новые члены, которые бы учитывали необратимость измерения. Предлагались и другие решения проблемы, такие, как гипотеза многих миров Эверетта. По мнению И. Пригожина [12], сосуществование в КвМ обратимости и необратимости свидетельствует о том, что классическая идеализация, которая описывает мир как замкнутую систему, на микроскопическом уровне невозможна.

10. Линейное волновое эволюционное уравнение Шредингера-Дельсарта. Предлагается обобщение классического уравнения Шредингера, в котором вместо обычного дифференцирования по времени используется обобщенное дифференцирование (и соответственно, интегрирование) Дельсарта:

$$-ihL_t\psi(t) = H\psi(t),$$

где L_t — оператор Штурма-Лиувилля, удовлетворяющий граничные условия.

Известно, что оператор $L_t f = d/dt[p(t)df/dt]+q(t)f$ используется в уравнении Штурма-Лиувилля в форме

$$Lt+\lambda wf=0$$

или

$$d/dt[p(t)df/dt]+q(t)+\lambda wf=0.$$

Частными случаями уравнения Штурма-Лиувилля есть уравнение Лежандра, присоединенное уравнение Лежандра, уравнения Якоби, Чебышева, Лагерра, присоединенное уравнение Лагерра, уравнения Эрмита, Бесселя, гипергеометрическое уравнение и др. с соответствующими собственными функциями и собственными значениями.

Обобщая результаты предыдущего пункта, можно показать, что общим решением уравнения Шредингера-Дельсарта есть функция

$$\psi(t, s)= T_t^s\psi(t),$$

где T_t^s — оператор обобщенного сдвига (о. о. с.) Дельсарта, который можно выразить через собственные функции $\varphi(t, \lambda)$ оператора Штурма-Лиувилля следующим образом:

$$T_t^s=\varphi\,(s, iH/h \cdot L_t).$$

В том случае, когда $L_t=d/dt$, $T_t^s = U_t^s$ —обычный оператор сдвига, то решение будет иметь вид:

$$\psi(t, s) = U_t^s\psi(t).$$

Таким образом, уравнение Шредингера-Дельсарта есть обобщенное волновое эволюционное уравнение Шредингера, которое описывает обобщенный сдвиг состояния системы на оси времени. С другой стороны, это уравнение может стать основой построения линейной квантовой теории сигналов. Для этого целесообразно использовать ряд результатов обобщенного спектрального анализа, теории фильтрации и модуляции [16–17].

Следует также отметить, что уравнение Шредингера-Дельсарта является семейством уравнений благодаря тому, что оператор Штурма-Лиувилля включает в себя целый спектр операторов. Из-за этого, по нашему мнению, каждое уравнение из семейства уравнений Шредингера-Дельсарта можно считать моделью одного из миров Эверетта.

11. Нелинейное уравнение Шредингера. Для моделирования взаимодействия дисперсии и сжатия волновых пакетов было предложено нелинейное уравнение Шредингера (НУШ), которое для одномерного случая имеет следующий вид:

$$2iq_t + q_{xx} + 2q^2q^* = 0.$$

Это уравнение описывает эволюцию огибающей $q(x, t)$ цуга волн (в системе координат, движущейся с групповой скоростью несущей волны). Оно является универсальным уравнением нелинейной физики и возникает в большом разнообразии ситуаций (нелинейная оптика, теория волн на глубокой воде, описание переноса энергии вдоль α-спиралей белков и др.). Такая вездесущость НУШ и уравнений, тесно с ним связанных, может без сомнения удивить. Это уравнение на комплексное скалярное поле $q(x, t)$. Его можно также записать в виде:

$$q_t = iq_{xx} \pm 2iq^2q^*,$$

где * означает комплексное сопряжение. Кроме того, что оно описывает эволюцию огибающей волнового пакета, оно также в отличие от соответствующего линейного уравнения содержит в себе солитонное решение, которое воплощает концепцию волнового пакета. Для осуществления такого решения необходимо, чтобы волновой пакет был сильно диспергирующим, почти монохроматическим и слабонелинейным. Само же уравнение описывает баланс между линейной дисперсией, которая стремится размазать пакет, и фокусирующим действием кубической нелинейности, которая возникает вследствие самодействия волн.

