

Логико-информационная оценка кварковой модели материи

Антипенко Л.Г., ИФ РАН, Москва
chistrod@yandex.ru

Аннотация: Кварковая модель материи особенно наглядно демонстрирует наличие двух видов связей в природе: связей силовых и связей *не-силовых* (термин В.А. Фока). Первые локальны, реализуются по принципу (причинно-следственного) близкодействия, вторые – не-локальны, реализуются как мгновенно действующие корреляции. Отношения между первыми и вторыми принято характеризовать идеей дополненности, по смыслу которой они предполагают и взаимоисключают друг друга. Автор данной статьи показывает, что эту идею можно выразить на языке современной математической логики, когда один вид связей описывается в рамках экстенционального аспекта логики, второй – в рамках интенционального аспекта. Во втором аспекте логика отображает, на своём языке, элементарный процесс передачи информации.

Ключевые слова: кварки и глюоны, силовые и не-силовые связи, двухаспектная логика

Природа наделила квантовую физику, изучающую явления микромира, весьма загадочными объектами, заставившими заняться пересмотром традиционно сложившегося в физике понятия *существования*. Имя этих объектов – *кварки*. Вероятно, можно было предвидеть, что постижение смысла понятия их существования потребует разработки особой логики, выходящей за рамки современной стандартной *экстенциональной* логики. И, действительно, такая логика в общих чертах была создана и получила название логики *интенциональной*. Если сказать точнее, то речь идёт о двухаспектной логике, включающей в себя и объём, и содержание понятия. В это содержание входит информационный концепт, о чём будет сказано ниже, после того, как будет изложена краткая справка о кварках – предмете намеченного нами рассмотрения.

Итак, кварки суть фундаментальные частицы, из которых состоят все адроны, т.е. класс всех элементарных частиц, участвующих в сильных взаимодействиях (барионы типа протона, мезоны, соответствующие резонансы). Согласно стандартной модели, кварки обладают электрическим зарядом, кратным $e/3$ и барионным зарядом $\frac{1}{3}$. Не наблюдаются в свободном состоянии. Это – бесструктурные точечные частицы, что проверено вплоть до масштаба примерно 10^{-18} см (величина, приблизительно в 20 тысяч раз меньшая размера протона). В настоящее время известно 6 разных «сортов», или «ароматов» кварков, каждый из которых отличается рядом свойств от других. Кроме того, для калибровочного описания сильного взаимодействия постулируется, что кварки обладают ещё и дополнительной

внутренней характеристикой, называемой «цветом» (всего имеется три цвета, см. об этом ниже). Каждому кварку соответствует антикварк – античастица с противоположными квантовыми числами.

Гипотеза о том, что адроны построены из таких специфических субъединиц, была впервые выдвинута М. Гелл-Манном и независимо от него Дж. Цвейгом в 1964 году.

В силу неизвестных пока причин кварки естественным образом группируются в три так называемые поколения по два кварка. В каждом поколении один кварк обладает зарядом $+\frac{2}{3}$, а другой имеет заряд $-\frac{1}{3}$. (Так протон состоит из двух кварков с электрическим зарядом $+\frac{2}{3}$ и одним кварком с зарядом $-\frac{1}{3}$). Подразделение на поколения распространяется и на лептоны.

Кварки участвуют в сильных, слабых, электромагнитных и гравитационных взаимодействиях. Сильные взаимодействия (обмен глюонами) могут изменять цвет кварка, но не меняют его аромат. Слабые взаимодействия, напротив, не меняют цвет, но могут менять аромат. Необычные свойства сильного взаимодействия приводят к тому, что одиночный кварк не может удалиться на какое-то существенное расстояние от других кварков, почему кварки и не могут наблюдаться в свободном виде (явление, получившее название *конфайнмент*). Разлететься могут лишь «бесцветные» комбинации кварков – адроны. Кварки асимптотически свободны при высоких энергиях.

Что в итоге? Из-за непривычного *свойства* сильного взаимодействия – *конфайнмента*, – часто у неспециалистов, да и физиков-специалистов тоже, возникает вопрос: почему следует верить тому, что кварки существуют, если их никто никогда не видел (да и не увидит) в свободном виде? Не относятся ли они к категории *математической* абстракции, так что протон вовсе не состоит из таких частиц? В ответ на эти вопросы приводится ряд физических доводов в пользу существования кварков – доводов основанных на экспериментальных данных. Однако следует (с нашей стороны) отметить, что логический анализ экспериментальных и теоретических данных об этих необычных частицах до сих пор не представлен. И дело не только в находящемся в центре внимания феномене конфайнмента и асимптотической свободы, теоретическое обоснование которого было предложено лауреатами Нобелевской премии Ф. Вилчеком, Д. Гроссом и Д. Политцером. Надо ещё ответить на вопрос, что значит утверждение, согласно которому кварки являются бесструктурными, *точечными* частицами.

Полагаем, что не лишней будет попытка подыскать более общий, логически оправданный, ответ на эти вопросы.

