

О.Х.Деревенский

ФОКУСЫ-ПОКУСЫ КВАНТОВОЙ ТЕОРИИ

«В сущности, научно-технический прогресс в XX веке происходил лишь там, где начинали понимать, что такое квантовые эффекты».

(Из сборника «Шутки больших учёных»)

Квантовая теория приводит в трепет даже многих физиков. Ох, как они горды тем, что всякие там доморощенные опровергатели основ суются со своими умничаниями в самые разные области – и в классическую механику, и в электродинамику, и, в особенности, в теорию относительности – но никто не покушается на квантовую теорию! «Даже этим олухам ясно, - веселятся академики, - что без квантовой теории люди бы до сих пор жили в пещерах и бегали с каменными топорами!» Без квантовой теории, мол, не было бы лазеров – а без лазеров, девочки и мальчики, не было бы у вас таких балдёжных дискотек! Без квантовой теории, мол, не было бы понимания того, как движутся электроны в металлах и полупроводниках – а без этого понимания, девочки и мальчики, не было бы у вас ни компьютеров, ни мобильных телефончиков!

Откуда девочкам и мальчикам знать, что всё это – шутки? Лазеры, компьютеры, мобильные телефончики – своим появлением они вовсе не обязаны квантовой теории. Эти и целый ряд других примечательных технических устройств были созданы исключительно на основе экспериментальных и технологических прорывов. А то, что называется квантовой теорией – это просто пачка изысканных математических процедур, с помощью которых задним числом описывали эмпирические факты из жизни микромира. Почему – задним числом? Так ведь факты были совершенно неслыханные!

Видите ли, классическая физика имела дело с объектами и процессами, которые можно было наблюдать глазом, пусть даже и вооружённым. Физические величины при таких процессах изменялись неразрывно – последовательно принимая *все* значения из некоторого диапазона. Например, когда камень летел по параболе из точки А в точку В, то, на глаз, он последовательно проходил через *все* точки этого отрезка параболы. А теоретические формулы конструировались по принципу «что вижу, то пою». Вот и выходило, что в формулах классической физики неразрывность изменения физических величин была защита намертво. Ничего здесь не изменило даже изобретение дифференциального и интегрального исчисления: хотя там

использовалась идея разбиения интервала изменения физической величины на мелкие одинаковые кусочки, в пределе-то величина этих кусочков устремлялась к нулю, и в итоге получалась всё та же неразрывность. Но оказалось, что подход, заквашенный на неразрывности, совершенно непригоден для описания явлений микромира. В микромире, куда ни ткнишь, во всём царит дискретность. Физические величины принимают не любые значения, а выделенные – из дискретного набора. Состояния изменяются скачкообразно, а не плавным перетеканием друг в друга. И главная проблема, которая здесь возникла, была связана вовсе не с конструированием математического аппарата, который блестяще описывал бы дискретность. Неизменно получалось так, что великие теоретики, потратив 10% своей умственной энергии на блестящее описание, далее тратили оставшиеся 90% на то, чтобы выискивать физический смысл, который скрывался за этим блеском. Поиски велись до хрипоты, до истерик и горячек. Это у них называлось «драма идей». При классической физике подобные страсти даже в страшном сне не могли присниться – с физическим смыслом проблем не было...

Помните, дорогой читатель, какой вопрос у вас возник, когда вы обнаружили, что телевизионное изображение – не сплошное? Футболисты по полю чешут, мяч туда-сюда пинают – и всё это из отдельных точек! Вопрос, наверное, возник такой: «Ух ты, а как это сделано?» Это очень правильный вопрос: хотя логическое ударение в нём приходится на слово *как*, в нём сама собой подразумевается *сделанность*. Ну, вот: физики попали в аналогичную ситуацию – обнаружив дискретность в микромире. Небось, все они чувствовали – кто спиной, кто кожей, кто задницей (интуицией, короче говоря) – что эта дискретность не может быть самодостаточна. Как может быть самодостаточен мир, который на фундаментальном уровне оказывается «цифровой»? Экспериментаторы добрались до границы, на которой происходит качественный скачок – от физической реальности к надфизической, благодаря которой физическая реальность трепыхается. Благодаря которой существуют частицы вещества – с заданными физическими свойствами и вариантами физических взаимодействий, в которых они могут участвовать... Но нет! Так рассуждать теоретикам положение не позволяло: нельзя-с, антинаучно-с! Ибо, по-ихнему, нет иной реальности, кроме физической! Вот и принялись они искать первопричины несамодостаточной сущности – физической реальности – в ней же самой. А поскольку этих первопричин в ней нет, то их приходилось – как бы помягче выразиться – придумывать. От каждой такой удачной придумки, непонимание происходящего в микромире

всё приумножалось и приумножалось. Но теоретики – весёлый народ! Углубление непонимания они с помпой выдавали за углубление понимания. Конечно, для этого им приходилось ух как щёки надувать!

А началось всё с какого-то, не в обиду будь сказано, пустячка. В конце XIX века атом представляли как осциллятор, а свет – как волны в эфире. Эти представления классической физики обладали мощной эвристической силой: не вдаваясь в подробности о том, что там осциллирует в атоме, и о том, как там устроен эфир, можно было вполне сносно разъяснить кучу вещей – излучение-поглощение, дисперсию... Но не равновесный (тепловой) спектр, который на малых и на больших частотах спадал в ноль, а где-то посерединке имел максимум, положение которого зависело от температуры излучающего объекта. «Ах, доктор, поверьте, у меня такая драма! С одной стороны, есть формула Рэля-Джинса, которая работает только на низких частотах, а на больших – лезет в бесконечность! С другой стороны, есть формула Вина, которая тоже только там и хороша. А страсть как хочется единую формулу, которая давала бы всё сразу – и оба хвоста, и горб. Умоляю, помогите!» Ну, добрый доктор Планк и помог: прописал нужную формулу. Знаете, уже позже, подобные формулы стали называть «полуэмпирическими» - в этом шуточном эпитете содержится тонкий намёк на то, что теоретики вкалывали не меньше, чем экспериментаторы. Ну, а Планк проскочил – его формула так и осталась просто формулой. Тем более, что он, окрылённый успехом, быстренько разобрался с подгоночными коэффициентами. Оказалось, что если одному из них приписать значение $6.63 \cdot 10^{-27}$ эрг·с, то достигалось, как говорится, блестящее согласие с опытом.

Впрочем, насчёт «блестящего согласия» - это только для красного словца говорится, а на самом деле там творилось такое, от чего неподготовленного фаната квантов может кондрашка хватить. Распоследнему такому фанату известно, что выражение для одного и того же электромагнитного спектра можно написать двояко: так, чтобы аргументом являлась либо частота, либо длина волны. Ну, вот: оба этих варианта Планк и забабахал. На взгляд-то они хороши... Но прикиньте – совпадают ли положения их максимумов. Дело нехитрое: там и там берётся производная по аргументу, и приравнивается нулю. Далее останется лишь привести результаты к какой-то одной физической величине – например, к энергии, удачно выражаемой в единицах kT , где k – постоянная Больцмана, а T – абсолютная температура. И окажется, что – у одного и того же спектра! – максимум, который даёт длин-волновое выражение Планка, соответствует энергии $4.97kT$, а максимум, который даёт частотное выражение Планка, соответствует энергии $2.82kT$. Проверено

электроникой!

Немного поразмыслив, можно прийти к выводу: при таких делах, оба варианта формулы Планка не могли быть в блестящем согласии с опытом. И, точно, на опыте блистал лишь длин-волновый вариант. Как это было? Излучение нагретого объекта направляли на фотоприёмник через монохроматор, прокалиброванный по длинам волн. Перестраивая монохроматор, перемещались по спектру. Максимум сигнала с фотоприёмника давал положение максимума спектра, которое соответствовало энергии $5kT$. А частотный вариант формулы Планка никто на опыте не проверял. Причин для этого было множество – особенно если учесть, что в требуемом диапазоне все спектральные приборы работают с длинами волн, а не с частотами.

Тут бы физикам покаяться – мол, с частотным вариантом неувязочка вышла, поскольку он даёт совершенно неверные предсказания. Так ведь нет! Понимаете, интегрировать частотный вариант формулы Планка несравненно приятнее, чем длин-волновый. Поэтому именно в частотный вариант теории и вцепились. Его не только сохранили – его-то дальше и окучивали. Неслыханно: всю теорию строили на одной формуле, а для блестящего согласия с опытом подсовывали другую, подставную! Публике об этом говорить не стали, чтобы её не расстраивать. Она же думала, что на подобные штуки горазды только шулеры какие-нибудь, но уж никак не учёные мужи. А сами учёные мужи, по-видимому, рассчитывали на то, что «время лечит», т.е. что со временем забудется, из чего была слеплена конфетка. Которой впоследствии вскормилась добрая половина теорфизики...

Влип Планк, чего уж там. Впрочем, он делал всё что мог – пытаюсь прояснить физический смысл, который скрывался за его формулой. Вон, что это за постоянная вылезла, с размерностью «энергия на секунду»? Умножение этой постоянной на частоту давало энергию. Но энергию чего? Для конкретной частоты эта энергия тоже конкретная: столько-то долей джоуля. Но равновесный спектр – сплошной; и количество частот в нём бесконечно. Помножь их всех на постоянную, да просуммируй – бесконечную энергию и получишь. Ну, хоть волком вой! Впрочем, погодите, волчатки мои: можно немного сжульничать и разбить сплошной спектр на интервальчики, на каждом из которых частоту считать постоянной. И тогда всё срастётся: нужный спектр получится, если в каждый интервальчик вклеить нужное число конкретных порций энергии! Тех самых!

Казалось бы, дальше всё совсем просто? Отнюдь. Смотрите: распределение энергии в спектре излучения-поглощения удачно моделируется набором порций энергии – набором квантов. Что это

означает физически? Тут были разные мнения. Планк поначалу полагал, что кванты проявляются лишь при взаимодействии атомов с морем электромагнитной энергии, т.е. что порциями происходит лишь обмен энергией между атомами и этим морем. Эйнштейн пошёл дальше, полагая, что электромагнитная энергия порциями не только излучается-поглощается, но и распространяется, т.е. что само «море энергии» состоит из отдельных квантов. Здесь-то настоящие трудности и начались. Потому что здесь, наконец-то, проклюнулся физический смысл. А с физическим смыслом у квантовой теории отношения весьма своеобразные: что для физического смысла хорошо, то для квантовой теории – смерть. И наоборот.

Вот, посудите сами. Забыв обо всём на свете, физики просто с ума сходили, мучаясь над глупейшими вопросами. Если энергия кванта света зависит только от частоты, то, к примеру, сколько раз должно что-то колебнуться в кванте с этой частотой, чтобы энергия кванта была в точности равна произведению постоянной Планка на эту частоту? Дичь какая-то! А ведь эта дичь ещё передавала свою порцию энергии атому, отчего в нём что-то осциллировало. Только энергия этих осцилляций зависела уже от двух параметров: от частоты и амплитуды. Спрашивается: каким же чудесным образом энергия трепыханий, зависящая только от частоты, превращается в энергию трепыханий, зависящую от частоты и от амплитуды? Вот, с какой амплитудой и сколько раз должен трепыхнуться атом, чтобы отработать поглощённый световой квант?..

Сегодняшние академики такими вопросами, конечно, не мучаются. «Мы же не дураки, – поясняют они. – Потому и появилась квантовая теория, что перестали работать старые подходы!» Ну, ну. Старые подходы работать перестали, а новые – заработали, что ли? Или шулерство в вопросе о согласии с опытом – это и есть «новые подходы»? Тогда позвольте вас поздравить: рождение квантовой теории прошло как нельзя лучше! Лихо разобравшись с равновесным спектром, новорожденная направила свой прищуренный взор на учение об атомах. И, с улыбочкой, многообещающе потёрла ладошки одна о другую...

Вообще-то, тогдашние представления об атомах и впрямь были чересчур примитивными: компоновку положительных и отрицательных зарядов приходилось додумывать. Так, пользовалась популярностью модель Томсона, в которой почти вся масса атома и его положительный заряд мыслились распределёнными по некоторому шаровому объёму, а отрицательные электроны мыслились вкраплениями, как «изюм в пудинге». Но вот лаборант Резерфорда обнаружил, что, при обстреле тончайшей фольги альфа-частицами,

часть из них отскакивает назад. Такое возможно, если почти вся масса атома сосредоточена в очень малой части его объёма. Отсюда у Резерфорда родилась идея об атомном ядре, которому присуща почти вся масса атома и положительный заряд – а заодно идея о том, что электроны, чтобы не упасть на ядро из-за кулоновского притяжения, должны вокруг него обращаться, будучи удерживаемы центробежными силами.

Как и сейчас, тогда мало кто понимал, что центробежная сила не может действовать на элементарную частицу. Она может действовать лишь на структурное образование из элементарных частиц, возникая из-за радиального градиента их линейных скоростей вращения. А обращение электрона вокруг ядра нисколько не препятствовало бы падению на него. К тому же, непонятно, какие таинственные силы обеспечивали бы восстановление электронных орбит после их возмущений. Вот, для сравнения: спутник на околоземной орбите. В результате небольшого возмущения – например, кратковременного включения двигателя – свободный полёт продолжается уже по новой орбите. Здесь никаких восстанавливающих сил нет. А в атомах они непременно должны быть, потому что атомные конфигурации имеют запас устойчивости. А также – механизм самовосстановления. Об этом свидетельствуют и воспроизводимость размеров атомов, и характеристические атомные спектры излучения-поглощения. И, ведь, самовосстанавливаться есть после чего. Вон, при столкновении пары спутников, запущенных во встречных направлениях и летящих со скоростями в несколько километров в секунду, от них останется мало чего пригодного к употреблению. А орбитальные скорости электронов в атомах, по теоретическим раскладочкам, составляют пару тысяч километров в секунду. Прикиньте-ка, что будет даже при лёгком соприкосновении двух атомов, электроны которых столкнутся своими лобешниками. Ну, допустим, что лобешники у них достаточно железобетонные, так что ошмётки от электронов не полетят. Но ведь их орбитальное движение, как бы, немного нарушится, правда? А теперь вспомните, что в газах, при нормальных условиях, из-за теплового движения атом испытывает примерно миллиард столкновений в секунду. И – ничего, остаётся самим собой. Живучий, стервец! Тут академики попытаются нас образумить – мол, обращение электронов происходит так быстро, что имеет смысл говорить о непроницаемости орбит, из-за которой атомы в газах и отскакивают друг от друга при столкновениях, а электроны разных атомов никак не могут «столкнуться лобешниками». Позвольте, а куда же девается эта непроницаемость орбит, когда атомы, пардон, вступают в химическую связь? Али вы подзабыли, насколько глубоко они при этом проникают

друг в друга? Так посмотрите в справочниках: раздел называется «Размеры молекул». Не редкость, что расстояние между центрами атомов в молекуле меньше, чем радиусы самих атомов! Ну, полная гармония: когда хочется, на тебе проницаемость, а когда не хочется, на тебе непроницаемость! И, в чём разница – со стороны совершенно незаметно! Да... *такие* представления об атомах только и надеялись на ревизию, как на избавление...

Но пришло не избавление, а безысходность пуще прежней. Понимаете, нельзя было ревизию мотивировать тем, что, мол, планетарная модель атома, господа, годится лишь для наивных чукотских девушек. Не дай Бог, кто-нибудь обиделся бы. Поэтому повели такую политику: «Ах, какая она замечательная, планетарная модель! У неё всего один недостаток! Связанный с излучением электрона, движущегося по орбите! Устранить этот недостаток – и будет полный ажур!» Это они вот о чём. По классическим представлениям, осцилляции электрона в атоме означали его пребывание в возбуждённом состоянии: при поглощении электромагнитной энергии эти осцилляции «раскачивались», а, предоставленные самим себе, затухали – но при этом запасённая электромагнитная энергия излучалась. Теперь, смотрите-ка: что такое орбитальное движение электрона в планетарной модели? Да не что иное, как его двумерные осцилляции! Никто отчего-то не пояснял, откуда это орбитальное движение бралось – кто это так удачно давал электрону пинка нужной силы и в нужном направлении. Но все сходились в том, что, выйдя на атомную орбиту после этого удачного пинка, предоставленный самому себе электрон начал бы терять энергию на излучение. И очень быстро потерял бы её всю, за несколько оборотов упав на ядро. Выходила нелепица: атомы, мол, долго жить не должны, а они живут. Вот, мол, в какой тупик заводят классические представления при умелом пользовании! Ищи, мол, теперича выход из этого тупика!