Заменяя дифференцирование по времени в НУШ на обобщенное дифференцирование в виде оператора Штурма-Лиувилля, мы получаем нелинейное уравнение (а точнее, семейство нелинейных уравнений) Шредингера-Дельсарта:

$$L_tq=iq_{xx} \pm 2iq^2q^*.$$

12. Нелинейное волновое эволюционное уравнение Кортевега де Вриза. Хотя НУШ появилось первым среди солитонных уравнений, однако родоначальником солитона стало не оно, а знаменитое уравнение Кортевега де Вриза (КдВ)

$$q_t + 6qq_x + q_{xxx} = 0.$$

Солитоны относятся к нелинейным волнам. Известно, что волны с большой амплитудой, которые встречаются в природе, как правило, не подчиняются принципу суперпозиции. Дифференциальные уравнения в частных производных, которые описывают такие волны, называются нелинейными волновыми уравнениями или нелинейными эволюционными уравнениями. Один из наиболее известных примеров нелинейной волны — морская волна с гребнем, который заваливается. Этот «завал» можно объяснить, если допустить, что скорость волны большая в тех местах, где большая ее амплитуда. В волне с одним горбом в процессе ее распространения увеличивается наклон перед самой высокой точкой профиля и уменьшается за ней. Деформацию волнового профиля такого типа принято называть «градиентной катастрофой». Другим хорошо известным примером нелинейной волны есть акустический удар, который вызывается самолетом.

За последние несколько десятков лет чрезвычайно выросло количество исследований по нелинейным волнам. Это объясняется несколькими факторами. Во-первых, были разработаны различные математические методы исследования нелинейных эволюционных уравнений, при помощи которых удалось изучить характерные особенности нелинейных волн. Во-вторых, прогресс, связанный с созданием мощных компьютеров, позволил ученым очень скоро численно решать эволюционные уравнения и понимать поведение и свойства решений. В-третьих, появились нелинейные задачи (оптика, физика плазмы и др.) и, таким образом, количество исследователей, интересующимися нелинейными волновыми явлениями, выросло. Особенно интересным для нас есть практическое применение солитонов для передачи информации. Рассмотрим импульс, который несет некоторую информацию. Если он подвержен при этом действию больших диссипативных сил, то придет к месту назначения сильно ослабленным. Аналогично импульс, который подвержен при распространении значительной дисперсии, придет к месту назначения настолько размытым и искаженным, что информация будет совершенно потерянной. Однако если импульс распространяется в виде солитона, то он может перенести информацию на большие расстояния без искажений и заметной потери интенсивности [18]. В-четвертых, был разработан метод, позволяющий свести нелинейное эволюционное уравнение к эквивалентной линейной системе уравнений. Он был применен к эволюционному уравнению, записанному в следующем виде:

$$u_t + uu_x + u_{xxx} = 0.$$

Здесь uu_x — нелинейный диссипационный член и u_{xxx} — дисперсионный член, и именно это уравнение было названо уравнением Кортевега-де Вриза. Его стационарное решение

$u = 12a^2 sech^2(ax\text{-}4a^3t),\ a = const.$

Другой пример солитонного решения дает нелинейное уравнение Шредингера, где q — комплексная амплитуда. Название шредингеровского это уравнение получило за первые два слагаемые, которые напоминают уравнение Шредингера для свободной частицы, однако смысл q здесь совсем другой.

Солитоны могут существовать как на атомарному уровне, так и на космических расстояниях. «Наименьшим» солитоном, который известен в данное время, есть решение уравнения Борна-Инфельда

$$\Phi_{xx}(1\text{-}\Phi_t^2)+2\Phi_x\Phi_t\Phi_{xt}\text{-}(1+\Phi_x^2)\Phi_{tt}=0$$

для электрона, где Φ_x и Φ_t — магнитное и электрическое поля соответственно.