Обращаясь к логике, здесь уместно будет воспроизвести в краткой форме те суждения, которые помещены в книге о П. А. Флоренском¹. Флоренский показал, как совершается переход от экстенционального контекста логики к интенциональному (далее для краткости будем просто говорить о двух логиках). Экстенциональная логика

¹ Антипенко Л.Г. П. А. Флоренский о логическом и символическом аспектах научно-философского мышления. М.: «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2012. – 172 с.

была создана в определённой умственной среде, в которой господствуют законы алгебры. Алгебра, несколько видоизменённая применительно к аристотелевской логике, получила название булевой алгебры (по имени её создателя). Тот факт, что современную математическую логику называют логикой предикатов, означает, что в ней важнейшее место занимает *принцип абстракции*.

Принцип абстракции включает в свою формулировку логическую процедуру свёртывания некоторых объектов, или предметов, в единый класс. При таком свёртывании между предметами устанавливается отношение эквивалентности, т.е. отношение типа равенства. Доказывается этот логический факт в виде двух теорем – прямой и обратной, строгое изложение которых дано в книге о Флоренском². Оставим в стороне это изложение, поскольку для нас здесь достаточно будет указать, что понятие индивида (предмета) и класса связаны в экстенциональной логике с понятием бинарного отношения. Все остальные *многоместные (n-арные)* отношения определяются и выражаются посредством концепта класса, сводящего в единство уже не отдельные предметы, а двойки, тройки, ..., *n*-ки упорядоченных предметов. Свойство выражается посредством одноместного предиката, отношение – посредством двухместного или вообще многоместного предиката. Исчисление высказываний предстаёт в экстенциональном контексте как логика нульместных предикатов.

Известный грузинский философ и логик Ш. И. Нуцубидзе в своё время отметил два принципиально важных момента, которые характеризуют произошедший в XIX столетии процесс превращения аристотелевской логики в современную математическую логику. Первый момент состоит в том, что подлежащее в суждении потеряло своё привилегированное положение. Суждение соотносится с предикатом, в котором каждому предмету соответствует переменная. Подстановка на место переменной имён предметов удовлетворяет свойству (или отношению), представленному данным предикатом. В противном случае высказывание оказывается ложным. Второй момент касается различия между суждением как актом, который совершает определённый субъект, и суждением как представлением того содержания, которое в нём заключено. В логике, как отмечает Нуцубидзе, произошла элиминация субъекта суждения³. В результате выполнение всех логических функций мышления (в экстенциональном контексте логики) оказалось возможным возложить на вычислительную машину.

Путь в область интенциональной логики, предложенный Флоренским, начинается с предложения вернуться к субъекту суждения. Вернуться с тем, чтобы ввести его в структуру мышления не в качестве вещи, а в качестве человеческой *личности*. Формальная логика как таковая сформировалась, по его мнению, в значительной мере под влиянием католического мировоззрения. Католики, согласно разъяснениям о. Павла, род человеческий выражают в виде логического класса, а каждого отдельного человека отождествляют с единичным (сингулярным) классом. Это есть «состояние стяжения – *status contractionis*», при котором человеческая личность сводится к нумерическому единству. Состояние стяжения достигается путём выделения

² Указ. соч. С. 32-36.

³ Нуцубидзе Ш. И. Труды. Т.1. Тб. 1973. – С. 252.

из заданного множества (людей) его подмножеств всё меньшего и меньшего объёма вплоть до множества, или класса, содержащего всего лишь один элемент. Человек предстаёт в таком случае как продукт препарирования вещи, которая от начала до конца безлична. Не «природа», пишет Флоренский, полагается самополагающейся личностью, но личность «природою». «Это представление нумерического единства как «стяжения» общей сущности в единичную вещь, – читаем мы в его книге «Столп и утверждение Итины», – выпукло проявляет всю суть вещной философии, для которой нумерическое тождество есть равенство единичных классов, а индивид отождествляется со своим единичным классом. Стоит только, – по этому воззрению, – достаточно сузить («стянуть») объём класса, чтобы получить единичный класс, каковой и есть не что иное, как *status contractionis* общего понятия»⁴.

Флоренский, как видно, желает сказать – и с этим нельзя не согласиться, – что католическая манипуляция с понятием человека вполне укладывается в рамки экстенциональной логики и нигде не выступает за её пределы. Каждый человеческий индивид мыслится там, конечно же, как представитель человеческого рода, но в своём роде он выделяется всего лишь как индивидуальный признак, соответствующий сингулярному классу. Каждая человеческая личность предстаёт сначала как некоторая вещь, неизвестное x , которое превращается в человека по мере приписывания ему соответствующих предикатов по такой схеме: x – реальный предмет, x – живое существо, x – животное, x – разумное животное, наконец, x – Пётр (вот этот Пётр), или Иван, или Сидор. Какой-то конкретно имеющийся в виду Пётр обладает признаками, которые присущи всем членам рода человеческого, затем идут признаки, общие лишь для него с другими индивидами той или иной группы людей, затем последний признак, присущий только ему одному. Так на место индивидуальной личности ставится человек-признак, человек-предикат.