Тут-то опять и сработал квантовый подход, на основе которого Бор предложил на редкость блистательный выход. Учитесь, студенты: если проблема связана с излучением движущегося по орбите электрона, то эта проблема устраняется простеньким постулатом о том, что движущийся по орбите электрон не излучает. Делов-то, господи! Только требовались ещё кой-какие уточнения. Судя по обилию линий в атомных спектрах, в атомах допустимы целые наборы волшебных орбит, на которых электрон не излучает. А, дескать, излучает он только при перескоке с одной орбиты на другую, более низкую. Соответственно, поглощает он при перескоке на орбиту более высокую. Причём, такие излучения-поглощения с очевидностью

должны происходить порциями, т.е. квантами – в великолепном, мол, согласии с гипотезой Планка!

Стойте, стойте! Позвольте вам напомнить, что в гипотезе Планка квант имеет физический параметр – частоту. Только этой частотой и определяется величина порции энергии. И, вот – оп-ля! – эта порция энергии поглотилась атомом, отчего его электрон сиганул на более высокую орбиту. Спрашивается: что же при этом колебнулось в атоме с частотой кванта? Ответ на этот вопрос искали долго, до мелькания чёртиков в глазах, так что можно с полной определённостью сказать: ничего там, в атоме, с частотою планковского кванта не колеблется. Так-так. Вот, значит, о чём вы умалчиваете, любезные! Значит, когда планковская порция энергии находится в атоме, то её величина определяется вовсе не частотой?! Это называется – согласие с гипотезой Планка? Вы ещё скажите, что при поглощении кванта атомом, энергия кванта банально превращается в прирост энергии орбитального движения электрона – так что от бывшей частоты кванта остаётся одно воспоминание. Ладно, но тогда каким макаром возобновляются трепыхания на той самой частоте при обратном процессе – когда квант излучается? Может, в атомах имеются портативные аналого-цифровые преобразователи? Валяйте, не стесняйтесь!

Тут академики опять попытаются поставить нас на место – мол, отчего это автор делает акценты на какой-то ерунде-мелочёвке, когда главное содержание постулатов Бора совсем другое! Это оттого, чтобы вас подготовить. Перед тем, как сделать акцент на главном содержании. Оно ведь сводится к чему? К тому, что атом может поглотить и излучить только резонансные порции энергии, которые равны разностям энергий движения электрона на тех самых, стационарных боровских орбитах. Это и есть «главное содержание» - центральный догмат квантовой теории. Как можно было дойти до жизни такой? Ведь у атомов различных химических элементов различны и системы стационарных орбит, а, значит, и соответствующих квантовых уровней энергии, а, значит, и разностей между ними. Тогда из центрального догмата следует, что без специальных мер, сдвигающих или уширяющих квантовые уровни, излучённый атомом одного элемента квант не может быть поглощён атомом другого элемента. Ей-богу, в такой ситуации даже этой троице – двум атомам и одному кванту – стало бы не по себе от осознания идиотизма происходящего. «Универсальное взаимодействие», растудыт его, которое оказывается «только для своих»! И нам ещё морочат головы про то, что лазеры появились благодаря квантовой теории?! Не «благодаря», любезные, а «вопреки»: в первых лазерах

использовалась широкополосная накачка лампами-вспышками! А это прямое экспериментальное опровержение вашего центрального догмата: резонансное излучение генерируется в результате поглощения нерезонансных квантов накачки, энергия которых больше энергии лазерного перехода! Или вот ещё: облучают вещество заведомо нерезонансным ультрафиолетом, и оно флуоресцировать начинает – на длине волны, в точности соответствующей разности энергии облучения и энергии ближайшего нижерасположенного квантового уровня в этом веществе!

Впрочем, о чём это мы распелись? Теоретики нынче пошли какие-то особенные, закалённые: убийственными опытными фактами их уже не прошибёшь. Чихать они на них хотели. Единственное, что их ещё может пронять, так это убийственное противоречие в обожаемой теории. Ладно, сделаем! Если по-другому – никак. Надо всего лишь сопоставить пару первых же квантовых достижений. То, которое воспевают равновесный спектр – как мы помним, сплошной – и то, которое обязывает атомы поглощать и излучать только резонансные порции энергии, т.е. обязывает их спектры излучения-поглощения быть дискретными... Что же у вас получается, закалённые вы наши? Что атомы не могут быть источниками равновесного излучения?! И не могут участвовать в равновесном радиационном теплообмене?! Но тогда нужно было сразу же объявить термодинамику лженаукой и выкинуть её в специально отведённое место. Отчего же не объявили, не выкинули? Не нашлось, что ли, желающих ручки марать? Э, нет, тут были мотивы более высокоидейные: а ну как специалисты по термодинамике развернулись бы – да хорошенько дали в ответ? Моментально бы прояснилось, что в равновесном радиационном теплообмене атомы непременно участвуют – а как же иначе! И что в специально отведённое место нужно отправлять не термодинамику, а квантовую теорию. Поэтому квантовикам-затейникам, и вправду, лучше было помалкивать. И, при встрече даже с заштатным термодинамиком, вежливо с ним раскланиваться. Чтобы публика ни о чём таком не догадалась.

И, главное, теперь надо было на каждом углу тархтеть про постулаты Бора: если на них как следует зациклиться, то кошмар с равновесным сплошным спектром забудется, мол, сам собой. А для пущей важности – давай-ка сюды притягивать за уши опытные свидетельства о том, что кванты световой энергии – это конкретно настоящие частицы. Чтобы никаких сомнений на этот счёт не оставалось, как в случае с фотоэффектом. А то, действительно, стыдно было любимым девушкам в глаза смотреть: облучаешь металлическую

пластинку ультрафиолетом, да и вышибаешь оттуда электроны – но каждый такой электрон вышибается так, словно хватанул лишь порцию энергии, но не порцию импульса! Словно его только припекло, но не пнуло! Причём, «не пнуло» - это ещё мягко сказано: фотоэлектроны-то вылетали из освещённой стороны пластинки, т.е. навстречу вышибавшим их квантам. Как это у них так весело получалось, никто из квантовиков объяснить не брался, даже Эйнштейн: его знаменитое уравнение фотоэффекта описывало лишь баланс энергий при вышибании электрона квантом. Этого было мало: хотелось свидетельств о том, что кванты света переносят не только энергию, но и импульс.

А откуда же их было взять? Вон, смелую гипотезу о том, что хвосты комет образуются из-за давления солнечного света, выдвинул ещё Кеплер в 1619 г. Ну, ему было простительно: он же не знал, что от Солнца разлетается поток высокоэнергичных частиц – т.н. солнечный ветер. «Да наплевать на этот ветер, - разьяснят вам специалисты, - солнечный свет давит гораздо сильнее!» Они это вот с чего взяли: зная концентрацию и скорость частиц солнечного ветра на радиусе орбиты Земли, рассчитали результирующее давление и сравнили его с расчётным давлением, полученным на основе потока световой энергии – т.н. «солнечной постоянной». При таком раскладе получается, что солнечный свет давит на три порядка сильнее, чем солнечный ветер. Но заметьте: солнечная постоянная описывает поток энергии в огромном сплошном спектральном диапазоне, а молекулы, которыми «газит» ядро кометы, рассеивают свет селективно. Если это учесть, то давление солнечного света окажется на порядок меньше, чем давление солнечного ветра! Тут специалисты помычат-помычат и укажут нам на то, что расчёты, вообще-то, ничего не доказывают. Так вам, дяденьки, доказательства нужны? А чем же вы занимались последнюю сотню лет, когда доказательства были перед вами на блюдечке? Разве вы не знаете, что в годы активного Солнца интенсивность солнечного ветра возрастает на порядок, а световой поток от Солнца остаётся постоянен? Если хвосты комет формируются, главным образом, солнечным ветром, то у этих хвостов должна наблюдаться разница при спокойном и активном Солнце, а если здесь главную роль играет световое давление, то разница наблюдаться не должна... «Молчать, шума не поднимать! – шушукались астрономы. – Если что – всё отрицать!» К счастью, нашёлся отважный астроном Бирманн, который во всеуслышание заявил, что названная разница наблюдается. Значит, хвосты комет свидетельствуют вовсе не о том, что свет давит.

А как там насчёт знаменитых опытов Лебедева? Ведь нас учат, что виртуозность экспериментаторского искусства здесь была такова,

что световому давлению ничего не осталось, кроме как обнаружиться. Смотрим... Свет от электрической дуги направлялся на мишеньки из тонкой фольги, прикрепленные к крылышкам лёгких крутильных маятников. Мишенька освещалась то с одной, то с другой стороны – не для раскачки маятника, а для смещения нулевого положения его колебаний. По величине этого смещения и делался вывод о силовом эффекте от светового давления. Но ведь ещё здесь вмешивались радиометрические силы: из-за того, что температура остаточных газов несколько выше с освещённой стороны мишеньки, чем с неосвещённой, возникает соответствующая разница давлений. Чтобы уменьшить этот эффект, баллон с маятником откачивали – но полностью радиометрические силы, конечно, не устранялись. Как же можно было убедиться в том, что давил именно свет? А вот как. Согласно теории Максвелла, давление света на абсолютно отражающую поверхность в два раза больше, чем на абсолютно поглощающую. Вот Лебедев и виртуозничал с двумя типами мишенек: с зеркальными и чёрными. Но вышел конфуз какой-то: силовой эффект для зеркальных мишенек оказался всего в 1.2-1.3 раза больше, чем для чёрных. К гадалке не ходи – это радиометрические силы развились... Что интересно: спустя десятилетия, опыты Лебедева можно было повторить в условиях несравненно лучшего вакуума, устранив радиометрические силы подчистую. Удача сама лезла в руки – да что-то не нашлось охотников сгрести её в охапку. Оскудела, что ли, земля виртуозами экспериментаторского искусства? Ну, что вы! Дело, похоже, вот в чём: когда эти виртуозы устраняли радиометрические силы, то пропадал и силовой эффект. А чтобы публика об этом не догадалась, придумали игрушку с очаровательным названием: «радиометрическая вертушка». Светишь на её крылычатку, а она и вертится. «Пусть вас не смущает название игрушки, - разъяснили балбесам, - она вертится из-за давления света!»

Впрочем, для квантовой теории подобные закидоны про давление света были – что называется, сбоку припёка. А хотелось ей гораздо большего: свидетельств о том, что импульс переносится *отдельным квантом*. Добыть такое свидетельство – это вам не то, что подшипники у вертушки смазывать, и не то, что подглядывать, как кометы хвостами машут. Квант нельзя было ни увидеть, ни потрогать. Поэтому нужные свидетельства были получены силой великих мыслей. А точнее – силой великих домыслов.

Взять хотя бы историю Комптона – у него получилось, в некотором роде, эффектно. Была такая странность при рассеянии рентгеновских лучей на мишенях из лёгких элементов: длина волны сдвигалась, причём этот сдвиг зависел лишь от угла рассеяния. Но это

было странно с позиций классической, т.е. волновой, теории. А Комптон попробовал применить квантовый подход, в котором рентгеновскому кванту приписан импульс. Предполагалось, что квант, со своим приписанным импульсом, соударяется со «слабо связанным» атомарным электроном и выбивает его из атома, превращая его в «электрон отдачи». Тогда из законов сохранения энергии-импульса следовало уменьшение энергии рассеянного кванта – в соответствии с наблюдавшимся увеличением длины волны! Ну, Комптон и обтяпал это дело так, что ахнули почти все – кроме, разве что, специалистов по рассеянию рентгеновских лучей. Они-то знали, что этот ловкач соловьём заливался лишь про компоненту с увеличенной длиной волны, но помалкивал про компоненту с настолько же уменьшенной длиной волны. Ибо, если говорить всю правду, то пришлось бы делать грустные выводы. Либо законы сохранения энергии-импульса в половине случаев работают, а в половине – нет. Либо, что более разумно, приписанный кванту импульс – это полная туфта... «Ты, Комптон, главная штука, не тушуйся, - утешали друзья-экспериментаторы. – Мы твой эффект поддержим!» И кинулись поддерживать: доказывать на опыте, что рассеянный квант и «электрон отдачи» ведут себя правильно, т.е. вылетают одновременно и разлетаются именно под теми углами, какие требуют законы сохранения. Об этих поддерживающих опытах в учебниках пишут очень скупо, без подробностей. Это понятно. Если студенты узнали бы подробности, они оценили бы «доказательную силу» этих опытов: хохот грянул бы гомерический.

Таким вышел первый блин на кухне, где стряпали доказательства переноса импульса отдельным квантом. Но вот, из этой кухни опять запахло чем-то свеженьким. На этот раз дело касалось гамма-квантов, которые капризничали, не желая резонансно поглощаться, хотя у ядер-поглотителей имелся такой же квантовый переход, как и у ядер-излучателей. «Это всё из-за того, - втолковывали теоретики, - что гамма-квант сообщает импульс отдачи как излучающему его ядру, так и поглощающему – отчего их изначально совпадавшие спектральные линии разъезжаются, из-за эффекта Доплера, на величину, превышающую их ширины». Ну, ну. Вообще-то, спектральная линия излучателя испытывает доплеровский сдвиг тогда, когда соответствующая скорость у излучателя *уже имеется*. В рассматриваемом же случае, ядро-излучатель приобретает отдачу *в результате* излучения кванта. Значит, на момент излучения, никакого сдвига линии ещё нет. Мы говорим «на момент», поскольку Первый Сольвеевский конгресс чётко постановил: квант излучается мгновенно. (Правда, тогда ядро, приобретая импульс отдачи, должно двигаться с

бесконечным ускорением. Ну, мало ли... открытий чудных. Умом которых не понять!) Само собой, поглощается квант тоже мгновенно. Значит, и здесь – тот же номер: сначала должно произойти поглощение, и лишь потом появился бы результирующий сдвиг линии. Когда процесс, на который этот сдвиг, якобы, влияет, уже закончился! Не работает толкование про разъезжание спектральных линий из-за эффекта отдачи! А ведь как красиво выходило: когда Мёссбауэр обнаружил, что резонансное поглощение получается, если ядра-излучатели и ядра-поглотители встроены в кристаллические структуры, находящиеся при достаточно низкой температуре – был сделан логичный вывод о том, что здесь отдача воспринимается не единичным ядром, а всем кристаллом, становясь при этом, практически, нулевой. Тут же разродились славненькой теорией, согласно которой мёссбауэровский режим наступает, когда температура кристалла становится ниже т.н. дебаевской температуры. Ну, и опять промашечка вышла. Вон, у железа наблюдается мёссбауэровское поглощение для перехода 14.4 кэВ при температурах вплоть до 1046°К, хотя дебаевская температура у железа равна 467°К. Чихало железо – и не только оно! – на вашу славненькую теорию. Ибо для каждой длины волны гамма-излучения – своя температура перехода в мёссбауэровский режим! А, знаете, почему? Да вроде как потому, что в обычных условиях резонансному поглощению мешает вовсе не эффект отдачи, а доплеровские сдвиги из-за тепловых колебаний ядер. При понижении температуры, размах этих колебаний уменьшается, и, наконец, он становится меньше, чем рабочая длина волны гамма-излучения. А известно, что если размер области, в которой движется излучатель или поглотитель, меньше длины волны излучения, то линейного эффекта Доплера нету. Ну, вот и наступает мёссбауэровский режим. Причём, в этом режиме, когда доплеровские сдвиги из-за тепловых колебаний ядер пропадают, кристалл превращается в великолепный интерференционный фильтр: сверхузкие мёссбауэровские линии говорят не о свойствах квантовых переходов в ядрах, а о свойствах структуры кристалла! Не верите? Так это легко проверить: если здесь дело в свойствах структуры кристалла, то для монокристалла должна наблюдаться... анизотропия эффекта Мёссбауэра! Проверено: так и есть. Тихий ужас какой-то! Если кто-то до сих пор верит в «эффект отдачи» из-за гамма-кванта, пусть-ка объяснит эту самую анизотропию. Причём, пусть исходит из того, что в мёссбауэровском режиме у кристалла подразумевается абсолютная жёсткость, при которой «отдача» воспринимается «всем кристаллом» одинаково во всех направлениях! Ну, кто? Куда же вы попрятались, сладкоголосые?