Теперь о математическом методе, связанном с уравнением КдВ. Для упрощения, как пример, рассмотрим нелинейное уравнение

$$u_t+ uu_x=0.$$

Показывается, что система линейных уравнений

$$\psi_t+ u\psi_x+ u_x\psi=0,$$

$$u\psi = \lambda\psi,\ \lambda= const$$

согласована с этим уравнением. Здесь ψ — неизвестная функция, а u — решение приведенного выше нелинейного уравнения.

Таким образом, вместо решения нелинейного уравнения u можно найти из системы линейных уравнений. Задача же нахождения u из линейной системы эквивалентна так называемой обратной задаче рассеивания для потенциала u. Открытие метода «обратной задачи» для нелинейных эволюционных уравнений — один из наиболее весомых вкладов в прикладную математику. Так есть надежда, что динамикой солитонов можно описать поведение кварков, из которых, как считается, состоят тяжелые элементарные частицы. Как известно, в нелинейных системах не выполняется принцип суперпозиции. Все же для описания многих частиц уравнение должно иметь многосолитонное решение, и оно его имеет. Далее, требуется, чтобы солитон квантовался, подчинялся статистике, имел величину заряда как степень, спиновый момент и др.

Весьма интересен вопрос, к какому типу солитонов приведет рассмотрение семейства нелинейных уравнений Кортевега-де Вриза-Дельсарта:

$$L_tq + 6qq_x+ q_{xxx}= 0.$$

13. Нелинейное уравнение Шредингера-Шеннона (ШШ). Предлагается рассматривать следующее обобщение уравнения Шредингера (для моделирования состояния одной частцы с учетом информации, которую она несет):

$$—\ ih\partial\psi/\partial t = H\psi + h(\psi),$$

$h(\psi) =–|\psi|^2 log|\psi|^2$— энтропия частицы, которая описывается волновой функцией ψ.

Таким образом, в уравнении Шредингера мы выделяем не только кинетическую и потенциальную энергию, но и фиксируем внимание на «информационной энергии»:

$$—\ ih\partial\psi/\partial t = h^2/2m\cdot \nabla^2\psi – V(\mathbf{r}, t)\text{-}\ k|\psi|^2log|\psi|^2,$$

где k — некоторая константа, описывающая ту энергию в микромире, которая порождает один бит квантовой информации («кубит»); размерность этой константы — энергия/бит.

Информационная энергия (энтропия) при рассмотрении двух микрочастиц численно равна взаимной информации однй частицы относительно другой. При этом состояние каждой из частиц описывается соответствующими волновыми функциями ψ_1 и ψ_2, а состояние пары частиц — волновой функцией ψ_{12}. Тогда взаимная информация дается выражением

$$I(\psi_1,\psi_2)= –|\ \psi_{12}|^2 log|\psi_{12}|^2/|\psi_1|^2|\psi_2|^2\ dx\ dy,$$

где интегрирование выполняется по всему случайному пространству состояний $X\times Y$ системы двух микрочастиц.

Если частицы независимы (что в квантовой механике практически невозможно), то $I(\psi_1,\psi_2)= 0$, поскольку $|\psi_{12}|^2=|\psi_1|^2|\psi_2|^2$.

Подобный же подход можно распространить на n микрочастиц. Что же касается связей уравнения ШШ с другими уравнениями, то разлагая логарифмическую функцию в ряд, можно получить следующие слагаемые $\text{-}3|\psi|^2+|\psi|^3\text{-}|\psi|^4$, которые могут стать основой анализа связей уравнения ШШ с нелинейным уравнением Шредингера, уравнением Гейзенберга, Иваненко и др.

Уравнение ШШ, по нашему мнению, можно положить в основу квантовой теории информации.