Что надо сделать, чтобы избежать такого вывода? Надо осмыслить (понять, уяснить), что человек, помимо того, что он находится в силовых причинно-следственных связях с другими людьми и с окружающими вещами, обитает ещё в смысловом поле, в котором функционируют не-силовые связи. Они реализуются, как очевидно, посредством речи, языка. Символика языка выводит его из-под власти предиката и самого превращает в символ. Связь одного человека с другим на символическом уровне *индивидуализирует* его, делает *самotoждественным* (авторефлексивным), выводит за рамки равенства-тождества, именуемого эквивалентностью. Речевое общение между людьми было бы невозможным, если бы речь каждого была обращена всякий раз сразу ко всем. Речевая информация функционирует как информационный обмен между источником и приёмником (адресатом).

Примерно в таком же плане устанавливает индивидуацию человека В. Гейзенберг, о чём можно прочитать в его книге «Порядок действительности» (*Ordnung der Wirklichkeit*)⁵. То, что делает человека индивидуумом, замечает Гейзенберг, приводит его к чёткому отделению от окружающего мира, есть сознание. Кристалл,

⁴ Флоренский П. А. Столп и утверждение Истины (II). М.: Правда, 1994. – С. 518.

⁵ Heisenberg W. Ordnung der Wirklichkeit. München, Piper, 1989.

скажем, может разделиться на части или вместе с другим своим подобием образовать кристалл большего размера, однако свойство кристалла как такового будет сохраняться в любом случае. Так же две клетки живого организма могут слиться в одну в процессе оплодотворения, а затем вновь отделиться друг от друга. И вообще клетка в течение времени претерпевает ряд изменений, которые не позволяют воспринимать её как одну и ту же особь. И только сознание чётко представляет собой определённое единство, такое, что слияние сознания одного индивидуума с сознанием другого или деление сознания невозможно⁶.

Было бы неверно говорить, пишет он далее, что обособление отдельного «Я» происходит только в *той степени*, в какой это позволяет биологическое положение живого существа. «Более того, сознание всегда чётко осуществляет это обособление, ситуация познания в этом случае не предусматривает плавных переходов. «Я», по своей природе, – неделимая единица, которая может возникнуть или угаснуть, но не может участвовать в процессе деления или объединения. В то время как в низших областях действительности процессы сменяют друг друга таким образом, что из одной ситуации возникает другая по закону причины и следствия или по игре случая, для высших областей характерно существование постоянных единиц, которые, не будучи способными превратиться во что-то «другое», могут только возникать и снова угасать»⁷.

Перенесём теперь вышеизложенные логические соображения в тематическую область квантовой физики. Для этого воспользуемся предложенной И. [Дж.] фон Нейманом интерпретацией двух фундаментальных процессов, представленных в квантовой механике. Фон Нейман обозначает их символами U' и U . Первый из них, описываемый уравнением Шредингера, подчиняется принципу причинности, непрерывен, термодинамически обратим *в той мере*, в какой считается обратимым время в рамках нерелятивистской квантовой механики. Второй же процесс (процесс измерения), соотносимый с редукцией волновой функции, является необратимым и не подчиняется принципу причинности⁸. Фон Нейман сравнивает его с первым процессом и характеризует (объясняет) следующим образом: «Различие между этими двумя процессами глубоко фундаментально: даже отвлекаясь от разного поведения относительно принципа причинности, они отличаются и тем, что первый (термодинамически) обратим, а второй – нет.

Сравним теперь эти соотношения с теми, которые действительно осуществляются в природе или при её наблюдении. Во-первых, само по себе безусловно верно, что измерение или связанный с ним процесс субъективного восприятия является по отношению к внешнему физическому миру новой, не относящейся к нему сущностью. Действительно, такой процесс выводит нас из внешнего физического мира или, правильнее, вводит в неконтролируемую, так как в каждом контролируемом опыте уже предполагаемую, мысленную внутреннюю жизнь индивидуума.... Однако имеется, несмотря на это, фундаментальное для всего

⁶ *ibid.* S. 127.

⁷ *ibid.* S. 128.

⁸ *Нейман И. фон.* Математические основы квантовой механики. (Пер. с немецкого М. К. Поливанова и Б. М. Степанова / под ред. акад. Н. Н. Боголюбова). М.: «Наука», 1964. – С. 307.

естественнонаучного мировоззрения требование, так называемый принцип психофизического параллелизма, согласно которому должно быть возможно так описать процесс субъективного восприятия, как если бы он имел место в объективном, внешнем мире, – это значит подчинить (*zuordnen*) его частям физические процессы в объективном внешнем мире, в обычном пространстве <...>⁹.