Может, вы оскорбились в своих лучших чувствах? Понимаем... Вам же, небось, в детстве рассказывали сказки про фотонные ракеты – вот уж где отдача, так отдача! Но кто же виноват в том, что с возрастом вы так и не поняли, что это были сказки?

В этом месте верующие в то, что кванты света переносят импульс, выкладывают последний аргумент – на их взгляд, совершенно убойный. В 1960 г. на околоземной орбите заработал американский спутник «Эхо-1» - 30-метровый сферический надувной баллон с металлизированным покрытием. Отношение массы к площади поверхности у него было ничтожным. И вот, его орбита стала сильно эволюционировать – как будто солнечный свет и впрямь на него давил. Казалось бы, случай чистый. Ан нет! Вредное ультрафиолетовое излучение Солнца должно было вырывать электроны из поверхности спутника, заряжая его положительно. Компенсирующий приток электронов из окружающего пространства происходил бы не симметрично: из-за магнитного действия фотоэлектронов, летевших, в основном, в сторону Солнца, притекавшие электроны формировали бы область избыточной концентрации отрицательного заряда с противосолнечной стороны от баллона. Этот избыточный отрицательный заряд притягивал бы положительно заряженный баллон – вот вам и сила, тянувшая баллон в направлении «от Солнца». Оценки величин показывают: этот механизм совершенно реалистичен. Тогда доказывает ли случай со спутником «Эхо-1», что свет производит давление? Угадайте! Теоретикам угадать будет сложно – уж больно крепка их вера. «Веруем – что в звёздах-гигантах свет, идущий из недр, сдерживает гравитационное сжатие! Веруем, что в эпицентре ядерного взрыва давление света так велико, что ударная волна им и порождается! Кто не верит – сунь туда пальчик, проверь!»

Но вернёмся в бурное начало XX века, когда теоретикам пришлось туго из-за простого вопроса: если свет – это полноценные частицы, то откуда же у света берутся волновые свойства? Взять хотя бы явление интерференции, когда свет падает на систему из множества параллельных щелей. То, что происходит дальше, волновая теория объясняет, ничуть не напрягаясь. Волновой фронт, проходя сквозь эти щели, дробится на множество участков, которые становятся источниками вторичных волн. Складываясь, эти вторичные волны либо усиливают друг друга, либо, наоборот, гасят – в соответствии с разностью фаз, которая зависит от направления распространения света за щелями. Отчего на экране и получается интерференционная картинка: чередующиеся светлые и тёмные полосы. Прекрасно, но как объяснить происхождение этой картинки с квантовых позиций? По этой картинке, кстати, и судят о длине волны

света. Что такое длина волны у волны – это понятно. А что такое длина волны у кванта? И если квант – полноценная частица, то он должен пролетать сквозь какую-то одну щель, а не сквозь несколько щелей сразу. Откуда же тогда взяться интерференционной картинке? Причём: чем больше щелей, тем эта картинка резче. Что же получается: квант пролетает сквозь одну щель, но каким-то образом чувствует все остальные?

Сначала попробовали обойтись здесь лихим наскоком. Мол, каждый квант проходит сквозь одну щель, но полосы получаются, когда квантов пролетает много. Вот они и взаимодействуют друг с другом. Пусть, мол, не вполне понятно, что такое длина волны у кванта, но она у него, безусловно, есть. Ну, и всё! Разные кванты проходят сквозь разные щели при разных фазах своих волн – вот и накладываются потом друг на друга, отчего и получается картинка! Да уж... до щелей-то кванты тоже друг на друга накладываются – а где же она там, картинка? И ещё: если фазы квантов при прохождении щелей распределены случайным образом – а это обычное дело при нелазерных источниках света – то из названного лихого объяснения никак не следует, что на экране получится система светлых и тёмных полос. И, чтобы дальше не трепаться зря насчёт интерференционной картинки, как результате взаимодействия квантов друг с другом, добавим вот что. Были специально поставлены опыты при сверхмалых световых потоках: кванты летели, практически, поодиночке – и нужно было долго-долго ждать, пока этих квантов пролетит достаточно для того, чтобы на результирующей фотке удалось что-нибудь разглядеть. Выяснилось: картинки, полученные при обычных световых потоках и малых временах экспозиции, идентичны картинкам, полученным при сверхмалых световых потоках и достаточно больших временах экспозиции. Вот вам и «взаимодействие квантов друг с другом»! Кстати, результаты этих опытов оказали на некоторых теоретиков жуткое воздействие. «Раз уж полосы получаются даже тогда, когда кванты летят поодиночке, - рассудили они, - то имеем право допустить, что каждый квант рисует сразу всю картинку, только очень слабенькую. А с каждым новым квантом вся эта картинка только усиливается!» Их послушать – так каждый квант размазывается на весь экран. Или – на всю фотопластинку. Дяденьки, да вы хоть раз рядом с физической лабораторией стояли? Хоть одну фотопластинку проявили? Ну, хотя бы поинтересуйтесь, что такое фотографические зёрнышки, из которых эти пластинки состоят. Чтобы зёрнышко сработало, оно должно поглотить квант целиком! Реалии таковы: каждый квант попадает *в одну точку* на фотопластинке – как при обычных световых

потоках, так и при сверхмалых. Просто в первом из этих вариантов светлые и тёмные полосы получаются быстренько, а во втором – нужно ждать, пока они нарисуются. Из отдельных точек! Но это значит, что если квантам присущи волновые свойства, то они присущи каждому кванту в отдельности!

Дальше – больше. В оптических приборах широко используется т.н. просветлённая оптика – у которой, по сравнению с обычными линзами, меньше обратное отражение, и, соответственно, лучше пропускание. Не секрет, что нужно сделать, чтобы оптика получилась просветлённая – но при попытке разобраться, как эта штука работает, можно запросто свихнуться. Смотрите: на поверхность линзы, отражение от которой требуется уменьшить, наносят тонкослойное покрытие. Его толщина подбирается для света из желаемого диапазона таким образом, чтобы при отражениях волнового фронта от двух поверхностей раздела – «воздух-покрытие» и «покрытие-линза» - разность фаз соответствовала нечётному числу полуволн (две волны с такой разностью фаз гасят друг друга). И, пожалуйста, отражение уменьшается, а пропускание увеличивается! Наивно полагать, что здесь гасят друг друга кванты, отражённые от той и другой поверхности раздела. Во-первых, загасив таким образом друг друга, эти кванты должны чудесным образом перескакивать из отражённого потока в проходящий. Во-вторых, гашение-то возможно здесь лишь для синфазных квантов – а, при нелазерных источниках, фазы квантов распределены случайно... Выходит, опять же, что каждый квант индивидуально находит свой путь истинный! Но, бляха-муха, как же он это делает? Может, он умудряется отражаться от двух поверхностей сразу, в результате чего гасит сам себя и перескакивает из отражённого потока в проходящий? А, может, он и не отражается вовсе, а *заранее знает*, что в результате отражения назад здесь получится хренотень, поэтому он и прёт только вперёд?

«Ну, нет, - прикидывали теоретики, - квант ничего заранее знать не может. По сравнению с нами, это же полная бестолочь!» Из этой предпосылки и исходили. И с неизменным успехом получали ошеломляющие результаты. С одной стороны, на фотопластинках квант вмещался в махонькое зёрнышко. С другой стороны, при волновых явлениях квант каким-то образом взаимодействовал сам с собой – для чего он должен был быть растянут по пространству ой как сильно! Что там жалкие интерференционные кольца Ньютона, которые образуются на зазорах в несколько микрон! Лорентц обращал внимание коллег на то, что для зелёной линии ртути, при разности хода более двух миллионов длин волн, интерференция ещё возможна – т.е., «длина кванта» должна составлять не менее метра. Но ведь и это –

не предел. Ширина спектра у излучения лазера на красителе фирмы «Coherent Radiation» составляет всего 15 кГц. Эквивалентная длина когерентности – 3 км. Прикиньте, сколько длин волн видимого света укладывается на этой длине. И вот, при такой разности хода, интерференция ещё возможна! Это – что касается «длины» кванта. А ведь у него ещё и «ширина» есть! Вон, если разрешение телескопа улучшается при увеличении апертуры, то придётся допустить, что поперечный размер кванта с ней сравним. «Как тогда может видеть человеческий глаз? – спрашивал Лорентц. – Зрачок пропускает лишь ничтожную долю кванта...» А ведь для воздействия на светочувствительную клетку сетчатки требуется квант целиком! Заметим: недоумение Лорентца возникло тогда, когда научно-техническим чудом считался телескоп с диаметром зеркала в один метр. Что бы Лорентц спросил про человеческий глаз сегодня, когда, например, телескоп на Зеленчукской имеет шестиметровое зеркало?

...В общем, пыхтели-пыхтели теоретики, и сошлись вот на чём: надо бы исхитриться как-нибудь так, чтобы квант оказался не только полноценной частицей, но и полноценной волной. «Это не страшно, - подбадривали они друг друга, - это можно будет трактовать как диалектический подход!» Ну, и исхитрились... не найдя ничего лучшего, кроме как использовать свой излюбленный метод – метод приписки. Взяли, да приписали кванту, короче, волновую функцию. Что такое волновая функция, они сами толком не знают – даже после грандиознейшей дискуссии о том, каков у этой функции физический смысл. Мы к этому ещё вернёмся. Навскидку, волновая функция – это математическая конструкция, якобы, помогающая теоретикам решать проблемы, которые они сами и наворотили. При допущении о том, что каждый квант является счастливым обладателем волновой функции, можно было описать и, какое хочешь, размазывание кванта по пространству, и дифракцию с интерференцией. Правда, тут же полезли новые дурацкие вопросы. Например: если квант размазан по пространству, скажем, на сто метров, как это описывает его волновая функция, то означает ли это, что и энергия кванта размазана на те же сто метров? Вопрос дурацкий, но принципиальный: «или-или». Если энергия кванта не размазана, то все разговоры о волновой функции и о её физическом смысле – это просто милый трёп. А если энергия кванта размазана, то каким же дивным образом она схлопывается в точку при поглощении кванта в фотографическом зёрнышке или в светочувствительной клетке глаза? Да кто его знает! Ответа на этот вопрос так и не выработали. Лишь придумали для такого «схлопывания» высоконаучный термин: редукция волнового пакета. А

как происходит эта редукция – не придумали. «Как, как...» А вот так: раз – и всё!

Видите, как бывает: теоретики делали всё возможное и невозможное, а полноценная волна из кванта всё равно не получалась. Кстати, полноценные волны – например, звуковые волны или волны на поверхности воды – имеют легко узнаваемую особенность. Такие волны, будучи порождаемы различными независимыми источниками, отлично интерферируют – тем лучше, чем ближе друг к другу частоты вибраций их источников. Но мало кто знает, что со светом этот номер не проходит: интерференции света *от независимых* источников нет, как бы здорово ни совпадали их спектральные линии. Даже – в случае лазеров, когда эти совпадающие линии очень-очень узкие. Те, кто пытались получить интерференционную картинку, смешивая свет от двух однопольных лазеров, дрючились долго, упорно, и безуспешно. Желаящие могут повторить. Только не сделайте ошибку, называя интерференцией биения. Чтобы получить биения частот двух лазеров, долго дрючиться не нужно: направляете лучи на достаточно быстродействующий фотодиод, да снимаете сигнал на разностной частоте. Мы же говорим о другом: об интерференционной картинке, которая, по определению, является статической – например, статическая система светлых и тёмных полос. Думаете, такая статическая картинка как раз и есть на мордочке фотодиода, только полосы там маленькие и незаметные невооружённым глазом? Так увеличьте! Что мешает? Вон же эти полосы – на весь киноэкран – даже от нелазерных источников! Подсказываем: секрет здесь не в том – лазерные источники, или нелазерные. Все без исключения интерферометры работают так: они расщепляют свет *от одного и того же* источника, прогоняют его по различным путям, а затем вновь сводят. Только так получаются световые интерференционные картинки! Да почему же? А вспоминаем: при волновых явлениях каждый отдельный квант каким-то образом находит для себя путь истинный! Работа интерферометров – лишнее тому подтверждение!

Получалось прям как в страшных сказках. Чем больше напрягалась теоретическая мысль, пытаясь превратить квант в волну, тем всё с большим ужасом выяснялось: таких волн в физическом мире не бывает, и быть не может. Хороша волна, которая взаимодействует только сама с собой – *зная заранее*, как именно проделать это в том или ином случае – а под конец, освобождая от себя приличный объём пространства, мгновенно схлопывается в точку!.. По ночам теоретиков мучили кошмары. В них шайки обнаглевших квантов, наделённых волновой функцией, надругались над теоретиками, как хотели. Так или иначе, а стало понятно, что теоретическая мысль залезла здесь в

такую трубу, из которой уже нет хода ни вперёд, ни назад. Чтобы убедить общественность в том, что виновата в этом труба, а не теоретическая мысль, придумали высоконучный термин: корпускулярно-волновой дуализм. Этот термин означает, что у кванта имеются свойства и частицы, и волны, но как они уживаются друг с другом – ни фига не ясно, хотя мы, мол, сделали всё, что могли. Поэтому, если кто-то ещё что-то недопонял про кванты – пусть предъявляет претензии к корпускулярно-волновому дуализму. А ещё лучше – пусть тихо привыкнет к этому дуализму, да на том и успокоится...

Эк у вас безысходно-то, любезные! Наверняка же возможны и другие подходы, при которых в трубу залезать не нужно. Вот, пожалуйста, ознакомьтесь с одним – где главное дело в том, что физической энергией, в её разнообразных формах, обладает *только вещество*. Это означает, что и кванты световой энергии могут быть локализованы только на частицах вещества – в частности, на атомах. Значит, не бывает световых квантов в том виде, как их обычно представляют, т.е. в виде автономных порций энергии, летящих в пространстве со скоростью света. Световые кванты перебрасываются непосредственно с атома на атом, без прохождения по разделяющему атомы пространству. Причём, как показывают результаты исследований времён прохождения лазерного импульса между генератором и нелинейной ячейкой, перебросы квантов света с атома на атом происходят, практически, мгновенно (первый такой результат получил Басов с сотрудниками; см. подробности в нашем очерке «Фиговые листики теории относительности»). Таким образом, процесс распространения света – это цепочки мгновенных перебросов квантов света с атома на атом. Конечность же скорости света, а не её бесконечность, обусловлена конечным быстродействием алгоритма, который находит атомов-получателей и, таким образом, прокладывает путь кванту света. Этот алгоритм предложили называть «навигатором квантовых перебросов энергии», или, кратко, навигатором. Именно работой навигатора обусловлены все эффекты, связанные с распространением света, в том числе и волновые явления. Вот вам и решение великой проблемы: совсем не нужно приписывать кванту принципиально несовместимые свойства, прикрывая это термином «корпускулярно-волновой дуализм». Световой квант – это просто порция энергии, и никакими волновыми свойствами он не обладает. А за дифракцию и интерференцию отвечает навигатор! Это он обсчитывает вероятности всевозможных вариантов переброса светового кванта, и переброс его происходит на тот атом, для которого расчётная вероятность переброса оказывается максимальной. Светлые

полосы интерференционной картинки соответствуют как раз таким местам, перебросы квантов в которые наиболее вероятны. При таком подходе единым махом устраняются вышеназванные парадоксы с интерференцией квантов, летящих поодиночке, с «редукцией волнового пакета», и т.д. Дело в том, что каждому кванту путь прокладывает свой канал навигатора – независимо от других! Никакой «трубы», всё чинно-благородно!