14. Нелинейное уравнение Шредингера-Дельсарта-Шеннона (ШДШ). Как следует из названия этого уравнения (ШДШ), оно является комбинацией, а точнее, синтезом уравнений Шредингера-Дельсарта и уравнения Шредингера-Шеннона, т. е.

$$-ihL_t\psi=H\psi-k|\psi|^2log|\psi|^2$$

или, расписывая гамильтониан, имеем

$$-ihL_t\psi=h^2/2\mathrm{m}\nabla^2\psi-V(\boldsymbol{r},t)-k|\psi|^2log|\psi|^2.$$

Очевидно, что частными случаями этого уравнения есть уравнения ШД и ШШ. Из-за того, что уравнение ШД можно считать основой линейной квантовой теории сигналов, уравнение ШШ — основой квантовой теории информации, то уравнение ШДШ можно считать основой синтеза как линейной квантовой теории сигналов, так и квантовой теории информации. Именно этот синтез целесообразно, по нашему мнению, называть квантовой теорией информационных сигналов.

15. Уравнение Шредингера в гильбертовом пространстве. Как известно, классическое уравнение Шредингера обычно рассматривается в гильбертовом пространстве со скалярным произведением, которое, по нашему мнению, в данном случае формализует понятие энергии. Итак, в нашей интепретации гильбертово пространство с точки зрения квантовой физики является математической моделью энергетического пространства.

Для скалярного произведения в гильбертовом пространстве действительное неотрицательное число $<\psi|\psi>$ по определению является квадратом длины вектора $|\psi>$, а величину $(<\psi|\psi>)^{1/2}$ называют нормой вектора $|\psi>$.

Для любых векторов $|\psi>$ и $|\chi>$ скалярное произведение $<\chi|\psi>$ является комплексным числом; его комплексно сопряженное равно

$$<\chi|\psi>^* = <\psi|\chi>.$$

При фиксированном $|\chi>$ скалярное произведение линейно относительно $|\psi>$, т. е. для любых двух векторов $|\psi_1>$ и $|\psi_2>$

$$<\chi|(|\psi_1> + |\psi_2>) = <\chi|\ \psi_1> + <\chi|\ \psi_2>$$

и для любого комлексного λ

$$<\chi|(\lambda|\psi>) = \lambda<\chi|\psi>.$$

Для векторов, описывающих состояние физической системы, выполняется равенство $<\psi|\psi>=1$. Как известно, такой вектор называется вектором состояния. Здесь мы напомним, что $|\psi|^2$ есть плотность вероятностей, и, кроме того, ψ-функция есть собственная функция уравнения Шредингера.

16. Пространство Шеннона. Элементами (объектами) пространства Шеннона, как и пространства Гильберта, есть ψ-функции как векторы. Разница между пространством Шеннона и пространством Гильберта кроется в определении скалярного произведения для элементов этих пространств. В пространстве Шеннона вместо «энергетического» скалярного произведения определяется «информационное» скалярное произведение, которое для случайных векторов ξ и η численно равно взаимной информации $I(\xi, \eta)$ одного вектора ξ относительно другого вектора η, т. е. $(\xi, \eta)_{in} = I(\xi, \eta)$.

Для информационного произведения кроме равенств а) $(\xi, \eta)_{in}=(\eta, \xi)_{in}$ и б) $(\xi, \eta)_{in}=0$ для независимых ξ и η, имеем также в) $([\xi_1, \xi_2], [\eta_1, \eta_2])_{in} = (\xi_1, \eta_1)+(\xi_2, \eta_2)_{in}$, где пары $[\xi_1, \eta_1]$ и $[\xi_2, \eta_2]$ независимы. Очевидно также, что для этого случая $\alpha([\xi_1,\xi_2], [\eta_1,\eta_2])_{in} = \alpha[\xi_1,\eta_1] + \alpha[\xi_2,\eta_2]$.

Если ξ_1 — функция от ξ (в смысле функций случайных величин), то г) $(\xi_1, \eta)_{in} \le (\xi, \eta)_{in}$. Далее, д) $([\xi, \eta], \zeta)_{in} \ge (\eta, \zeta)_{in}$.