Очевидно, у фон Неймана речь идёт о двух частях процесса субъективного восприятия: восприятия непосредственно чувственного, эмпирического, и восприятия того, что возникает в мыслительной внутренней жизни индивида. Принцип физического параллелизма ставит здесь в один ряд передачу информации от микрообъекта к субъекту и от одного микрообъекта к другому. Это информационное взаимодействие (*не-силовая связь*, по терминологии акад. В. А. Фока) реализуется между объектами мгновенно, расставляет их в пространстве как точки в виду их неделимости в отношении переноса влияния над их возможной «размазанностью» в пространстве. Исчезновение какого бы то ни было пространственного размера распределения частицы в пространстве означает ликвидацию пространственной протяжённости между микрообъектами, что для внешнего наблюдателя предстаёт в форме мгновенной (вне времени) передачи информации. Чтобы было понятнее, что здесь имеется в виду, скажем, так: редукция волновой функции происходит вне времени, потому что ей соответствует трансформация самого времени (недопустимо мыслить, что изменение времени происходит во времени, нелокальная связь между объектами подтверждается известной теоремой Белла).

Итак, предпринятый здесь анализ интенционального аспекта логики приводит нас к выводу о том, что структура логики в своём двуединстве отображает информационные связи между объектами. Такой логический подход к квантовым явлениям позволяет углубить наше понимание столь необычных феноменов в кварковой модели материи, как конфайнмент и асимптотическая свобода. Проще всего это будет сделать, если мы выберем в качестве образца для изучения квантовую систему, именуемую *кварконием* (позже: *чармонием*)¹⁰, а затем сравним её с *позитронием* и с простейшим атомом (по боровской модели) – с атомом водорода. Как пишут авторы, на статью которых мы здесь ссылаемся, «атом», составленный из тяжёлого кварка и антикварка, является наилучшей из имеющихся систем для изучения сил, которые связывают воедино элементарные составляющие сильновзаимодействующих частиц. (В данном случае речь идёт о четвёртом (по времени открытия) «очарованном» кварке, или *c*-кварке. Три предшествующие *u*-, *d*- и *s*-кварки оцениваются как сравнительно лёгкие).

При сравнении кваркония с позитронием тут же проводят сравнение и с боровской моделью атома, хотя из-за отличия масс протона и позитрона радиус орбиты в позитронии, при одном и том же главном квантовом числе *n*, будет в два раза больше радиуса орбиты в атоме водорода. Кулоновская сила между электроном и позитроном зависит только от зарядов этих частиц и от расстояния между ними. Но на неё

⁹ Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften. Band XXXVIII: Mathematischen Grundlagen der Quantenmechanik v. Johann Neumann. Berlin, Verlag von Julius Springer, 1932. – S. 222–223.

¹⁰ Блум Э. Д., Фелдман Г. Дж. Кварконий // Успехи физических наук. Том 139, вып.3 (март 1983 г.). – С. 529–551.

накладываются другие силы, связанные как со спинами частиц, так и с орбитальным движением зарядов вокруг их общего центра. То же можно сказать и о кварконии, компоненты которого обладают спином, равным $\frac{1}{2}$ (кварки суть фермионы). Но в отношении зависимости сил, действующих между лептонами (электроном и позитроном) дело обстоит иначе. В первом случае действующая сила убывает с увеличением расстояния между частицами, во втором случае – возрастает. Объясняется это, согласно хрестоматийным данным тем, что в отличие от квантовой электродинамики, в которой константа электромагнитного взаимодействия, равная $e^2/\hbar c \approx 1/137$, не зависит от других параметров взаимодействия, в квантовой хромодинамике роль константы сильного взаимодействия выполняет «эффективный заряд», который «убывает с ростом энергии (то есть на малых расстояниях)»¹¹. («Эффективный заряд» (он же «эффективная константа связи») обозначается обычно как α_{seff} ; при сближении кварков $\alpha_{seff} < 1$).

Часто соотносят состояние асимптотической свободы с большими импульсами кварков. Такая соотносительность, вольно или невольно, вводит читателя в заблуждение при осмыслении феномена «асимптотическая свободы». Величиной импульса определяется величина кинетической энергии, а в квантовой кварковой системе надо учитывать взаимоотношение между кинетической и потенциальной энергией. Необходимость выполнения данного требования легко понять на примере рассмотрения опять же боровской модели атома. Когда атом водорода находится в основном, невозбуждённом состоянии, его потенциальная энергия, как целостной квантовой системы, имеет минимальное значение, её можно приравнять нулю. При возбуждении атома, по мере перехода электрона на более высокие орбиты обращения, его потенциальная энергия возрастает и достигает максимума при ионизации. Отделение электрона от ядра атома «освобождает электрон», делает его «свободным». Но что происходит, когда атом излучает квант энергии $\hbar\omega$ и переходит в более энергетически-низкое состояние? Очевидно, возрастает его энтропия. (Чтобы убедиться в этом, достаточно проанализировать планковскую формулу, описывающую процесс излучения абсолютно чёрного тела).

Итак, в квантовых системах процессы перехода потенциальной энергии в кинетическую и обратно сопровождаются изменением энтропии. А что мы находим в способе функционирования кварконии? Не *удаление* двух кварков друг от друга делает их «свободными», а *сближение* – сближение, при котором энтропия кварконии уменьшается. Если мы теперь соотнесём процессы увеличения и уменьшения энтропии с прямым и обратным течением времени, то вынуждены будем признать, что кварковая модель материи демонстрирует процесс обратного течения времени. Адекватное описание прямого и обратного хода времени можно представить только на языке (релятивистской) квантовой физики. Элементами и средствами данного описания

¹¹ Асимптотическая свобода – триумф квантовой теории поля / Еженедельник ОИЯИ «Дубна». №40 (2004) <<http://nuclphys.sinp.msu.ru/mirrors/m017.htm>>.