Но – куда там! Теоретическая мысль работала совсем в другом направлении. Знаете, теоретики страшно любят выработать универсальные принципы. Ну, вот, здесь эта тяга к универсальности и сказалась. Задача ставилась так: если с корпускулярно-волновым дуализмом у квантов получилась «труба», то нельзя ли, из соображений универсальности, загнать в эту «трубу» всю физику? Как было бы восхитительно, если точно такой же «дуализм» оказался бы присущ и частицам вещества тоже! Эту идею проталкивал Луи де Бройль. «Каждой частице, - твердил он, - можно сопоставить волну. Чтобы найти длину этой волны, надо постоянную Планка разделить на импульс частицы, т.е. на произведение её массы на скорость. Всё получается изумительно!» Да уж... особенно изумительно получалось то, что в разных системах отсчёта скорость частицы разная – значит, разная должна быть и её длина волны. А, не дай Бог, частица покоится в лабораторной системе отсчёта – при этом её длина волны равна чему? Делим постоянную Планка на нуль и получаем бесконечность. Господа теоретики, что означает сия сингулярность? До сих пор не въехали? Или вы разбираетесь с подобными сингулярностями методом «начхать и забыть»? Тогда, секундочку, сейчас вы страшно заинтересуетесь. Вот частица пролетает сквозь дифракционную решётку – по-вашему, должна быть дифракция, да? А согласно принципу относительности, ничего не изменится, если дифракционная решётка налетает на неподвижную частицу. Но в этом случае дебройлевская длина волны бесконечна, и никакой дифракции не будет! Вы уж определитесь, что для вас важнее: волны де Бройля или догматы теории относительности. А то ведь издёргали месё почём зря: не по принципиальным вопросам, а по каким-то пустякам вроде «А Ваши волны – это волны чего в чём?» Как будто он это знал. «Главное не то, чего они в чём, - втолковывал он, - а то, что они – волны! Каждая частица – это не то, что мы думали раньше. Это – волновой пакет!» Поясним: при таком подходе частица представляет собой «пик на ровном месте», получающийся в результате удачного совмещения горбов множества волн, длины которых попадают в небольшой интервалчик. Причём, скорость перемещения такого «волнового пакета» как раз и равняется скорости частицы! Полный

триумф? Как бы не так. Дотошные коллеги подметили, что интервальчик для длин волн означает соответствующий интервальчик для скоростей этих волн. А раз так, то волновой пакет обязан расплываться: «пик» превратится сначала в бугор, потом в возвышенность, и в конце совсем сровняется с «ровным местом». Прикинули: размер волнового пакета, соответствующего электрону, удваивался бы за время около 10^{-26} секунды! Чтобы оценить эту цифру, надо учесть, что в атоме водорода электрон на первой боровской орбите совершает один оборот примерно за 10^{-16} секунды. Т.е., по волновым раскладочкам выходило, что электрон расплылся бы, не успев пройти даже миллиардной части орбиты! Народ просто отпал... «Месье, - пытались утешать де Бройля, - а давайте трактовать Ваши волны в статистическом смысле! Там, где пики волн, там вероятность пребывания частицы больше!» - «Как же, «в статистическом смысле», - переживал де Бройль. – Особенно эта статистика хороша для покоящейся частицы... Ну, ничего, вы у меня попомните свою мелочную дотошность. Надо лишь обнаружить волновые свойства у частиц на опыте!»

Это ответственное задание, если верить историкам, было выполнено вполне успешно: качественно и в срок. Первыми частицами, у которых усмотрели волновые свойства, стали электроны. В «Фейнмановских лекциях» описан потрясающий опыт с прохождением электронов сквозь две щели. Мол, если не мешать им пролетать им сквозь две щели, то на сцинтилляционном экране за щелями получают интерференционные полосы. Перекроешь одну щель – полосы пропадают. Попытаешься проследить, через какую щель пролетает электрон – полосы тоже пропадают... Очень это всё впечатляет читателей; одна беда – никто никогда таких опытов не делал. У электрона дебройлевская длина волны, понимаете, маленькая. Щелью для неё является зазор между атомами. Ну, прикиньте: как, для электронов, можно сделать экран всего с двумя щелями? Как можно перекрывать одну из них? Нанотехнологи, одно слово!

Дэвиссон и Джермер делали совсем другое – вполне возможное. Они направляли низковольтный пучок электронов ортогонально на полированный срез монокристалла никеля (с никелем у них особенно здорово получилось), и исследовали угловое распределение электронов, рассеиваемых кристаллом в обратную полусферу – за вычетом центрального створа, затенённого электронной пушкой. Обнаружились пики рассеяния, соответствовавшие брэгговской дифракции, т.е. резонансному отражению волн от параллельных атомных плоскостей, наклонённых к поверхности среза – причём, эти пики получались при подходящих энергиях пучка, т.е., теоретически,

при подходящих резонансных длинах волн. Казалось бы – вот они, волновые свойства электронов, во всей своей красе! Но, прежде чем прыгать от восторга, давайте-ка посмотрим: а, может, и здесь о чём-то умолчали? Не в первый раз же! Смотрим... и видим... ну, полная жуть. Во-первых, авторы сказали не про все пики рассеяния, которые наблюдались. Самым сильным был широкий пик зеркального рассеяния, который наблюдался всегда – при любых энергиях пучка – и, значит, он не мог быть порождением брэгговской дифракции. Да и под другими углами были «лишние» пики рассеяния, которые никак не вписывались в концепцию этой дифракции. Далее: при уменьшении скорости падающих электронов, казалось бы, должна уменьшаться глубина их проникновения в кристалл, и, значит, должен уменьшаться эффективный рассеивающий объём кристалла, т.е. должна уменьшаться резкость дифракционных пучков. В действительности, всё происходит... наоборот! Ну, знаете, это уже совсем не похоже на брэгговскую дифракцию! Терпение, осталось чуть-чуть: если нанести на рассеивающую поверхность плёнку другого металла толщиной всего в два атомных слоя, то прежняя картина рассеяния практически исчезает, заменяясь картиной для этого другого металла. Какие же могут быть наклонные атомные плоскости при толщине в два атомных слоя? Совершенно ясно, что Дэвиссон и Джермер имели дело с *поверхностным* эффектом – и, конечно, не с брэгговской дифракцией, которая является эффектом *объёмным*. Что же это за поверхностный эффект? Да вроде как вторичная электронная эмиссия. При таком допущении здесь всё встаёт на свои места. Правда, никакими волновыми свойствами электронов тут и не пахнет...

Но кто там кого спрашивал – пахнет тут волновыми свойствами, или нет? Волновые свойства были востребованы – вот их и изобразили. Толпы экспериментаторов ринулись продолжать это славное дело: «Дэвиссону и Джермеру можно – а нам нельзя, что ли?!» Пропуская быстрые электроны сквозь тонкие фольги, получили, что называется, «дифракционные кольца» при рассеянии на хаотически ориентированных микрокристалликах. Эти картинки подозрительно сильно смахивали на те, которые получались при прохождении электронов сквозь слой газа или паров – где, конечно, никаких микрокристалликов нет, и где могло быть рассеяние лишь в результате банальных механических соударений. Но это тоже называли дифракцией! А ведь углы рассеяния при дифракции зависят от соотношения между длиной волны и размером препятствия, на котором происходит рассеяние. Вот интересно, на каком же препятствии «дифрагировали» электроны в газах – где происходит хаотическое движение частиц? Да, впрочем, кого это волновало...

Главное, картинки вполне оправдывали ожидания!

И, кроме того, тут же получилась ещё одна радость. Все эти фокусы по извлечению волновых свойств из пустой шляпы делались со свободными электронами. А как насчёт этого у атомарных электронов? Прикинули – и ахнули: стационарные боровские орбиты подчинялись простому условию: уложению на длине такой орбиты целого числа электронных длин волн! Это называется: выкрасили теорию Бора, перед тем, как её выбросить. Жалко, конечно, да что поделаешь? Она ведь лишь на то и годилась, что описать уровни энергии у водорода да у водородоподобных атомов – имеющих один электрон на внешней оболочке. А, например, даже в случае с гелием, у которого внешних электронов всего два, выходило уже нечто совершенно неопишваемое. Что уж там говорить про атомы с большим, чем два, числом внешних электронов! И, в отличие от классической теории Лорентца, теория Бора обидным образом не объясняла размножение спектральных линий, когда излучающие атомы находились в магнитном поле. В общем, как с этой коровой ни бились, а молока от неё больше не добились...

Дохлаю ситуацию оживил Паули. Он непринуждённо разделался со спектральными мультиплетами, выдав свой принцип запрета: «Да не вздумай ты, атомарный электрон, иметь все значения квантовых чисел такие же, как и у хотя бы одного другого твоего собрата по атому!» Причём, чтобы охватить и спектральные дублеты в магнитном поле, Паули лихо довесил электрону четвёртое квантовое число, которое могло принимать два значения. Специалисты, уже обалдевшие от новых теоретических методов, не стали мучить Паули вопросами вроде «А откуда следует Ваш принцип запрета?» или «А каков физический смысл у четвёртого квантового числа?» Иначе было бы в зародыше удушено одно из самых выдающихся достижений квантовой теории – учение о спине.

Весьма кстати, четырьмя годами раньше, Штерн и Герлах получили интересный опытный результат. Они пропускали пучок атомов серебра (у которых один внешний электрон) через область с сильным неоднородным магнитным полем – и пучок там расщеплялся на два. Поскольку атомы электрически нейтральны, то казалось ясным, что расщепление было обусловлено силовым воздействием на *магнитные моменты* атомов – которые, по такому случаю, должны были быть ориентированы либо по магнитному полю, либо против. Эта интерпретация, казалось бы, решала проблему спектральных дублетов, если бы не одно «но»: никто не мог внятно разъяснить, каким это дивным образом атомы, влетающие в область взаимодействия, имели лишь две противоположные ориентации из

множества самых разнообразных.

И вот, будучи под впечатлением от публикации Паули про «четвёртое квантовое число», Гаудсмит и Уленбек испытали прозрение: результат Штерна-Герлаха становится, мол, куда понятнее, если вести речь не о магнитных моментах атомов, а о собственных магнитных моментах атомарных электронов. «Есть же у электрона ненулевой размер, - рассуждали они, - и распределён же по его объёму электрический заряд! Значит, чтобы у электрона был собственный магнитный момент, электрон должен делать что? Да вращаться вокруг своей оси!» Вот с идеей о таком вращении, которое в английском языке называется словом «спин», молодые люди и пришли к Эренфесту. «Любопытно! - прокомментировал тот. - А, главное, наглядно! Публикуйте!» - «Да боязно нам, кабы не засмеяли!» - «А что такое?» - «Да мы тут прикинули - линейная скорость вращения на периферии электрона должна во много раз превышать скорость света!» - «Хм... действительно, немного смешно. Знаете, что? Напишите-ка короткую заметку и дайте мне. А сами расскажите-ка всё это Лорентцу. Он ведь у нас главный по электронам-то!» Рассказали... Лоренц обещал подумать. Через несколько дней он передал Гаудсмиту и Уленбеку рукопись, где изложил, к чему приводит их идея. Получались страшилки какие-то: магнитная энергия вращающегося электрона должна быть столь велика, что эквивалентная масса превысит массу протона; а при обычной массе электрона, его радиус должен превышать радиус атома! Молодые люди кинулись к Эренфесту: «Верните нашу заметку, пожалуйста!» - «Это вы про вращающийся электрон? - осведомился тот. - Так я её сразу отправил. Она уже в печати!» - «Что вы наделали, герр Эренфест!» - «Да не расстраивайтесь. Посмеются-посмеются, да и умолкнут. А идея останется!»

Всё так и вышло. Надо было всего лишь не идиотничать, пытаться представить себе наглядно, что такое спин - и тогда это понятие работало с потрясающей эффективностью. На спин электрона навесили ответственность не только за спектральные дублеты, но и за намагниченность ферромагнетиков, за сверхпроводимость, за сверхтекучесть, и за много-много чего ещё... На фоне этого обвального успеха, даже неловко упоминать о том, что никому не удалось на опыте доказать, что свободный электрон спином действительно обладает. Например, так и не удалось расщепить надвое пучок электронов. Пучок атомов расщепить - это пожалуйста, а пучок электронов - фигушки! Как интересно получается: силы взаимодействия спинов электронов с магнитным полем не хватает, чтобы растащить эти электроны - но зато хватает, чтобы растащить

атомы, массы которых на пять порядков больше! Вы когда-нибудь видели лошадку, которая способна тащить железнодорожный состав, но не способна тащиться сама по себе, без полезной нагрузки?

Но ещё интереснее получалось, когда такие лошадки собирались табунами. Помните, Паули сформулировал принцип запрета для электронов в одном атоме? Но было решено не останавливаться на достигнутом, и распространить этот принцип вообще на все электроны. В частности – на электроны проводимости в куске металла. Соорудили чудненькую формулу Ферми-Дирака, которая описывает распределение этих электронов по энергиям. Согласно принципу запрета, каждое значение энергии могут иметь только два таких электрона (с противоположными спинами). Очаровательно! Открываем учебник – условие, задающее дискретные значения энергии, таково: на характерном размере куска металла должно укладываться целое число длин дебройлевских волн электрона – одна, две, три, и т.д. Зная, что электронов проводимости в куске металла не меньше, чем атомов, можно прикинуть, какие энергии должны достаться последним парам этих электронов, если состояния заполняются снизу и без пропусков. Прикинем... и ахнем: даже при сверхнизких температурах, практически все электроны проводимости в куске железа оказываются ультрарелятивистскими! При таких делах, кусок железа не мог бы существовать: во славу квантовой статистики, он испарился бы моментально!

Теоретики это быстренько подметили. «Что-то нас, действительно, немного занесло на повороте, - констатировали они. – Даже школьникам смешно будет...» Пришлось опять мухлевать. При том, что статистика Ферми-Дирака – это распределение по энергиям, состояния электронов стали пересчитывать не по энергиям, а по импульсам. Казалось бы, в чём здесь выгода? – ведь, чем больше энергия электрона, тем больше и его импульс! Но заметьте: энергия – скаляр, а импульс – вектор. Одну и ту же энергию позволили иметь, в виде исключения, тучам электронов – были бы по-разному направлены их импульсы. Этим трюком резко сокращалось требуемое число состояний по энергии – так что кусок железа уже смог бы многое повидать на своём веку. «Это нас устраивает, - оживились теоретики. - Теперь школьникам смешно не будет!»

Вот так, да? Лишили детей радости – и счастливы? Ладно-ладно. Вы ещё пожалеете. Вот, ответьте-ка на простой детский вопросик. Электроны проводимости в металле сталкиваются с атомами, отчего векторы их импульсов изменяются – по миллионам раз в секунду. Каким же образом из этого хаоса чеканится идеальный порядок, при котором каждое значение импульса имеют не более двух электронов?

Кто это, после каждого столкновения электрона с атомом, заботливо перетряхивает всё распределение по импульсам – для несметного числа электронов?

Знаете, дорогой читатель, в своё время физики, не лишённые чувства юмора, придумали «демона Максвелла»: маленькое хитренькое существо с шаловливыми ручками. Сидит этот демон на стенке, разделяющей два сосуда с газом, и вовремя приоткрывает маленькую заслоночку, чтобы из первого сосуда во второй пролетали самые быстрые молекулы. Без особенных затрат манипулирует распределениями молекул по энергиям! Так вот: рядом с чудищем Ферми-Дирака, демон Максвелла сдох бы сразу – от осознания своего ничтожества...

Кстати, чудище Ферми-Дирака должно трудиться не только в металлах, но и в диэлектриках – а ведь их свойства совсем другие. Почему другие? Казалось бы, чего тут вымудряться – у атомов металлов всего 1-2 внешних электрона, а у атомов диэлектриков их больше – 4-7. Чтобы поддерживать трёхмерную структуру твёрдого тела, атомы металла непременно должны циклически переключать свои химические связи с соседями. А у атомов диэлектриков хватает внешних электронов для того, чтобы поддерживать трёхмерную структуру на постоянных связях. Вот и получается, что металлы хорошо проводят электрический ток и тепло, а диэлектрики – плохо. Металлы легко отдают электроны (при фотоэффекте или термоэмиссии), а диэлектрики – не легко. Металлы пластичны, а диэлектрики – хрупки... Но нет! Тут, мол, так просто не надо! Тут надо «кванта-механически» - так, как учит нас зонная теория твёрдых тел! А она учит, что газ свободных электронов есть и в диэлектриках тоже. Почему же они не проводят электрический ток? Сейчас поясним! Считается, что в любом твёрдом теле каждый свободный электрон взаимодействует лишь со всеми положительными ионами решётки – а других свободных электронов как будто нет. По-научному этот прикол называется «одноэлектронное приближение». В этом прикольном приближении решается волновое уравнение – уже на полном сурьёзе – и получается, что энергии у свободных электронов в твёрдом теле не могут быть абы какими: есть, мол, разрешённые энергетические зоны, а есть запрещённые. У металлов, якобы, верхняя разрешённая зона заполнена не полностью – свободные электроны могут изменять векторы своих импульсов, потому там и возможен электрический ток. А вот у диэлектриков, якобы, верхняя разрешённая зона пуста, а следующая – отделённая запрещённой зоной – заполнена под завязку: в ней вообще нет свободных состояний. Для диэлектрика это весьма кстати: прикладываешь к нему разность потенциалов, а

свободные электроны в нём и рады бы, мол, током потечь, да изменить векторы своих импульсов не могут. Бедненькие! Небось, сталкиваются с атомами решётки по миллионам раз в секунду – это они могут. Значит, могут-таки изменять свои импульсы – куда ж деваться. Ну, тогда вся надежда – на чудище Ферми-Дирака. Лишь ему по силам обеспечить, чтобы встречные токи электронов в диэлектрике – вверх-вниз, взад-вперёд и вправо-влево – всегда поддерживались равными. От профессионализма этого чудища дух захватывает!