Из-за соотношений а)–д) информационное произведение весьма интересно и перспективно в качестве скалярного произведения для пространства Шеннона и в этом плане требует, по нашему мнению, более детального анализа.

В качестве информационного расстояния в информационном пространстве Шеннона выберем число

$$d(\xi, \eta) = I(\xi, \xi) – I(\xi, \eta) + I(\eta, \eta) – I(\xi, \eta) = I(\xi, \xi) + I(\eta, \eta) – 2I(\xi, \eta),$$

которое эквивалентно выражению

$$d(\xi, \eta) = I(\xi/\eta) + I(\eta/\xi).$$

Можно доказать, что 1) $d(\xi\ \eta)\geq 0$ (неотрицательность); 2) $d(\xi, \xi)=0$ (невырожденность); 3) $d(\xi, \eta)=d(\eta, \xi)$ (симметричность); 4) $d(\xi, \eta_1) + d(\eta_1, \eta)\geq d(\xi, \eta)$ (неравенство треугольника).

В качестве информационной нормы вектора выбирается его собственная информация $I(\xi, \xi)$ или энтропия. Очевидно, что $\|\xi\| = I(\xi, \xi) = H(\xi)\geq 0$.

Так построенное информационное пространство мы назовем пространством Шеннона. При этом учитывается его теоретико-информационная суть с ее информационными критериями теории передачи информации.

Информационное скалярное произведение в изложении этого пункта имеет несколько виртуальный характер, который преобразуется в реальный квантовомеханический с использованием квадрата модуля ψ-функции как плотности вероятностей, как это сделано в п. 5.

17. Пространство Гильберта-Шеннона. Если классическое уравнение Шредингера имеет смысл рассматривать в энергетическом пространстве Гильберта, то уравнения ШДШ и ШШ необходимо рассмотреть в энергоинформационном пространстве, которое является определенным синтезом энергетического пространства Гильберта та информационного пространства Шеннона. На первом этапе такой синтез можно представить себе как некоторый синкретизм или механическое объединение этих пространств, который состоит в постулировании в пространстве ψ-функций два скалярных произведения: энергетическое, которое совпадает со скалярным произведением в гильбертовом пространстве, и информационное, совпадающее со взаимной информацией двух векторов. Каждое из этих скалярных проoизведений индуцирует соответствующую метрику — «энергетическое» расстояние $D[f, g]=\| f\text{-}g\|=[(f\text{-}g)(f\text{-}g)]^{1/2}$ [15] для гильбертова пространства и «информационное» расстояние $d(\xi, \eta) = I(\xi/\eta) + I(\eta/\xi)$ для шенноновского пространства.

Соответствующие скалярные произведения индуцируют также соответствующие нормы элементов для векторов — «энергетическую» норму вектора f $\| f \|= (f, f)^{1/2}$ (аналог длины отрезка) для пространства Гильберта и «информационную» норму вектора ξ $\|\xi\|=I(\xi, \xi)=H(\xi)$ (собственная информация или энтропия) для пространства Шеннона.

На втором этапе синтеза пространств Гильберта и Шеннона целесообразно найти связь между энергетическими и информационными характеристиками этих пространств (скалярное произведение, расстояние, норма и т. д.) и подготовить некоторый высший этап синтеза.

Здесь может быть полезным рассмотрение, например, вместо $\sum_i p_i \log p_i$ выражения $\sum_i p_i \log 2^{p_i}$ для дискретной энтропии (или $\int w(x) \log 2^{w(x)} dx$ для непрерывной энтропии) и вместо $\int p(x, y) \log p(x, y)/p(x)p(y)\, dx\, dy$ выражения $\int p(x, y) 2^{\log p(x, y)/p(x)p(y)}\, dx\, dy$ для взаимной информации. Такое рассмотрение дает возможность перейти к классическому (гильбертову) скалярному произведению или в виде $\sum_i p_i p_i$ или в виде $\int p(x, y) p(x, y)/p(x)p(y)\, dx\, dy$.