служат: 1) антиунитарный оператор обращения времени¹²; 2) два элемента, две элементарные фазы временного потока вперёд и назад («зиг» и «заг», по терминологии Р. Пенороуза¹³; 3) соответствующие амплитуды вероятности для каждой фазы¹⁴. Понятно, что о двух фазах, или компонентах, времени суждение выносится не на основании того, что они, как бы сами по себе, фиксируются при измерении. На самом деле проводится косвенное измерение фазовой трансформации времени посредством использования пробной частицы или частиц, зондирующих его структуру времени. Для этих целей больше всего подходит электрон, хотя относительно недавно были открыты другие подобного рода методы, введённые в физику под знаком «кристаллы времени»¹⁵.

Но обратимся к более детальному разбору вопроса о том, какое значение для понимания сущности кварков имеет информационная (не-силовая) связь между ними. В настоящее время известно шесть кварков: «верхний» u , «нижний» d , «странный» s , «очарованный» c и, наконец, b -кварк («*bottom*») и t -кварк («*top*») (шестой кварк обнаружен в 1995 году). Каждый кварк отличается четырьмя существенными атрибутами. Во-первых, это дробный электрический заряд, который, к примеру, у u -кварка равен $+\frac{2}{3}$, а у d -кварка равен $-\frac{1}{3}$ (если принять заряд электрона равным -1 , а заряд позитрона или протона $+1$). Во-вторых, по отношению к сильным взаимодействиям, у каждого кварка имеется цвет: красный, зелёный или синий (r, g, b). В-третьих, каждый кварк обладает спином, ось которого направлена по направлению движения частицы или в обратную сторону по отношению к движению (правовинтовые или левовинтовые частицы). Наконец, как отмечает Ф. Вилчек, левовинтовые кварки обладают цветом по отношению к слабым взаимодействиям, которые обуславливают большинство радиоактивных распадов. Это – цвет пурпурный (P) для u -кварков и оранжевый (O) для d -кварков. «Любопытно, – пишет Вилчек, – что слабые силы не затрагивают правовинтовые частицы или левовинтовые античастицы»¹⁶. Но важно отметить, что «сильные и слабые взаимодействия требуют наличия пяти цветных зарядов (красный, зелёный и синий для сильных и пурпурный с оранжевым для слабых), а также векторных частиц, переводящих некоторые из этих цветов друг в друга»¹⁷. Векторные частицы в сильных взаимодействиях суть глюоны. В теории требуется всего восемь типов глюонов. Шесть из них переводят кварк одного цвета в кварк другого цвета всеми возможными способами: красный в зелёный, красный в синий, зелёный в красный, зелёный в синий, наконец, синий в красный, синий в

¹² Вигнер Е. Теория групп и её приложение к квантовомеханической теории атомных спектров. М.: ИЛ, 1961. С. 386–414.

¹³ Пенроуз, Роджер. Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной (пер. с англ.). Москва – Ижевск, 2017. – С. 531–534.

¹⁴ Антипенко Л.Г. Квантовая физика открывает перспективу решения проблемы человеческого сознания // Метафизика (научный журнал). 2016. № 2 (20). – С. 117–120.

¹⁵ Wilczek F. Quantum Time Crystals / arXiv:1202.2539.

¹⁶ Вилчек Ф. Космическая асимметрия между материей и антиматерией // Успехи физических наук. Том 136, вып. 1(январь 1982 года). – С. 158.

¹⁷ Указ. соч. С. 159.

зелёный. Оставшиеся два глюона напоминают фотон в том смысле, что переносят силу между «заряженными» частицами, но меняют заряд¹⁸.

Особым свойством цветных зарядов является ещё то, что они могут уничтожать друг друга. К примеру, сочетание одного красного, одного зелёного и одного синего кварка даёт бесцветную частицу, с которой глюоны не взаимодействуют. Предполагается, и не без оснований, что в природе встречаются только такие бесцветные комбинации кварков. Все барионы состоят из трёх кварков, по одному кварку каждого цвета. Мезоны, составляющие другую категорию сильновзаимодействующих частиц, состоят по отдельности из кварка и антикварка.

В электромагнитных взаимодействиях переносчики действия между заряженными частицами (фотоны) сами не заряжены. Напротив, глюоны, переносчики сильного взаимодействия, обладают (каждый сам по себе) соответствующими зарядами. Так как, отмечает Вилчек, глюоны действуют на цветные частицы и так как сами глюоны цветные, они взаимодействуют друг с другом. «В противоположность этому, фотон нейтрален и не взаимодействует с другими фотонами. Эта разница имеет далеко идущие динамические следствия: на малых расстояниях сильные взаимодействия ослабевают. Когда кварки расположены близко друг к другу, они связаны очень слабо, но их связь становится достаточно сильной, стоит их развести подальше». (В данном контексте достаточно большим расстоянием является 10^{-13} см)¹⁹.