Одно непонятно: каким образом это чудище догадывается, в каком образце ему работать, как в проводнике, а в каком – как в диэлектрике? Ведь зонная теория ни фиги не предсказывает, какова будет электропроводность у конкретного материала. Расположению разрешённых энергетических зон соответствует набор подгоночных параметров, которые находят не иначе как эмпирически... И вот это, дяденьки, вы называете «пониманием того, как движутся электроны в металлах и полупроводниках»? И без этого, говорите, не было бы компьютеров и мобильных телефонов? Ох, шутники!

Да и не только электроны, мол, подчиняются квантовой статистике! Спин приписали и многим другим частицам, даже квантам света, которых с некоторых пор стали называть фотонами (только не спрашивайте теоретиков, что в фотонах вращается вокруг своей оси – за такие «некорректные» вопросы побить могут). Но у фотонов, дескать, статистика не такая, как у электронов: чихать фотоны хотели на принцип запрета. Т.е., им не запрещается быть в одном и том же состоянии – хоть всем до единого. «Более того, они к этому и стремятся – быть идентичными друг с другом», - уверяют нас теоретики. Да где вы такое видели, любезные? Ах, в лазерах! И только-то? Что-то у вас, вместо всеобщности, получается какой-то жалкий частный случай. Вообще, о статистике фотонов говорить смешно: параметры светового излучения определяются только условиями, при которых оно генерируется. Сделай одни условия генерации, «статистика» фотонов будет одна, а сделай другие – и «статистика» будет другая. В лазерах – то же самое. Вы пытаетесь убедить нас в том, что одночастотный (одномодовый) лазер – это воплощение величия статистики фотонов? За кого вы нас держите? Мы-то знаем, сколько пришлось помучиться экспериментаторам, чтобы добиться этого одномодового режима. Чтобы научиться «давить» все моды, кроме одной – ведь любая мода «пролазит» при малейшей возможности! Где же оно, стремление фотонов к идентичности друг с другом? Известный афоризм «Есть три типа лжи: ложь, наглая ложь, и статистика» - конечно, неполон: на четвёртое место нужно добавить квантовую статистику. А ведь её созидатели

«хотели, как лучше»!

Впрочем, теоретики всегда «хотят, как лучше». В частности, теоретическая мысль неустанно работала над тем, чтобы странные свойства микромира не постулировались, как у Бора, а *получались*. Ясно же, что это «лучше»! То-то. И что же такое, лучшее, было предложено? Да было из чего выбирать: во-первых, матричная механика Гейзенберга, а, во-вторых, волновая механика Шрёдингера.

У Гейзенберга главная идея заключалась в том, чтобы использовать в математическом аппарате только такие величины, которые наблюдаются на опыте – в том числе и для объектов микромира. «Кто-нибудь видел, как электрон в атоме летает по орбите вокруг ядра? – вопрошал Гейзенберг. – Что, никто не видел? Ну, так и нечего сотрясать воздух насчёт этого! Ишь, орбиты выдумали! Лично я буду строить теорию исключительно на наблюдаемых величинах: на характеристических оптических частотах атомов и интенсивностях их спектральных линий!» - «Ну, и строй себе», - поощрили его коллеги. И ведь никто ему не подсказал, что он дал маху на первом же шаге, сделав не самый лучший выбор «наблюдаемых». С «оптическими частотами» - это ещё куда ни шло, хотя, вообще-то, здесь наблюдаются длины волн. Но вот под «интенсивностями» понимались эквивалентные амплитуды дипольных колебаний – в классическом смысле. Так никто же не наблюдал этих амплитуд! Потому что нет в атомах колебаний на оптических характеристических частотах! Ужас... Но это для нас – ужас. А для квантовой теории это нормально: нелепица на первом же шаге нисколько не отразилась на конечных результатах.

Задача решалась такая. Набору «наблюдаемых» величин ставился в соответствие набор абстрактных квантотеоретических величин, и искался ответ на вопрос – можно ли, оперируя первыми, судить о вторых. Оказалось, что можно – бумага всё стерпела. Но при этом вылезло, на первый взгляд, странное правило комбинирования тех самых наборов. Приглядевшись повнимательнее, математики ахнули – да это же, мол, обычное правило перемножения матриц! Сама судьба, мол, указала на то, что для адекватного описания абстрактных квантотеоретических величин следует использовать матричные представления! И понеслась она, матричная механика, вскачь да без остановок – давая столько пищи для теоретического ума, что озарения попёрли весёлым фейерверком. О чём были эти озарения? Поясняем. Логика была вот такая: если уж матрицы адекватно описывают абстрактные квантотеоретические величины, то правила алгебраических операций с матрицами описывают что? – конечно же, физические процессы и закономерности в микромире! Зря, что ли,

старались создатели матричной алгебры полвека назад? Поди ты, теперь всё пригодилось! Значит, делали так: брали обычное уравнение классической механики – ньютонovo, или лагранжево, или гамильтоново – и подставляли в него, вместо классических величин, их матричные формы. И, трепеща от предвкушения восторга, искали решения у такого чуда-юда. А, когда решения находили, тут-то и начиналось самое увлекательное. Компоненты-то в матрицах были не простые, а комплексные, с мнимой единицей – и, после перемножений и других математических фортелей с матрицами, чудо-юдовы решения имели неслыханный ранее экзотический характер. И у каждой такой экзотики искали, для порядка, физический смысл. «Куда же ты, негодник, запрятался? Ау-у!» Искали этот смысл, искали – да всё у них какой-то сизифов труд получался. Никак не могли сообразить, что в математических операциях никакого физического смысла нет – он есть лишь в физических представлениях, да и то не во всех! Так и заглохла бы матричная механика, если бы не один скромный, но очень ценный подарок, который получила от неё теорфизика. В обычной математике, от перестановки мест сомножителей произведение не изменяется. А в алгебре матриц это не всегда так. Оказалось, что произведение матриц координаты и импульса зависит от того, какая из них является первым сомножителем, а какая вторым (такие парочки величин стали называть некоммутирующими). Из этой математической причуды и получилось то, что называется соотношением неопределённостей Гейзенберга: произведение неопределённости координаты на неопределённость импульса не может быть меньше, чем постоянная Планка. Если это соотношение породила математическая причуда, то почему оно сегодня считается фундаментальнейшим законом микромира? Было ли оно подтверждено экспериментами? Ещё как было! – только все эксперименты, подтверждавшие его, были мысленными. Например, знаменитый опыт с гейзенберговским микроскопом, который как дважды два показал, что не увидать вам, глазастики, классической траектории у электрона! Отчего же такой кукиш получился? А оттого, что логика была железобетонная: чтобы различить такую мелочь, как электрон, нужно использовать кванты с малой длиной волны, т.е. гамма-кванты, но гамма-квант, мол, имеет большую энергию и импульс, и, рассеиваясь на электроне, шваркает его так, что безнадёжно портит его моцион. Одно было плохо у этой железобетонной логики: её возвели на зыбком песке – свято веря в то, что гамма-квант переносит импульс и отдаёт его часть электрону. Нашли, ёлки-палки, во что поверить! Впрочем, куда же им было без этой веры? Без неё вся ихняя квантовая теория рухнула бы в одночасье.

Только на вере соотношение неопределённостей и держалось. Но держалось крепко. Почему? Ну, во-первых, здесь оказалась хороша уже простота формулировки. Даже дилетанты, не знавшие матричной механики, вполне могли рассуждать о физическом смысле принципа неопределённости. А, во-вторых, соотношение неопределённостей получилось ещё и для пары «энергия – интервал времени» - именно в этом варианте оно распахнуло перед теоретиками совершенно новые перспективы. Есть поговорка: «кондитер прикрывает свои ошибки кремом, архитектор – фасадом, врач – землёй». Ну, а теоретики стали с шиком использовать в аналогичных целях принцип неопределённости. Мы к этому ещё вернёмся.

А сейчас заметим, что пока матричная механика продвигалась своими чудо-юдовыми путями, тихо зрела и наливалась соками волновая механика. Её автор, Шрёдингер, был большим специалистом по физике сплошных сред – которых, как известно, в природе не бывает. Зато для этой небывальщины прекрасно ставились и решались задачи на нахождение собственных значений – набор которых получался дискретен. А это как раз то, что было надо! Правда, обычным волновым уравнением, в обычном трёхмерном пространстве, физиков было уже не удивить. Поэтому, ради новизны, Шрёдингер записал аналогичное уравнение для многомерной математической конструкции – т.н. волновой функции. Решениями этого уравнения были волны во многомерном пространстве – которые частично проявлялись и в физическом трёхмерном пространстве. Попробовал Шрёдингер применить свой подход к некоторым частным задачам – к одномерной потенциальной яме, затем к двумерной, затем к трёхмерной – и впал в эйфорию. Понимаете, в чём был секрет: следовало лишь грамотно задать граничные условия – и конечное решение великолепно описывало любые встречающиеся в природе пространственные конфигурации. И – любые дискретные наборы собственных значений энергии! «Ля-ля-ля, шу-шу-шу – всё что хочешь опишу!» – мурлыкая этот привязавшийся куплетик, Шрёдингер опубликовался. Но коллеги поначалу то ли сделали вид, то ли и вправду не оценили важности нового предложения – особенно те, кто занимались матричной механикой. Вместо того, чтобы прийти в восторг, они издевательски поинтересовались – а что, мол, за физический смысл скрывается за этой самой волновой функцией. «Физический смысл им подавай, - сокрушался Шрёдингер. – Чья бы корова мычала!» В общем, дёрнули Шрёдингера за чувствительную струнку в его душе. Не подумав как следует, он заявил, что волновая функция, например, электрона, описывает пространственное распределение его электрического заряда, а сам электрон – это, опять

же, волновой пакет, как и у де Бройля. Тут уж Шрёдингеру растолковали всё по полной программе. И что заряд электрона не размазан по пространству, а сконцентрирован в малом характерном объёме. И что электрон не может быть волновым пакетом. Ибо, во-первых, этот пакет, как и у де Бройля, расплывался бы моментально. А, во-вторых, если частицы были бы волновыми пакетами, то каким же образом они могли бы соударяться и отскакивать друг от друга? Они должны были бы проходить друг сквозь друга, как это делают волны!

На это Шрёдингер ответил вот чем. Он обнародовал работу, где чётко показал эквивалентность матричного и волнового подходов в вопросе об описании явлений микромира. Эквивалентность, действительно, получалась полная: если, мол, вы, господа специалисты по матричной механике, что-то в чём-то понимаете, то, мол, и я тоже понимаю, а ежели я только головы морочу себе и другим – то и вы занимаетесь тем же самым. Выбирайте, мол!

Между прочим, такая эквивалентность, или, как выражался Шрёдингер, «формальная тождественность» матричного и волнового подходов, выглядела, на первый взгляд, чем-то совершенно невероятным, ведь эти два подхода были диаметрально противоположны – и неспроста сторонники этих двух подходов смотрели друг на друга, как солдаты на вошь. У Гейзенберга был формально-математический подход, изначально базировавшийся на идее о дискретности, и здесь отправным понятием была «частица». У Шрёдингера же подход был основан на дифференциальных уравнениях, работавших в классической механике сплошных сред, и здесь отправным понятием была «волна». Но, несмотря на такую противоположность, оба этих подхода пытались сделать одно и то же: подмять под себя корпускулярно-волновой дуализм – только с разных сторон – а он, понимаете, не поддавался ни тому, ни другому. Противоречия, вшитые в этот дуализм, не сглаживались, а только обострялись, и понимание того, что же происходит в микромире, так и не приходило. Вот, посудите сами, до чего порой доходил накал драматизма. Летом 1926 г. на Мюнхенском семинаре Шрёдингер так красиво рассказал про свою волновую механику, что очаровал почти всех – слушатели заговорили о том, что с квантовыми скачками покончено! Гейзенберг, само собой, расстроился. И написал письмо Бору – о том, какие тут дела творятся. Ну, и пригласил это Бор Шрёдингера на пару недель к себе в Копенгаген – за жизнь поговорить. Гейзенберг тоже подъехал – интересно же. Разговоры «за жизнь» начались ещё на вокзале. Шрёдингер нападал на квантовые скачки и доказывал, что это – чушь несусветная, а Бор разъяснял, что без этой

несусветной чуши всё равно не обойтись. И это продолжалось ежедневно с раннего утра до позднего вечера. Через несколько дней в таком режиме, Шрёдингер свалился с горячкой. «Фрау Бор ухаживала за ним, приносила чай и сладости, - вспоминал Гейзенберг, - но Нильс Бор сидел на краешке кровати и внушал Шрёдингеру: «Вы все-таки должны понять, что...» - ну, и далее, что он там должен был понять.

Даже Гейзенберга дискуссии с Бором приводили «почти в отчаяние», и его мучил вопрос: «действительно ли природа может быть такой абсурдной, какой она предстаёт перед нами в этих атомных экспериментах». Ну, конечно! Абсурдной, мол, может быть только природа, а теория абсурдной быть не может! Небось, Гейзенберга не мучил вопрос: «Зачем было приписывать электронам волновые свойства, которых у них нет?» А ведь их нет: на то, что Дэвиссон и Джермер имели дело отнюдь не с дифракцией электронов, неоднократно указывали разные исследователи, повторявшие их опыт. Но куда там! Теоретикам до безумия хотелось, чтобы волновые свойства у электронов были. Мол, так – гораздо красивее! С голой попой, но в брюликах-то! Только брюлики-то оказались фальшивые...

А, может, всё гораздо проще? Если осознать, что вещество на фундаментальном уровне дискретно не только в пространстве, но и во времени! Смотрите: элементарная частица – это квантовый пульсатор, т.е. циклическая смена, с характерной частотой, двух состояний. Здесь хорошей аналогией является пиксель на мониторе, который циклически то светится, то не светится. Даже дети догадываются, что подобная штукавина и передвигаться может только скачкообразно. Тут-то и стало бы ясно, почему для микромира не годятся уравнения классической механики – в которых всё плавненько и непрерывненько.

Но – нет! Допускать квантовые пульсации было никак невозможно. Это сразу сколько бы дурацких вопросов возникло! Откуда эти квантовые пульсации берутся? Чем определяется их частота? Вы нам, мол, аналогию с пикселями на мониторе не подсовывайте! Пиксель мигает, потому что *так сделано*. Но электроны-то, по высоконаучным раскладам, не могут быть *сделанными*! Они появились на свет божий не иначе как своими собственными силами! Ну, прелесть просто: непрерывный во времени шарик с характерным объёмом, в котором сосредоточена масса, способная лезть в дурную релятивистскую бесконечность, и по которому как-то размазано хрен знает что, называемое электрическим зарядом – да со спином в придачу, который вообще не имеет наглядных представлений. Вот это, мол, по-нашему – и без дурацких вопросов!

Впрочем, один вопрос оставался: почему в камере Вильсона

классическая траектория электрона, казалось бы, предстаёт во всей своей красе, а в атоме электрон ведёт себя совершенно не классически? Правда, никто не видел, как он там себя ведёт, как он там движется – и движется ли он там вообще! – но, судя по тому, как атомы излучали и поглощали, было бессмысленно использовать для атомарного электрона такие классические понятия как «положение», «скорость», «орбита». Пикантность ситуации заключалась вот в чём: те квантово-механические дебри, которые, на взгляд теоретиков, адекватно описывали внутренние атомные дела, работали в абстрактных многомерных пространствах и использовали некоммутирующие величины – поэтому они были принципиально несовместимы с классическими интуитивными пространственно-временными представлениями. Но, видите ли, других пространственно-временных представлений в наших бестолковках нет. Поэтому, когда даже иные продвинутые теоретики пытались въехать, со своей классической интуицией, в квантово-механическую область, результаты неизменно получались плачевные. Чтобы обрести утешение, можно было, например, сдвинуть себе крышу так, чтобы переделать свои пространственно-временные представления под квантово-механические понятия. Целые научные школы пошли по этому пути, страшно гордясь тем, что их ученики обретали возможность квалифицированно рассуждать о том, чего даже не могли себе представить. Дискуссия с этими детьми научного прогресса была заведомо дохлым номером...