Однако на очереди вопрос о фундаментальном и перспективном синтезе пространств Гильберта и Шеннона.

18. Уравнение Шредингера-Дельсарта-Шеннона в пространстве Гильберта-Шеннона. Очевидно, что уравнение ШДШ, в котором фигурирует как обычная энергия в лице кинетической и потенциальной энергии, так и «информационная» энергия (информация), вполне естественно изучать и анализировать в пространстве Гильберта-Шеннона (ГШ) как наиболее адекватного для этого. Это, во-первых, даст возможность провести адекватную интерпретацию аналитических результатов, полученных при решении уравнения ШДШ. Во-вторых, увязание уравнения ШДШ с пространством ГШ будет способствовать эффективной разработке проекта квантового компьютера.

Из несколько более конкретных вопросов уравнение ШДШ даст возможность найти адекватные ортогональные переносчики сигналов, а также методы их модуляции и селекции. Интересной есть также целесообразность использования теории сверхъязыков при конструировании квантовых компьютеров.

19. Нелинейное уравнение эволюции Лакса. Лакс П. Д. в одной из своих работ [19], которая положила начало новому направлению в математической теории нелинейных волн, поставил вопрос о возможности изучения общего уравнения эволюции

$$u' \equiv u_t = K(u),$$

где K — нелинейный оператор, действующий на функцию u и не содержащий явно независимых переменных x и t.

Метод нахождения решений уравнения эволюции базируется на основной теореме Лакса, в соответствии с которой любое решение наподобие уединенной волны (солитона) является собственной функцией определенной конструкции, индуцируемой уравнением эволюции (а точнее, градиента интеграла уравнения эволюции).

Здесь интересным является определение представления Лакса для общего уравнения эволюции. Это уравнение допускает представление Лакса, если существуют два оператора L и A, действующие на функции $f(x)$, коэффициенты которых выражаются через u, такие, что $u_t=K(u)$ эквивалентно $L'=[L, A]=LA-AL$ — коммутатор L и A.

Исходя из уравнений ШД и ШДШ, можно рассматривать также уравнение эволюции Лакса-Дельсарта:

$$Lt^{u} = K(u),$$

где L_t — оператор Штурма-Лиувилля.

В заключение отметим, что следствием коммутирования двух преобразований Беклунда есть нелинейный закон суперпозиции [20].

20. Квантовое уравнение Букалова для живого организма как открытой системы. Весьма интересным является аналог уравнения Шредингера, которое предложил А. В. Букалов в работе [21]. Он исходит из того, что биологический объект является целостной когерентной неравновесной системой с упорядоченной пространственно-временной структурой, которая образуется и поддерживается непрерывным подводом энергии. Отсюда следует возможность рассмотрения организма как когерентной функционирующей системы молекул, которые упорядочены в пространстве-времени. Такая система может рассматриваться как макроскопический аналог квантовомеханического объекта. Однако, как следует из принципа неопределенности, измерение временной или пространсвенной координаты квантовомеханического объекта ведет к неопределенности энергии (импульса).

Итак, живой организм рассматривается как открытая система, которая обменивается с окружающей средой как энергией, так и информацией. Выше мы показали, что на квантовом уровне всякая энергия сопровождается информацией. Поэтому для открытых систем закон сохранения энергии без учета информации или «информационной энергии» не имеет места. С этой идеей перекликается утверждение А. В. Букалова [21] о том, приток организующей энергии извне эквивалентен возникновению пространственно-временной информации, которая, будучи отображена в формирующихся белковых структурах, одновременно создает и энергетическую неопределенность аж до масштабов клетки. Другими словами. Локализация в пространстве-времени связана с делокализацией в энергетическом пространстве, что ведет к когерентному поведению в энергии-импульсе пространственно-временной структуры живого организма. Поэтому А. В. Букалов записывает квантовое уравнение для живого организма в потоке притекающей энергии

$$iS(h)\frac{\partial ш(е, p)}{\partial е} = Bш(е, p),$$

где $S(h)$ — аналог постоянной Планка, ψ (ε, p) — аналог волновой функции (единая когерентная функция), ε, p — энергия и импульс соответственно, B — оператор квантованных дискретных пространственно-временных интервалов или квантов событий (оператор метрики событий); пространственно-временной аналог оператора Гамильтона.