Теперь вернёмся к логическому содержанию кварковой структуры материи. Напомним, что в настоящее время сильные, слабые и электромагнитные взаимодействия описываются в рамках так называемой стандартной модели, основанной на янг-миллсовской калибровочной теории. В чём суть этой теории? В теории такого рода, отвечает на этот вопрос Вилчек, источник силы связывается с сохранением соответствующего заряда. В электромагнетизме – это электрический заряд. Переносчиками электромагнитного взаимодействия являются фотоны – векторные частицы. «Взаимодействие векторных частиц, – пишет Вилчек, – с сохраняющимся зарядом – характерная черта [всех] калибровочных теорий»²⁰. Если ставится задача проследить за правилами, которыми следует руководствоваться, чтобы добиться сохранения зарядов, то следует обратиться к процедуре перенормировки, используемой в квантовой электродинамике. Как пишет М. Гелл-Манн, для того чтобы заставить теорию «вести себя разумно или, по меньшей мере, почти разумно», не остаётся ничего другого, кроме того, как сделать её *перенормировочной* теорией, устраняющей любые бесконечные величины (за исключением тривиальных бесконечностей) в контексте теории возмущений. Но это уже сделано в квантовой электродинамике, и проблема заключается в том, чтобы «сделать подобную ей теорию слабых [и сильных] взаимодействий»²¹.

Обычно констатируют, что кварки внутри протона, на близких расстояниях друг от друга, ведут себя не только как слабо взаимодействующие частицы, но и как

¹⁸ Указ. соч. С. 156.

¹⁹ Указ. соч. С. 157.

²⁰ Указ. соч. С. 156.

²¹ *Gell-Mann, Murray. The World as Quarks, Leptons and Bosons // Physics and Our World: A Symposium in Honor of Victor F. Weisskopf. New York, 1976. – P. 87.*

точечные объекты²². Но ведь то же можно сказать и об электронах и позитронах при их электромагнитных взаимодействиях или отсутствии таковых. Однако точечность и тех, и других является относительной – в отношении, как уже было указано выше, логико-информационной связи. Для её проявления нужны, по меньшей мере, два объекта. Эта коррелятивная связь действует между событиями, расставленными в пространстве. Более трудно осмыслить точечность при рассмотрении одиночного микрообъекта с его самодействием, когда он испускает и поглощает виртуальные частицы (фотоны в случае электромагнетизма). Было бы абсурдно полагать, что при этом взаимодействии частицы с самой собой она не обладает никакой пространственной структурой, является бесструктурной точкой. В случае перенормировки в квантовой электродинамике взаимодействие самих с собою электронов и позитронов наслаивается на их затравочную массу и затравочный заряд. Такая процедура представляется, однако, для многих физиков неудовлетворительной, неудовлетворительной в том отношении, что данная операция не подчиняется какому-либо логическому правилу. Поэтому нами и было предложено перенести логико-информационную связь, устанавливающую точечный статус микрообъекта, на *временную протяжённость*. В таком случае фундаментально-элементарный объект предстаёт перед нами как объект, составленный из двух частей (компонент), но эти части разнесены во времени. (В современной физике к фундаментально-элементарным объектам относятся такие частицы, как фотон, электрон и позитрон, нейтрино и антинейтрино, глюон, кварк и антикварк, и некоторые другие). Столь необычное представление оказалось возможным при переходе к квантованному времени, в рамках которого наблюдается мгновенный переход от одного периода (кванта) времени к другому (о чём уже было сказано выше).

Конечно, и в этих условиях приходится вводить в уравнения, описывающие взаимодействия частиц (электронов и позитронов) остаточную абсолютную величину массы (как и заряда), но здесь она раздваивается на массу положительную и массу отрицательную. Вместе с тем средняя масса частицы определяется амплитудами вероятности, соответствующими квантовым состояниям с положительной и отрицательной массами. Теоретически данный факт удостоверяется при полном решении квантово-релятивистского уравнения Дирака, описывающего свободное движение электрона. А его экспериментальное подтверждение даётся, в частности, при изучении нейтральных *K*-мезонов, или каонов, квантовые состояния которых осциллируют, преобразовываясь друг в друга. Здесь, по словам Шона Кэрролла, природа предоставляет нам идеального кандидата для изучения осцилляций подобного рода²³.

Сущность осцилляции нейтральных каонов вполне раскрывается, как только мы переходим к её рассмотрению на уровне фундаментально-элементарных частиц. Нейтральный каон состоит из одного нижнего (*d*)-кварка и одного странного (*s*) антикварка (\bar{s} -кварка). Антикаон, наоборот, состоит из нижнего антикварка и

²² Комар А. А., Тютин И. В. Лауреаты Нобелевской премии 2004 года: по физике – Д. Гросс, Д. Политцер, Ф. Вилчек // Природа, №1, 2005. – С. 73.

²³ Кэрролл, Шон. Вечность. В поисках окончательной теории времени (пер. с англ.). СПб.: «Питер», 2016. С. 185.