Чтобы не остаться не у дел, Гейзенберг предложил, ладно уж, сохранить классические пространственно-временные представления, но установить предел, до которого они работают. Роль этого предела и играли соотношения неопределённостей. «Точнее, чем задают соотношения неопределённостей, о траекториях частиц говорить не имеет смысла, - объяснял Гейзенберг. – Поэтому и не говорите. Наплюйте, и ваш сон сразу нормализуется!» - «Как это – наплюйте? – не унимались коллеги. – Одно дело, если в каждый момент точные положения и импульс у частицы есть, но мы их не можем точно измерить. И другое дело, если их на самом деле нет. Так как же?» - «А какая разница, - растолковывал Гейзенберг, - если эти два случая всё равно неразличимы на опыте? Кстати, об опыте. Результаты измерений, производимых над микрообъектом, непременно выражаются на классическом пространственно-временном языке, но микрообъект-то ведёт себя принципиально иначе! Значит, только измерения и порождают ту реальность в микромире, которую мы можем переварить! А вы пристаёте с вопросом – «а что там на самом

деле!»! Когда никаких измерений не производится! Проспитесь, и всё пройдёт!» Отсюда оставался один шаг до жемчужины квантовой механики – т.н. вероятностной интерпретации.

Надо сказать, что ещё несколько раньше отличился Борн, подсобив Шрёдингеру с физическим смыслом волновой функции. По Борну, квадрат амплитуды волновой функции описывает распределение вероятности пребывания электрона в различных точках пространства – в частности, в различных точках внутри атома. Над борновской трактовкой даже историки хихикают: она основана на классическом представлении о локализации частицы, о её «положении» - а ведь всем разъяснили уже, что внутри атома классические представления не работают! Хоть говори, мол, хоть не говори – всё равно полезут с классическим рылом в квантовый ряд!.. Да, но давайте же заметим, что есть у борновской трактовки и достоинства: она ведь столько радости плутишкам принесла! Это благодаря ей, для атомарного электрона было окончательно отброшено классическое понятие «орбита», и введено квантовое понятие «орбиталь», или «электронное облако», по которому электрон как-то там размазан – в согласии с тем самым распределением вероятностей. Каким образом электрон в атоме движется, будучи размазнёй – над этим вопросом наука больше не мучается. Раньше хоть какие-никакие центробежные силы удерживали электрон от падения на ядро. А теперь, в случае с размазнёй и с отсутствием классического движения, центробежные силы превратились в полную бессмыслицу. Что же удерживает электронное облако от схлопывания на ядро? К такому вопросу академики готовы. «Один дурак может задать столько вопросов, - подмигивают они, - что десять институтов их за десять лет не разгребут!» Вот так у них: с шуточками, с прибауточками! Ну, а если серьёзно? «А если серьёзно, - поднимают они пальчик кверху, - то зачем электронному облаку схлопываться? Орбиталь такая, и всё тут!» Да... с умным видом дурачками прикинулись, и враз отпала необходимость объяснять, почему кулоновское взаимодействие зарядов в атоме не работает. Это какая же гора с плеч свалилась!

А, может, всё гораздо проще и честнее? Атомные структуры создаются и поддерживаются не электромагнитными взаимодействиями, а специальными программными воздействиями на частицы. Оттого-то атомные структуры не бывают произвольными: устойчивыми могут быть только те из них, варианты которых программно предписаны! Алгоритм, который обуславливает атомную связь электрона с протоном – отключая их кулоновское взаимодействие – попеременно прерывает их квантовые пульсации: когда они есть в электроне, их нет в протоне, и наоборот. В результате

получается новая форма движения: циклический переброс квантовых пульсаций из электрона в протон, и обратно. И эта форма движения обладает энергией, которая берётся не из пальца и не с потолка – она берётся за счёт уменьшения собственных энергий электрона и протона, т.е. за счёт уменьшения их масс. Остаётся добавить, что эта энергия зависит от расстояния, на котором работает названный циклический переброс. А это значит, что, при заданной частоте циклических прерываний пульсаций в электроне и протоне, они обязаны находиться на соответствующем расстоянии друг от друга. Вот вам и простейшая атомная структура! Кстати, и ядерные структуры формируются по такому же принципу. Только частоты квантовых пульсаций там побольше, и частоты их прерываний – тоже, оттого и дефект масс там гораздо заметнее. При таком подходе, одним махом объясняются все основные свойства ядер – без привлечения, как в официальной физике, целого набора моделей ядра (капельной, оболочечной, и т.д.), исходные предпосылки которых противоречат друг другу. Заодно объясняется многострадальный эффект Комптона – с анти-комптоновской компонентой в придачу!

Заметим: если ядерные и атомные структуры формируются программными предписаниями, то молекулярные структуры – это совсем другое дело. Молекулы бывают самые разнообразные, и, значит, их структура не задана программно: здесь допускается произвол. Но по химической связи квантовая теория тоже потопталась. Ионную химическую связь трогать не стали: с ней и так всё было ясно. Знаете, как, по-научному, образуется молекула хлористого натрия – та самая, солёненькая? У атома натрия один внешний электрон, и он ему сильно мешает по жизни, поэтому атом так и ищет, кому бы его сплавить. Атому хлора, наоборот, как раз одного электрона не хватает для полного счастья, поэтому он всегда готов принять его в свои распостёртые объятия. И вот, при личной встрече, атом натрия «легко отдаёт» свой электрон атому хлора – к обоюдной радости. Из двух атомов получаются два иона – положительный да отрицательный – которые притягиваются друг к другу; вот вам и молекула! Да... если бы атомы могли слышать это, они бы очень удивились. Они ведь, вообще-то, устойчивы: атом натрия не отдаст электрон просто так – его придётся *оторвать*. При обычных температурах, характерная тепловая энергия на два порядка меньше, чем энергия ионизации натрия – значит, «тепловой» вариант отрыва электрона отпадает. Атому хлора тоже не по силам оторвать электрон у атома натрия: в ионе хлора этот электрон связан слабее, чем в атоме натрия. Вот интересно – какие заветные слова говорит хлор натрию, после чего тот «легко отдаёт» свой электрон? А ведь через эти заветные слова

получаются не только двухатомные молекулы, но и целые кристаллы – так называемые «ионные». Которых, согласно теореме Ирншоу, и быть-то не может: статическая система электрических зарядов не может быть устойчивой. Ну, точно – с ионной химической связью всё было ясно... поэтому взялись прояснить ковалентную химическую связь, между однотипными атомами: водорода, например. Само собой, без волновых функций тут ничего не прояснилось бы. Ведь какая прелесть обнаружилась! При описании того, что атомы водорода вдавливаются друг в друга, волновые функции электронов частично перекрываются – и становится возможен математический трюк с этими функциями, в результате которого электроны как бы меняются местами друг с другом. Казалось бы, ну и что с того? А то, что из этого «как бы обмена местами» вылезает выражение для так называемой обменной энергии – вот на ней-то, мол, молекула и держится! Фокус здесь в том, что этот «как бы обмен местами» - не более чем формальная математическая процедура. «Как математическая процедура может породить связь в молекуле?» - поражались те, кто впервые об этом слышал. «А это чисто квантово-механический эффект, - поясняли им. – Классических аналогов не имеет. Привыкайте!»

Кстати, в дальнейшем выяснилось, что аргумент «это квантово-механический эффект!» производит на спорщиков почти волшебное просветляющее действие. «С какой это радости в сверхпроводнике электроны соединены в пары Купера?» - «Ну, это чисто квантово-механический эффект!» - «А почему возникает сверхтекучесть?» - «Это тоже чисто квантово-механический эффект!» И так далее – до полного просветления. Студентам рекомендуем: научите попугая чирикать «Это кванта-механический эффект!» - и он сможет вполне квалифицированно отвечать на любые вопросы по проблемам физики микромира.

Но вернёмся к вероятностной интерпретации! Ведь теоретиков озарило, что вероятностный-то подход и даёт заветный ключик к пониманию сути той загадочной границы, которая разделяет классический и квантовый миры. Интересно у них получилось! В макромире законы, как известно, проявляются через взаимно-однозначные соответствия: при конкретных начальных условиях результат выйдет тоже конкретный. Когда же исследователи пытались влезть в микромир, они неизменно нарывались на отсутствие однозначности. Ну, и наконец-то придумали, как из наличия однозначности получить её отсутствие: однозначные законы действуют, мол, и в микромире – но они определяют не сами физические величины, а только вероятности их значений! Вот,

оказывается, почему в микромире всё так зыбко и склизко, всё расплывается и ускользает между пальцами! Вот, оказывается, откуда берётся *неопределённость*! И дело, оказывается, не в том, что, по любому поводу для изменения состояния микрообъекта, у него имеется богатый выбор других состояний, в которые можно перейти – с той или иной вероятностью. И, какое из них реализуется в каждом конкретном случае – заранее предсказать невозможно. Нет, переход из одного чистого состояния в другое – это было бы слишком просто. Всё гораздо веселей: микрообъекты, уверяют нас, норовят пребывать в смешанных состояниях, т.е. в нескольких чистых состояниях сразу. Например, иметь сразу пять различных энергий. Или быть сразу в трёх различных местах. Ну, типа, сразу и рядом с женой, и у любовницы, и в библиотеке. Главное, чтобы у смешанного состояния сумма вероятностей пребывания во всех его чистых состояниях была равна единице. А в результате взаимодействий, мол, происходят всего лишь перераспределения вероятностей чистых состояний. Ну, типа, заедет жена сковородкой между глаз – и вероятности пребывания у любовницы и в библиотеке несколько уменьшатся. Но полная сумма всё равно останется равна единице. Представляете, красотища какая! Наконец-то теоретики создали могучий и универсальный инструмент познания, который легко рассеивал недоумение по поводу *любых* чудес, получавшихся в экспериментах с микрообъектами! Осознав это, они заговорили о том, что квантовая механика достигла своего логического завершения, добравшись до самых фундаментальных основ устройства физического мира.

Ну, это само собой. Было время, когда все проблемы мироустройства объясняли тем, что «Бог так сотворил». А теперь стали всё объяснять тем, что, мол, «вероятности такие». Но – наверное, от радости – не заметили, что второе из этих объяснений, в сущности, тождественно первому. Поясняем. Как ни крути, а закономерности в микромире действуют: атомы имеют характерные структуры и характеристические свойства, обмениваются друг с другом квантами энергии отнюдь не хаотически, и т.д. Если всё это обусловлено вероятностями, то закономерностям должны подчиняться сами вероятности – иначе в микромире был бы полный бардак. А если закономерностям подчинены вероятности, то это означает, что вероятности *изначально заданы*! Кто же потрудился их задать, господа теоретики? Или вы до сих пор от радости плохо соображаете?

Кстати, и радовались-то поначалу далеко не все. Эйнштейн, например, вообще перепугался. Дело и впрямь выходило нешуточное: если на фундаментальном уровне миром правят вероятности, то что же станет с теорией относительности, которая выстроена на

детерминистских преобразованиях Лорентца, появившихся благодаря детерминистским уравнениям Максвелла? Вэй, вэй, непорядок! Если раньше Эйнштейн, на правах доброго дядюшки, лишь слегка подтрунивал над квантовой механикой, то теперь, когда дело дошло до вероятностной интерпретации, дядюшку словно подменили: он был готов прихлопнуть обнаглевшую соплячку на месте. И то в ней стало не так, и это – не этак! Судьба бедняжки висела на волоске: Эйнштейн упорно выискивал всё новые возможности, чтобы заклеить её как неисправимо порочную – но плеяда копенгагенцев, под предводительством Бора, талантливо отвергала все притязания Эйнштейна, как недостаточно обоснованные... Вконец охрипнув, высокие стороны уже шёпотом озвучили мирное соглашение: «Пусть живут и теория относительности, и квантовая механика, хотя они принципиально несовместимы друг с другом. А ежели кто попытается их совместить и получит, знамо дело, чушь собачью – так пусть это будут его, идиота, трудности!»

Мало кто слышал этот зловещий шёпот, и уж наверняка его не слышал Дирак. Иначе он и не взялся бы соорудить релятивистское квантово-механическое уравнение для электрона – зачем стараться, если заранее известно, что получится «чушь собачья»? Впрочем, Дирак был на редкость целеустремлённым, и чушь в итоге получилась не такая уж и собачья. Вот, посудите сами. Из теории Дирака прямо следовало, что свободные электроны могут иметь не только положительные энергии – суммы собственных и кинетических энергий – но и точно такие же по величине, только... отрицательные. Причём, немедленно получалось, что электроны, имеющие отрицательную энергию, должны иметь отрицательную массу. Представляете? Все приколы «Страны чудес» Кэрролла – это детский лепет по сравнению с одним таким приколом, как «отрицательная масса». Смотрите: электрон, испытывающий силу притяжения к положительному заряду, из-за своей отрицательной массы ускоряется не туда, куда его тянут, а в противоположном направлении! Про таких говорят – если в реке утонет, то искать его нужно будет выше по течению. Представили? Ну, вот ещё примерчик: бьёт электрон, имеющий отрицательную массу, теоретика по башке. Натурально, передаёт этой башке импульс. Только импульс этот направлен не так, как казалось бы, а наоборот. Хлоп теоретика – что в лоб, что по лбу – а башка его, вместо того, чтобы откинуться назад, клюёт вперёд! «Слушайте, - тактично обращались к Дираку оппоненты, - давайте не будем доводить маразм до абсурда!» - «Чего-чего? – вскидывался Дирак. – Теорию относительности и квантовую механику вы называете маразмом, а их прямые следствия – абсурдом?! Так и

запишем...» И оппоненты моментально испарялись с горизонта. «Наскоком Дирака не ущучить, - прикидывали они, - уж больно он талантлив! Ладушки, мы вот что тебе устроим...» И устроили. Понимаете, согласно релятивистским воззрениям, энергия свободного электрона может быть как угодно большой – вплоть до бесконечности. С лёгкой руки Дирака, энергии электронов с отрицательной массой тоже могли забираться в бесконечность – только в отрицательную. Но это значит, что состояния с наименьшей энергией не существует, а тогда неустойчивы состояния нормальных электронов, имеющих положительные энергии: все эти электроны, через квантовые скачки, сваливались бы в бездонную пропасть отрицательных энергий. Довольно скоро мир остался бы без нормальных электронов! Что, мол, на это скажете, Дирак Вы наш?.. Ха-ха! С этой проблемой Дирак разделался одним плевком, выдав дополнительное предположение: все состояния с отрицательной энергией уже заняты, господа! Бездонная пропасть уже заполнена, так что некуда сваливаться нормальным электронам! Пусть живут и радуются! «Так это что же, - обалдевали коллеги, - мы живём в бесконечном океане отрицательной энергии, и не замечаем этого?» - «Ну, зачем вы так, - приводил их в чувство Дирак. – Если присмотреться, то можно кое-что заметить». И начинал ликбез: если, мол, электрон с отрицательной энергией возьмёт да поглотит себе достаточно энергичный гамма-квант... (в этом месте у слушателей отваливались нижние челюсти: по всем раскладам, поглотить квант свободный электрон не может) ...то, мол, этот электрон забросится в состояние с положительной энергией. И получится в итоге что? А вот, мол, такая парочка: нормальный электрон и – на месте прежнего – «дырка» в океане отрицательных энергий, чувствуете? Причём, эта «дырка», мол, не простая, а вся из себя положительная: и по заряду, и по массе! Коллеги чуяли и цепенели от ужаса, и вправду кое-что замечая: у Дирака внаглую нарушались законы сохранения и заряда, и массы. Но уж так запугал своих оппонентов талантливый Дирак, что никто и пикнуть не смел. В довершение к этому кошмару, Андерсону удалось сфотографировать след частицы, которая ионизировала газ так же, как и электрон, но имела, несомненно, положительный заряд. Дираковская «дырка от бублика» оставляла трек в камере Вильсона! «Ну, что я вам говорил ещё год назад?!» - ухахатывался Дирак.