Таким образом, живой организм, по мнению А. В. Букалова, можно рассматривать как макроскопическую квантовую систему нового типа, которая образована структурой пространственно-временных интервалов биохимических событий и описывается предыдущим уравнением.

Литература:

1. *Алексеев Г. Н.* Энергоэнтропика. — М., 1983. — 192 с.
2. *Волченко В. Н.* Неизбежность, реальность и постижимость тонкого мира. // Сознание и физическая реальность. — Т. 1. — № 1-2. — М., 1996.
3. *Дульнев Г. Н.* Энергоинформационный обмен в природе. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2003. — № 2–4. — 2004. — № 1–4.
4. *Дубров Я. А., Мацьонг Я. Е.* Тестирование в психоинформатике: математические модели и компьютерно-информационная система «Социон-02». // Соционика, ментология и психология личности. — 2003. — № 1. — С. 77–80.
5. *Тихонов А. П.* Тип информационного метаболизма как связующее звено в исследовании психических явлений. // Соционика, ментология и психология личности. — 2000. — № 3. — С. 23–36.
6. *Кемпински А.* Экзистенциальная психиатрия. — М., 1998.
7. *Кемпински А.* Психология шизофрении. — СПб., 1998.
8. *Аугустинавичюте А.* Соционика: Введение. — М., 1998. — 447 с.
9. *Дубров Я.* Трансляція соціонічної символіки на мову чисел. Текст доповіді на XI Читаннях «Триалізм як філософська доктрина Г. Сковороди: теоретичний дискурс pro et contra прагматичні проблеми». 3-4 грудня 2003 р., Львів.
10. *Einstein A., Rosen N., Podolsky B.* Phys. Rev. v. 47, 1935, 777.
11. *Stean A.* Quantum computing. Oxford, 1997, p. 65.
12. *Пригожин И., Стенгерс И.* Время, хаос, квант. — М., 1994. — 272 с.
13. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. — М., 1986. — 432 с.
14. *Марков М. А.* О трех интерпретациях квантовой механики. — М., 1991. — 110 с.
15. *Ахиезер Н. И., Глазман И. М.* Теория линейных операторов в гильбертовом пространстве. — М., 1966. — 544 с.
16. *Дубров Я. А.* Об использовании ортогональных функций-переносчиков и оцнке эффективности систем передачи информации. Кандидатская диссертация. — Львов, 1966. — 170 с.
17. *Драган Я. П., Дубров Я. А., Михайловский В. Н.* Некоторые общие свойства линейных преобразований. // В сб.: Вопросы передачи информации. — Киев, 1963.
18. *Бхатанагар П.* Нелинейные волны в одномерных дисперсных системах. — М., 1983. — 136 с.
19. *Лэкс П. Д.* Интегралы нелинейных эволюционных уравнений. // В сб.: Математика, 13:5. — 1969. — С. 128–150.
20. Солитоны. — М., 1983. — 408 с.
21. *Букалов А. В.* О квантомеханическом описании феномена жизни. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2003. — №2. — С. 3–11.

Статья поступила в редакцию 09.12.2004 г.

Dubrov Ya. A.

Psychoinformatics, socionics and the quantum mechanics evolution into the quantum information physics

With the use of the ideas and notions of the energoentropics, energo-information exchange, information metabolism etc. the classical quantum mechanics development is analyzed in respect to the quantum information physics, in which the information theory notions (information quantity) are used besides the known physical ones (energy, entropy). It is shown that the essential role in this process was played by the discussion about the quantum mechanics incompleteness and the Einstein-Podolsky-Rosen paradox.

Key words: socionics, quantum mechanics.