странного s -кварка. Каоны рождаются в результате сильных взаимодействий, а распадаются по типу слабого взаимодействия. Так по одному из каналов реакции слабого взаимодействия каон распадается на отрицательный π -мезон, позитрон и нейтрино. Антикаон, напротив, распадается на положительный π -мезон, электрон и антинейтрино. В соответствующих экспериментах выясняется, что время жизни нейтрального каона короче, чем время жизни нейтрального антикаона, т.е. каон распадается чаще (примерно на две трети процента), нежели антикаон. Шон Кэррол истолковывает данный факт тем, что процесс превращения каона в антикаон занимает несколько больше времени, нежели обратный процесс, т.е. процесс перехода антикаона в каон²⁴.

На самом деле никакого отрезка времени для перехода из одного состояния каона в другое не существует: такой переход происходит мгновенно, т.е. по типу редукции волновой функции в квантовой механике. Это можно видеть хотя бы на примере введения в описание процесса взаимообращения каонов двух приближённо

составленных квантовых состояний

$$K_S^0 \approx \frac{1}{\sqrt{2}}(K^0 + \bar{K}^0) \quad \text{и} \quad K_L^0 \approx \frac{1}{\sqrt{2}}(K^0 - \bar{K}^0).$$

Поскольку в них каждому члену суперпозиции заранее приписывается одна и та же амплитуда вероятности, такое описание является, с квантовой точки зрения, неточным, но здесь соблюдается элемент (мгновенной) редукции волновой функции. Допускаемая же в данном случае здесь неточность описания устраняется, когда рассматривается внутренняя, кварковая, структура каждого каона. То есть, когда каждый кварк сочетается *во времени* со своим антиподом (антикварком), но уже при наличии соответственно *разных* амплитуд вероятности для двух разных квантовых состояний.

Физико-математический урок, извлечённый из методики полного решения дираковского уравнения, может пригодиться для кварковой модели материи и в другом отношении. Если три цвета кварка (красный, зелёный, синий) суть три квантовых его (кварка) состояния, то может оказаться, что электрический заряд кварка есть усреднённая по цвету величина. Так три цвета u -кварка (красный, зелёный, синий) можно было бы соотнести с тремя значениями электрического заряда (1, 1, 0) и

получить усреднённый заряд $+\frac{2}{3}$; для d -кварка и s -кварка соответствующее распределение электрических зарядов имело бы вид (0, 0, -1) со средним значением $-\frac{1}{3}$.

Эта гипотеза была высказана самим Гелл-Манном при рассмотрении «так называемой схемы Хан–Намбу». (Эту схему (модель) сильных взаимодействий, основанную на триплетах кварков с целочисленными электрическими зарядами, создали японский физик Ё. Намбу (1921–2015) и американский физик корейского происхождения М. Хан (р. 1934). Подлинный смысл её поняли далеко не все члены физического сообщества.). Независимо, однако, от того, подтвердится ли она при дальнейшем изучении кварковой модели, ясно одно: перенормировка в теории

²⁴ Указ. соч. С. 186.

электромагнитных, слабых и сильных взаимодействий не обходится без учёта затравочной массы частиц, демонстрирующего необходимость выхода за рамки теории трёх взаимодействий в область гравитации, которая и привносит в теорию затравочную массу (массу покоя).

И, наконец, о главном из того, чему нас учит кварковая модель материи. Физики утверждают, что каждый барион состоит из трёх кварков по одному на каждый цвет, так что барион оказывается *бесцветным*. И это имеет место, несмотря на то, что в процессе взаимодействия кварки свои цвета меняют. Очевидно, что, помимо наличия между кварками силового взаимодействия, между ними реализуется как раз коррелятивная, логико-информационная связь. Поэтому нам предстоит осознать необходимость проведения перенормировки как необходимость разрешения возникающего при этом противоречия между двумя видами связей – силовых и не-силовых, – что со стороны логики даётся в форме антиномии с её противоположными аспектами: экстенциональным и интенциональным. Антиномия есть проблема, которая ещё ждёт своего последовательного, логически корректного, разрешения.

Литература

Антипенко Л.Г. Квантовая физика открывает перспективу решения проблемы человеческого сознания // *Метафизика* (научный журнал). 2016. № 2 (20). С. 111–123.

Асимптотическая свобода – триумф квантовой теории поля // *Еженедельник ОИЯИ «Дубна»*. 2004. №40. URL: <http://nuclphys.sinp.msu.ru/mirrors/m017.htm> (дата обращения: 01.06.2017)

Блум Э. Д., Фелдман Г. Дж. Кварконий. *Успехи физических наук*. 1983. Т. 139. № 3. С. 529–551.

Вигнер Е. Теория групп и её приложение к квантовомеханической теории атомных спектров. М.: ИЛ, 1961. 444 с.

Вилчек Ф. Космическая асимметрия между материей и антиматерией // *Успехи физических наук*. 1982. Т. 136. № 1. С. 149–165.

Комар А. А., Тютин И. В. Лауреаты Нобелевской премии 2004 года: по физике – Д. Гросс, Д. Политцер, Ф. Вилчек // *Природа*. 2005. №1. С. 71–73

Кэррол Ш. Вечность. В поисках окончательной теории времени / пер. с англ. СПб.: «Питер», 2016. 512 с.