В общем, чтобы пресечь массовую истерику среди физиков, самые стойкие из них дали необходимые разъяснения. Да, мол, Дирак немного погорячился со своим релятивистским квантово-механическим уравнением – никто в здравом уме не будет применять его для расчёта движения электрона в ускорителе или в

электровакуумном приборе. Да, Дирак немного погорячился также насчёт океана отрицательных энергий. Да, а ещё он немного погорячился насчёт «дырок» в этом океане – Андерсон запечатлел совсем не «дырку», а натуральную частицу. Видите: погорячился, погорячился, погорячился... Так он и дальше будет горячку пороть: горланить, что он первый брякнул про штучку с массой электрона и положительным зарядом! Ей-богу, дешевле будет признать его великим теоретиком, предсказавшим существование первой из открытых античастиц – позитрона! Виват, господа! Гоним зайца дальше!

Здесь самое время заметить: всё то, до чего дошёл пылающий разум теоретиков, когда они квантовали состояния вещества – это пустяки по сравнению с тем, до чего они дошли, квантуя электромагнитное поле. Ведь между веществом и полем есть принципиальная разница. Вещество – оно в природе есть. А поле... ну, в общем, его нет. Теория поля – это теория того, чего нет. Квантовая теория поля – это квантовая теория того, чего нет. Поле, вообще-то, понадобилось лишь как посредник во взаимодействиях электрических зарядов на расстоянии. Без такого посредника физикам и белый свет не мил. Если, мол, такого посредника нет, то от взаимодействия зарядов на расстоянии пахнет «мистикой и спиритизмом». Эк куда хватили! Да если мистики и спириты попытались бы разобраться в квантовой теории поля – они бы позеленели от зависти!

Помните, мы говорили, что различными формами физической энергии обладает только вещество? Ну, вот: тогда не нужен заполняющий пространство между зарядами посредник для передачи энергии. «Кому-то не нужен, - возразят нам, - а кому-то очень нужен! Вопрос должен решаться не на уровне субъективных склонностей, а на уровне объективных экспериментов!» Так мы разве против? Смотрим правде в глаза: ни один объективный эксперимент не говорит прямо о поведении поля, все они говорят о поведении только *вещества*. Смотрят на поведение зарядов и выводы делают: «Ах, вон куды электрончик понесло... Ах, вот какой точок в катушечке наводится... Ну, стало быть, поле там такое!» Только так! Глядя на поведение вещества, поведение поля *домысливают*. Ёлки-палки, объективнее некуда: поведение поля – это сплошные домыслы! Кому-то там очень нужны!

Ну, вспомним историю: было время, когда считалось, что пространство между атомами заполняет эфир, в котором возможны механические напряжения-натяжения и даже механические волны. Всё это описывалось уравнениями Максвелла. Заряды дёргались, от этого по эфиру бежали волны, которые приводили в движение другие

заряды. Никакой мистики, всё очень физично-с! А потом, ради нужд теории относительности, эфир пришлось упразднить. И что же предложили взамен прежнего посредника во взаимодействиях зарядов? Да только и предложили, что одно название: поле. Новая физическая реальность, мол, просим любить и жаловать! А за что её любить, спрашивается? За то, что ей на халяву досталось чужое добро – уравнения Максвелла? Так ведь говорят же, что на чужом несчастье своего счастья не построишь. И точно! Раньше уравнения Максвелла имели чёткий физический смысл, и волны, которые бегали между зарядами, были волнами в среде – как волнам и положено. Теперь же уравнения Максвелла утратили физический смысл, а волны стали волнами... в пустоте. «Да не в пустоте, - поправляют нас, - там же поле есть!» Ну, ладно, бывшие волны в среде стали волнами в поле – вам от этого легче? Волновое движение среды – это понятно. А что такое «волновое движение поля»? Что там, в чистом поле, колеблется? «Энергия поля!» - отвечают нам. Слушайте, милейшие: для колебательных движений необходимы возвращающие силы. Какова же природа возвращающих сил, действующих на «колеблющуюся энергию» в чистом поле? До сих пор не надыбали? Ай-яй-яй! Чем же вы занимались сотню лет – делая вид, что развиваете теорию поля?

Развивали-развивали, а две главные проблемы поля так и остались. Во-первых, полевая энергия заполняет всё пространство сплошняком, а также имеет бесконечно широкий спектр – т.е. поле имеет, как говорится, бесконечное число степеней свободы. А поскольку на каждую степень свободы приходится конкретная тепловая энергия, то оказывается, что, при температурах выше абсолютного нуля (проще говоря, всегда) энергия любого конечного объёма поля – бесконечна! Где вы такое видели, милейшие? Во-вторых, в отличие от эфира, который, как считалось, существовал независимо от зарядов, поле зарядами-то и порождается. До чего красиво: каждый заряд даёт свой скромный вклад в суммарное поле, а это суммарное поле, в свою очередь, действует на каждый заряд. Выходит, что каждый заряд действует, в том числе, и сам на себя. Шутка, да? Отнюдь: из-за этой «шутки» даже в теории получались жуткие проблемы с расходимостями. Как только с этими расходимостями не боролись: и «обрезали» их, и «перенормировали» - да толку-то? Как уродство ни ретушируй, оно уродством и останется!..

Но вот... чей это вкрадчивый голосочек послышался? «Только я помогу решить ваши проблемы!» - «Кто ты?» - обомлели измученные теоретики. «Не признаёте, что ль? Обидеться могу!» - «Ах, боже ты мой, господа! Это же квантовая теория поля! Долгожданная ты наша!» И там такое началось...

Короче, проквантовали поле начисто: никаких непонятных волн в нём больше не осталось. Стало поле набором квантов, или фотонов. Летают они, друг сквозь друга проходят, друг другу при этом не мешаючи... А почему так? А потому что фотон – это как бы отрезочек волны, понимаете? А для волн это нормально, мол – проходить друг сквозь друга! Слушайте, милейшие: с этим открытием вас, конечно, можно поздравить, но как там дела с предвыборными обещаниями – насчёт решения проблем? Число степеней свободы поля уменьшилось? Да нет, так и осталось бесконечным. Более того: проквантовать поле ухитрились так, что на одну степень свободы, даже при абсолютном нуле температуры, стала приходиться ненулевая энергия! Теперь поле сохранялось даже в немыслимой ситуации – при абсолютном нуле! – имея всё ту же бесконечную энергию! Вот так мы, значит, проблемы решаем? Ну, ну. А действие заряда самого на себя – устранилось? Ну, что вы! Устранится оно здесь, как же. Впрочем, продвиг – налицо: прежнее классическое уродство стало квантовым уродством – теперь оно только специалистам бросается в глаза.

Кстати: как бы не пыжилась квантовая теория поля, помимо квантовой передачи энергии на расстояние есть ещё и передача волновая. В смысле – принципиально волновая. Можно квантовать её до потери пульса, но она от этого не перестанет быть волновой. В ней даже атомы участвуют! Речь о распространении радиоволн – которое никакими квантовыми скачками в атомах не сопровождается. Как можно не видеть принципиальную физическую разницу между волновой и квантовой передачами энергии? Это ведь так просто: в первом случае те или иные колебания зарядов на частоте волны происходят, а во втором случае – не происходят! Зачем же было простирать длань квантующую в область радиоволн? Гулять, так гулять, да? Раз пошла такая пьянка – режь последний огурец? Погуляли, чего уж там. Помните, выше мы говорили о проблемах с размерами фотонов? Так это были ещё пустячки, ведь речь шла о видимом свете, с длинами волн всего-то около полмикрона. А теперь представьте, что вместо радиоволн летают радиокуанты – скажем, с метровыми длинами волн. Проблемы с их размерами обостряются, как показывает несложный расчёт, в пару миллионов раз. Радиоинтерферометры со сверхдлинными базами отлично работают – при том, что их приёмные антенны разнесены на межконтинентальные расстояния. Радиокуант при этом должен иметь тысячи километров в поперечнике и ещё больше – в длине. И вот такая тысячекilометровая дура, значит, способна лететь от атома-источника к атому-приёмнику, когда расстояние между ними составляет, скажем, десяток Ангстрем? Причём, эта дура умудряется

излучаться и поглощаться мгновенно – согласно постановлению Первого Сольвеевского конгресса? Дяденьки, вы что же – во всё это верите?

А ведь главные достижения квантовой теории поля были ещё впереди. И касались они взаимодействия с полем не атомов, а свободных зарядов – например, электронов. Если поле – это набор фотонов, то, чтобы свободным зарядам взаимодействовать через поле, им пришлось бы обмениваться фотонами. Но свободный электрон не может ни поглотить, ни излучить фотон, поскольку у электрона нет необходимой для этого внутренней структуры. Некоторые теоретики считают, что в фотон может прямо превратиться кинетическая энергия электрона, и пример приводят: рентгеновские лучи, мол, порождаются при резком торможении электронов, бомбардирующих антикатод рентгеновской трубки. Но тогда – ведь тормозиться можно по-разному! – спектр излучения рентгеновской трубки был бы сплошной. А он имеет характеристические пики – свои для каждого материала антикатада. Стало быть, дела такие: налетающие электроны вышибают из атомов антикатада внутренние электроны, и, при сваливании в эти вакансии внешних атомарных электронов, излучаются рентгеновские кванты. Это подтверждается тем, что характеристические пики имеются лишь в рентгеновских спектрах излучения, но не поглощения! Короче: не могут обмениваться фотонами свободные электроны, особенно покоящиеся – при этом нарушался бы закон сохранения энергии.

Как быть? А помните, чему учит квантовая теория: возможны какие угодно большие неопределённости у энергии – правда, на достаточно малых интервальчиках времени. Как говорится, хорошего – понемножку. Но теоретики и этому были рады без ума. Ведь какая прелесть получилась! Если допускать, что основной закон не работает даже в течение короткого периода, и успевать за этот период обтяпывать свои делишки, то можно смело творить что угодно! Ну, и кинулись теоретики наперегонки – тоже творить, значит. И сотворили то, что называется виртуальными фотонами. Для которых «как бы не выполняется закон сохранения энергии» (это официальная формулировка!). Внимание, мистики и спириты! Чтобы не отвечать за это «как бы невыполнение закона сохранения энергии», теоретики постулировали, что виртуальные фотоны принципиально не поддаются детектированию. Этим виртуальные фотоны существенно отличаются от реальных: их «как бы нет»! А в остальном у них всё по науке: они должны переносить вполне реальные энергию и импульс! Это само собой, ведь взаимодействие между двумя электронами рассматривается как испускание виртуального фотона одним

электроном и поглощение его другим. Главное, чтобы это проделывалось достаточно быстро – чтобы публика не успевала глазом моргнуть. Ну, а для облегчения публике привыкания к подобным чудесам, разработали схематические комиксы, которые по-научному называются «фейнмановские диаграммы». Тут достаточно научиться отличать волнистые линии от прямых – и сразу начинаешь чувствовать себя крутым специалистом по виртуальной реальности. Вишь, как эта реальность виртуальничает: и прямо тебе, и внахлёт, и стежками тебе, и петельками! И, главное, всё это – неопровержимо, поскольку виртуальная реальность, мол, не поддаётся детектированию! Такие весёлые картинки и самому рисовать можно – «твори, выдумывай, пробуй!» - надо лишь соблюдать единственное правило: при проведении прямой линии, рука не должна дрожать. Нарисуешь твёрдой рукой парочку таких картинок – и само собой приходит убеждение в том, что виртуальная реальность не менее реальна, чем реальность реальная! Студенты просто балдеют...

Втолкуй потом этим фанатам виртуальной реальности, что никакого поля нет! Вон, сегодня медицина совершенно официально говорит о синдроме пристрастия к виртуальной реальности. Медицинские светила дают рекомендации по уходу за больными: контакт с виртуальной реальностью позволять не более часа в день, вести побольше разговоров на разные отвлекающие темы, и т.д. Хватились, Склифософские! Прикиньте, как долго физики буквально вопили о том, что страдают этим самым синдромом – а медицина не приходила им на помощь! Но радуется, что процесс наконец-то пошёл!

Тем из фанатов поля, кому трудно сразу представить, что никакого поля нет, можно попробовать справиться с этой задачей в два приёма: для начала освоиться с тем, что нет никаких фотонов. Как уже говорилось, эксперименты показывают следующее. Кванты световой энергии перебрасываются с атома на атом, практически, мгновенно – на расстояния, по крайней мере, в несколько метров. При таком перебросе не происходит передача импульса. Вам мало того, что «фотоны» не летят вообще и не летят со скоростью света в частности, а также не переносят импульс? Ладно, можем продолжить. «Фотоны» не испытывают ни гравитационных, ни квадратично-доплеровских сдвигов частоты – этим сдвигам подвержены лишь уровни энергии в веществе (см. «Фиговые листики...»). «Фотоны», далее, не испытывают и линейно-доплеровских сдвигов частоты: с этими сдвигами работает навигатор квантовых перебросов энергии, но на величине перебрасываемой порции энергии не сказывается то, что отдающий и принимающий атомы как-то там движутся. Наконец, совершенно не по делу к фотону пытаются прицепить ярлык

полноценной талантливой частицы, которая способна полностью превращаться в частицы вещества, и обратно. По жизни эти таланты никогда не проявляются! В рассказах про то, как гамма-квант, имеющий достаточную энергию, лихо превращается в пару электрон-позитрон, кое-что умалчивается. А именно: гамма-квант должен попасть в тяжёлое ядро – откуда и вылетит та парочка. Без ядра сей фокус не получается... Вроде дипломированные специалисты – святая наука, мол, то да сё – а на мелком надувательстве ловятся. Что уж говорить про надувательство крупное – насчёт т.н. аннигиляции электрона с позитроном, которые, якобы, исчезают полностью, превращаясь в два кванта по 511 кэВ штука. Дурить нас изволите! Здесь получается *один* квант на 511 кэВ, а электрон и позитрон не исчезают полностью, а образуют сильно связанную пару – которая может вновь распасться, получив достаточную энергию. Нету у фотонов и частиц вещества взаимопревращаемости. Есть только сказочки о ней. О, на какие хитрости пускались экспериментаторы, чтобы выдавать эти сказочки за действительность (см. «Фиговые листики...»)!

Ну, и что же остаётся у фотона от полноценной частицы? Только служебное удостоверение, да? В котором для лопухов прописано, что предъявитель сего является одной из четырёх фундаментальных, абсолютно стабильных частиц? Прописями для лопухов не сваяешь физических свойств, любезные! Все, кажется, согласны с тем, что верховным судьёй в подобных разборках является Его Величество Эксперимент? Так извольте принять его вердикт: фотонов нет. А теперь вспомните, чему учит квантовая теория: поле – это, мол, набор фотонов. Нет фотонов – нет и поля. Понимаете?

«Но не могут же заряды действовать друг на друга непосредственно!» - кричат нам. Конечно, не могут. Иначе до смешного бы доходило. Особенно если верить тому, что одноимённые заряды отталкиваются друг от друга. Вот, смотрите: свободный электрон. Считается, что его заряд как-то там размазан по его объёму. Правда-правда: есть целое экспериментальное направление в физике элементарных частиц – определение форм-факторов, т.е. функций, описывающих распределение заряда в объёме частицы. Ну, вот: размазан заряд по объёму электрона – значит, на каждый кусочек электрона приходится какой-то зарядик. Если эти зарядики расталкиваются – причём, со страшной силой! – то пришлось бы допускать наличие контр-воздействия, которое сдерживает электрон от того, чтобы он взорвался. Мало того, что при таком допущении подмачивалась бы репутация электрона как элементарной частицы. Энергии разрывающих и сдерживающих электрон воздействий были

бы чудовищны, на порядки превышая энергию, соответствующую его массе покоя. Но тогда выходило бы, что при аннигиляции эта чудовищная энергия исчезает бесследно. Тут даже виртуальные фотоны ничем не смогли бы помочь!

А может, всё гораздо проще? Частица обладает электрическим зарядом, если в ней имеются квантовые пульсации на определённой частоте, которую предложили называть электронной. Потому что у электронов эта частота – именно такая (около $1.24 \cdot 10^{20}$ Гц). Разноимённость электрических зарядов обусловлена противофазностью квантовых пульсаций на электронной частоте. Таким образом, электрический заряд не является энергетической характеристикой, и заряды вовсе не действуют друг на друга. Наличие у частицы электронной частоты – это всего лишь маркер для пакета программ, который обеспечивает работу того, что называется электромагнитными взаимодействиями. Имеет частица такой маркер – значит, этот пакет программ на неё действует, управляя превращениями её энергий. У свободных заряженных частиц управляются превращения между их собственными и кинетическими энергиями. Алгоритм примерно таков: двигайтесь так, чтобы нейтрализовать нарушения равновесных распределений зарядов. Грубо говоря, вот вам и вся электродинамика свободных зарядов! Никакого поля, никаких волн. То, что кажется нам волной – это просто последовательные подвижки зарядов: с запаздываниями, обусловленными быстродействием того самого пакета программ. Это быстродействие и определяет величину «скорости электромагнитных волн в пустоте».