Нейман И. фон. Математические основы квантовой механики / пер. М.К. Поливанова и Б.М. Степанова, под ред. акад. Н.Н. Боголюбова. М.: «Наука», 1964. 367с.

Нуцубидзе Ш.И. Труды. Т.1. Тбилиси: издательство, 1973.

Пенроуз Р. Путь к реальности или законы, управляющие Вселенной / пер. с англ. А. Р. Логунова, Э. М. Эпштейна. Москва-Ижевск: ИКИ, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2017. 912 с.

Gell-Mann, M. The World as Quarks, Leptons and Bosons // *Physics and Our World: A Symposium in Honor of Victor F. Weisskopf*. New York: American Institute of Physics, 1976. P. 85-104.

Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften // Band XXXVIII: Mathematischen Grundlagen der Quantenmechanik / von J. Neumann. Berlin: Verlag von Julius Springer, 1932. 262 S.

Heisenberg W. Ordnung der Wirklichkeit. München: Piper, 1989. 175 S.

Wilczek F. Quantum Time Crystals // Physical Review Letters. 2012. Vol. 109. № 16. arXiv:1202.2539.

References

“Asimptoticheskaya svoboda – triumf kvantovoi teorii polya” [*Asymptotic Freedom is Triumph of Quantum Field Theory*]. *Ezhenedelnik OIYAI «Dubna»*, 2004, No. 40. [<http://nuclphys.sinp.msu.ru/mirrors/m017.htm>, accessed on 01.06.2017] (In Russian)

“Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften”. *Band XXXVIII: Mathematischen Grundlagen der Quantenmechanik*, von Johann Neumann. Berlin: Verlag von Julius Springer, 1932. 262 S.

Antipenko, L. G. “Kvantovaya fizika otkryvaet perspektivu resheniya problemy chelovecheskogo soznaniya” [*Quantum physics opens the perspective of human’s conscience*]. *Metafizika (nauchnyi zhurnal)*, 2016, No. 2(20). P. 111–123. (In Russian).

Bloom, E. D., Feldman, G. J. “Kvarkonii” [*Quarkonium*]. *Uspechi fizicheskikh nauk*, 1983, Vol. 139, No. 3. P. 529–523. (In Russian)

Gell-Mann, M. “The World as Quarks, Leptons and Bosons”, *Physics and Our World: A Symposium in Honor of Victor F. Weisskopf*. New York: American Institute of Physics, 1976. P. 85-104.

Heisenberg, W. *Ordnung der Wirklichkeit*. München: Piper, 1989. 175 S.

Komar, A.A., Tyunin, I.V. “Laureaty Nobelevskoi premii po fizike – D. Gross, D. Politzer, F. Vilchek” [Nobel Prize Winners in Physics – D. Gross, D. Politzer, F. Wilczek]. *Priroda*, 2005, No. 1. P. 71–73. (In Russian)

Nuzubidze, Sh.I. *Trudy [Works]*. V.1. Tbilisi Publ. 1973. (In Russian)

Penrose, R. *Put’ k realnosti ili zakony, upravlyayushchie Vselennoi* [The Road to Reality. A Complete Guide to the Laws of the Universe], trans. by A.R. Logunov, E. M. Epshtein. Moscow–Izhevsk: 2007. 912 pp.

Wigner, E. P. *Teoria grupp i ee prilozhenie k kvantovomekhanicheskoi teorii atomnykh spektrov* [Group Theory and its Application to the Quantum Mechanics of Atomic Spectra], Trans. from English. Moscow: IL Publ., 1961. 444 pp. (In Russian)

Wilczek, F. “Kosmicheskaya asimmetriya mezhdu materiei i antimateriei” [*The Cosmic Asymmetry between Matter and Antimatter*]. *Uspechi fizicheskikh nauk*, 1982, Vol. 136, No. 1. P. 479–512. (In Russian)

Carrol, S. *Vechnost’. V poiskach okonchatelnoi teorii vremeni* [From Eternity to Here. The Quest for Theory of Time], trans. from English. Saint-Petersburg: Piter Publ., 2016. 512 pp. (In Russian)

Wilczek, F. “Quantum Time Crystals”, *Physical Review Letters*, 2012, Vol. 109. No. 16. arXiv:1202.2539.

Logic-informational estimation of quark model of matter

Antipenko L.G., Institute of philosophy RAS

Abstract: The quark model of matter is in fact clearly demonstrating the existence of two types connections: power connections and non-power connections. The first are local and realized on the basis of (causal) short-range action, the latter are non-local and realized as instantaneous correlations. The difference between the first and second connections are usually characterized by the idea of complementarity: *contraria sunt complementa*. The author of the article shows that this idea can be expressed in the language of modern mathematics logic, when one type of links is described with extensional aspect of logic, the second – with the intensional aspect. In the second aspect logic represents, in its own language, the elementary process of information transfer.

Key words: quarks and gluons, power and non-power connections, two-sided logic