Аналогично проявляется и быстродействие навигатора квантовых перебросов энергии: поиск атома-получателя производится со скоростью света, а потом – раз! – и делается мгновенный переброс порции энергии с атома на атом. Конечно, такие процессы никак не вытекают из свойств самих атомов, и поэтому они должны быть обусловлены каким-то дополнительным управлением. «Ага, чем-то сверхъестественным, - подсказывают нам академики. – Так сверхъестественного не бывает! Всё, что бывает, оно естественно. А что сверх того – с тем обращайтесь к психиатрам!» Минуточку, давайте уточним, кому следует обращаться к психиатрам. Словечко «сверхъестественное» - многозначное. Сверхъестественное – в смысле, что не действует на физические приборы? Так это как раз характерная особенность вашего «поля». Типичная сверхъестественность! Которой, по-вашему, не бывает. А, может, вы имели в виду сверхъестественное – в смысле, лишняя сущность, по которой бритва Оккама плачет? Ой-ой-ой! Да в вашей теории поля – которого нет – лишние сущности

приходится штабелями складывать. Тут бритвы мало, тут бульдозер нужен! А, может, имелось в виду сверхъестественное – в смысле, чересчур сложное для понимания? Ладно вам приbedняться-то! Помните, мы иллюстрировали квантовый пульсатор мигающим пикселем на экране монитора? Развиваем эту аналогию: два пикселя мигают в разных местах экрана. И вот (по команде «Оп!») производится следующее: частота миганий одного пикселя уменьшается на некоторую величину, а частота миганий другого – на такую же величину увеличивается. Вот вам и модель квантового переброса энергии. Школьникам понятная! Для сравнения: что такое, например, «оператор рождения фотона» - школьники не понимают категорически. Скажем вам по секрету: психиатры тоже этого не понимают! Только не пытайтесь им объяснять – иначе вам же хуже будет.

После всего сказанного, имеются ли у кого ещё свидетельства в защиту идеи о том, что световая энергия может пронизывать пространство, имея независимое существование от излучателей и приёмников? «Имеются, имеются!» - вопиют академики. И рассказывают трогательную историю. Пусть, мол, в десяти световых годах от нас сгенерировали мощную вспышку света, после чего излучатель сразу уничтожили... а приёмник мы еле успели построить к концу десятого года – но световой сигнал всё же приняли! Где же, мол, находилась световая энергия все эти десять лет, когда излучателя уже нет, а приёмника ещё нет? Отвечаем. Ясно, где она находилась – скакала с атома на атом в межзвёздном пространстве, продвигаясь к строящемуся приёмнику. «Тогда, - торжественно восклицают академики, - предельная интенсивность пропускаемого света определялась бы концентрацией атомов, по которым он «скачет»! Чем меньше была бы концентрация, тем хуже пропускался бы свет! А это не так: в лабораториях мы пропускаем сквозь сверхвысокий вакуум лазерные интенсивности!» Конечно, пропускаете. Только заметьте: в лабораториях. Где длина участка со сверхвысоким вакуумом – копеечная. Где свет может «скакать» со входного окошка прямо на выходное. А вот на космических просторах – всё совсем по-другому. Там малая концентрация вещества действительно служит ограничителем пропускной способности. Есть мнение, что постоянство «солнечной постоянной», т.е. мощности солнечного излучения, обусловлено отнюдь не стабильностью работы Солнца-излучателя (какая там стабильность? Вы взгляните на то, что там творится!), а как раз малостью концентрации межпланетного вещества, пропускающего солнечное излучение на пределе своих возможностей. Была бы эта концентрация на порядок больше –

Солнышко нас сожгло бы. Не верите? А знаете, что получалось, когда большая комета проходила между Солнцем и Землёй? Хвост кометы, направленный от Солнца, формировал створ с повышенной концентрацией вещества, через который Солнце припекало Землю сильнее, чем обычно. Где-то от этого приключались незапланированные засухи, а где-то, наоборот, наводнения... а через это – голод, эпидемии, войны... Но нынешняя наука полагает, что тянувшийся из глубины веков ужас перед кометами, как предвестниками катаклизмов – это не более чем глупые суеверия. Выдуманные тёмными народными массами от нечего делать... А скажи-ка, нынешняя наука: почему провалилась такая интересная затея – поражать лазерными лучами космические объекты? Есть же опытные образцы газодинамических лазеров, которые прожигают броню и сшибают крылатые ракеты. Правда – вблизи поверхности Земли. А в открытом космосе ничего подобного не получается. С чего бы? Вакуум там вполне хорошего качества. Бери да пропускай сквозь него «лазерные интенсивности»! Ан нет. Лазер, который сквозь воздух прожигает металл, в космосе едва справляется со смехотворной задачей – выведением из строя светочувствительных элементов у спутника-шпиона. Только, дорогой читатель, смотрите – это военная тайна! Если её разгласить, то что же будет с мультиками, киношками и компьютерными игрушками, которые фабрикуют по тематике «звёздных войн»? Спрос на них резко упадёт! К такому удару мировая экономика не готова!

Ну, и под занавес мы ещё успеем увидеть, до чего дошли учёные мужи, вооружённые квантовой теорией, в физике атомного ядра. Исходили-то из того, что протоны, имея положительные заряды, должны кулоновски отталкиваться друг от друга. Ядерные силы, мол, гораздо сильнее, но зато они короткодействующие: протоны сцепляются, лишь касаясь друг друга бочками. Значит, чтобы протонам сблизиться до касания бочками, они сначала должны пересилить отталкивание – преодолеть т.н. кулоновский барьер. Чтобы такое происходило в естественных природных условиях, протоны должны весьма нехило соударяться – имея энергии, соответствующие температурам в десятки миллионов градусов. Где же в природе бывают такие температуры? «А в звёздах! – догадались учёные мужи. – Там-то атомные ядра и слипаются!» Но позже выяснились кошмарные вещи: в Солнце ядра, скорее, разлипаются, поскольку к Солнцу падают самые разные атомы, а вылетают из Солнца – протоны! Как-то это не стыкуется с версией о том, что на Солнце идут термоядерные реакции! «Ничего, ничего! – не растерялись учёные мужи. – В лабораторных условиях у нас всё получится! Ведь протоны

можно разогнать до нужной энергии на ускорителе. Щас как обстреляем мишень протонами – то-то они на её ядра поналипнут!» Ну, и чего? Вышло опять какое-то конфузище: при малых энергиях протоны просто рассеивались на ядрах, а при энергиях поболее они вызывали ядерные реакции – даже если протон и «прилипал» к ядру, такое ядро долго не жило. Бывали, впрочем, исключения; например, таким образом из лития получался изотоп бериллия, но эта реакция имела резонансный характер – она происходила лишь при одной определённой энергии налетающего протона. В общем, лабораторный опыт с полной определённой подтверждал: откуда берутся составные ядра – науке было совершенно непонятно.

«А чё нам мучиться над тем, откуда они берутся? – зашептали учёные мужи. – Делать нам больше нечего, что ли? Будем исходить из того, что они уже откуда-то взялись. Вот сообразим, на чём они держатся – и все дела!» Сказано – сделано. Получите, мол, мезонную теорию ядерных сил! Без обману: всё по последней «кванта-механической» моде! Короче: нуклоны – протоны и нейтроны – притягиваются друг к другу потому, что, дескать, обмениваются друг с другом пи-мезонами. Да не простыми, а виртуальными. Что виртуальными – это принципиально, это сразу развеивает разные недоумения. Например, недоумение первое: откуда пи-мезоны берутся в нуклонах? Да ниоткуда не берутся! Их же «как бы нет»! Или, вон, недоумение второе: перебрасывание друг другу массивных частиц может породить лишь силы отталкивания, но не притяжения! Ха-ха! Это в классической механике так; а в микромире, мол, возможны любые чудеса – даже притяжение вбок! Постойте, постойте! Виртуальные пи-мезоны, по-вашему, могут переносить из нуклона в нуклон реальный заряд, превращая нейтрон в протон, или наоборот. Нейтрон, как известно, может превратиться в протон, но ведь освобождается при этом электрон, а не пи-мезон, масса которого на два порядка больше разности масс нейтрона и протона! Ха-ха! А на что же, мол, принцип неопределённости, согласно которому закон сохранения энергии может «как бы нарушаться»? Исходя из «нарушения», соответствующего массе пи-мезона, получили ограничение на время его жизни в ядре: не более 10^{-23} с. За это время он едва успевал бы преодолеть «радиус действия ядерных сил», двигаясь со скоростью света. На соплях, но успевал бы! Вот на этом-то, мол, ядра и держатся!

Эта склизкая версия не давала ответов даже на простейшие вопросы. Если ядерные силы одинаковы между любой парой нуклонов (протон-протон, протон-нейтрон, нейтрон-нейтрон) – то почему не бывает нуклонных комплексов из одних протонов или

одних нейтронов? И зачем вообще нужны нейтроны в ядре? Да не просто нужны: почему, чем больше в ядре протонов, тем всё большее число избыточных нейтронов требуется, чтобы ядро было стабильно? И так далее – почему, да зачем, да с какой стати... Простейших вопросов было столько, что мезонная теория так и не добралась до главного вопроса, на который должна отвечать теория ядерных сил: откуда у связанных нуклонов берётся дефект масс? Тот самый, не понимая природы которого, сделали атомную бомбу!

Ободрённые этим оглушительным успехом, затеяли ещё одно доброе дело – так называемый управляемый, так называемый термоядерный, и так называемый синтез. Печальный опыт, полученный при попытках синтеза ядер на ускорителях, академиков ничуть не смущал. «Мировые энергетические проблемы будут решены, - втолковывали они публике, - если мы научимся разогревать сверхлёгкие ядра до десятков миллионов градусов. При этом ядра смогут преодолевать кулоновский барьер. И начнут слипаться, как миленькие – с выделением огромной энергии!» Дяденьки, а зачем вам для этого нужны десятки миллионов градусов? Возьмите простейшую реакцию синтеза лёгких ядер – слияние протона и нейтрона. Эта реакция шла бы с выделением огромной энергии даже при комнатной температуре, поскольку здесь реагентам не надо преодолевать кулоновский барьер. Вот же оно, решение мировых энергетических проблем! Может, у вас трудности с добычей протонов и нейтронов в промышленных масштабах? Ну, сделали бы для начала небольшой протон-нейтронный обогреватель. И подарили бы его президенту. Вот уж он был бы рад! Ни у кого, дескать, нет, а у него – есть! К тому же – удобно, безопасно, экологически чисто! Да ещё и безотходно: тяжёлую водичку, которая капала бы из этого обогревателя, президент мог бы собирать в специально подставленную бутылочку и загонять по сходной цене руководителю атомной энергетики – там эта водичка, говорят, до сих пор пользуется бешеным спросом... Но, увы! Использовать реакцию слияния протона с нейтроном академикам неинтересно – дело в том, что она у них почему-то не идёт. Вот реакции при десятках миллионов градусов – это то, что надо! Это и интересно, и перспективно!

Сегодня можно с определённой уверенностью сказать, что позитивная роль, которую сыграла мезонная теория, заключалась не в том, что она хоть что-нибудь прояснила в физике ядра, а в том, что она послужила хорошей основой для более навороченной версии: квантовой хромодинамики. Там обмен нуклонов виртуальными пи-мезонами оставили в полной сохранности – как жалкий частный случай из богатейшего набора кипучих процессов в ядре. Спрятав подальше

бритву Оккама, чтобы она не отсвечивала, завели разговоры о составных частях нуклонов, т.н. кварках, имеющих дробный электрический заряд. Это – нечто! Помните, мы говорили, что электрический заряд – это наличие квантовых пульсаций на электронной частоте? Есть эта частота – есть заряд, а нету этой частоты – нет и заряда. Дробных зарядов не бывает! Ну, ладно, а как же эти чудики, с дробными зарядами, удерживаются вместе? Да по старому доброму образу и подобию: благодаря обмену т.н. глюонами. Сразу виден полёт теоретической мысли! Ой, а чтобы было веселей, кваркам и глюонам столько новых квантовых параметров приписали – вы не представляете! Дескать, и верхние они бывают, и нижние, и цвета у них есть, и очарование, и даже ароматы! «Фу, фу, фу, нижним кварком пахнет!»

Понимаете, квантовую хромодинамику строили, свято соблюдая основной принцип теорфизики: «В тех теориях, что уже приняты, никаких глупостей нет. Поэтому новая теория ни в коем случае не должна отвергать старую: она должна включать её в себя, как частный случай». Понятно, что, при таких порядочках, квантовая хромодинамика несколько не почистила мезонную теорию ядерных сил – наоборот, ещё своих блох добавила. Самой жирной и зловредной из них оказалась т.н. проблема конфайнмента. Казалось бы: если нуклоны состоят из кварков и глюонов, то возможно разбить нуклоны на эти составляющие. И получить, понимаете ли, кварк-глюонную плазму – чтобы подтвердить квантовую хромодинамику! Ну, и бросились экспериментаторы дробить нуклоны. Били-били – не разбили. Причём, воздействовали на них энергиями, в массовом эквиваленте на многие порядки превышавшими массы самих нуклонов. А нуклоны всё не разбивались – до того сильно, мол, кварки в них связаны. Для тех, кто привык к термину «дефект масс», поясняем: дефект масс здесь оказывается на многие порядки больше самих масс! До сих пор учёные мужи делают вид, что они здесь ещё чего-то недопоняли. Говорят – нужно ещё сильнее по нуклонам вдарить. Столкнуть их лбами, да покрепче! Тогда, глядишь, они и расколются! Даёшь Большой адронный коллайдер! И, чтобы публика-дура не усомнилась в исключительной серьёзности этой затеи, организовали публичную дискуссию – в популярном жанре клоунады. «Слышал, Бим, учёные строят огромный, как его, кол-лайдер!» - «Да и нехай себе строят, Бом!» - «Вот и я говорю, что нехай. А ты не боишься, Бим, что, когда они его запустят, у них там ка-а-к вспыхнет! Вдруг оно, это самое, всех нас сожжёт? Ведь жалко будет!» - куксится Бом и пускает две струи, изображающие слёзы. - «Что ты, что ты, - суетится Бим. – Я полагаю, что нет никаких оснований для опасений!

На вот, возьми платочек!» - «Спасибо, Бим... теперь мне ни капельки не страшно! Пожелаем этим учёным удачи?» - «А как же, Бом? Чай, им приятно будет!»

Казалось бы, куда ещё приятнее? – ведь эти учёные уже заявили, что квантовая хромодинамика подтверждается на опыте с точностью аж до 10^{-19} ! Но тут они, конечно, переборщили. Нет физической величины, которая измеряется с такой сумасшедшей точностью. Точнее всех физических величин измеряется частота – и, на сегодня, рекордная точность её измерения имеет порядок 10^{-16} . Откуда же там, у подтверждателей квантовой хромодинамики, могла взяться цифра 10^{-19} ? Понятно, откуда. Это был вовсе не результат измерения, а результат «оптимизации многих параметров». Проще говоря, это был результат математической подгонки. Которую можно выполнить с двойной точностью, и даже с тройной – дисковое пространство всё стерпит... А мы поначалу недоумевали: зачем это специалисты по коллайдерам скрывают от нас экспериментальные подробности и кормят научную общественность только конечными продуктами – сенсационными результатами своих исследований? Из которых самый простенький – это, якобы, рождение струй тяжёлых частиц в результате хорошо поставленного соударения одного электрона с одним позитроном! Причём, никто там электроны с позитронами поодиночке не соударял – схлопывали пучки тех и других, да весьма неслабые. А где тогда доказательства, что тяжёлые частицы получались всего из одной пары электрон-позитрон? Спрашиваешь об этом специалистов, а они в ответ: «Всё, что законами не запрещено – то и разрешено!» Ну, чисто криминальная психология!

Потому-то, когда иные учёные заводят разговоры о том, что «пора соединить науку с нравственностью», нам вспоминается недоумённый вопрос сатирика Жванецкого: «Как это можно – сначала наладить выпуск продукции, а потом начинать борьбу за её качество?»

По материалам сайта «Наброски для новой физики», <http://newfiz.info/>