

но было даже помыслить. Тем не менее, логическая и математическая структура квантовой теории такую возможность предусматривает.

Множество кажущихся несообразностей с элементарным здравым смыслом появляется, если пытаться обсуждать явления квантового микромира на языке и в образах классической физики. Как об этом неоднократно писал В.Гейзенберг, речь шла о необходимости выработки новой структуры физической интуиции и адекватного ей языка. Это вовсе не означает враждебности образного строя квантовой физики самому человеческому мышлению. Ведь и классическая картина мира не заложена в устройстве наших мозгов — просто мы слишком долго к ней привыкли. Как некая старушка у Ильфа и Петрова не верила в электричество (и только поэтому готовила еду на керосинке), так и современный человек склонен объявить абсурдной физическую ситуацию за пределами знакомой картины столкновения массивных шаров. (Точно так же идея шарообразности Земли овладела умами далеко не сразу.)

Кому-то может показаться, что мы несколько отвлеклись от первоначальной темы. Но собака зарыта именно здесь. Мы добрались до главного — доказательного опровержения принципа масштабной инвариантности при переходе в микромир. Попутно возникла и специфическая, сугубо квантовая неопределенность состояний частиц, при всяком столкновении как бы распыляющая сведения об их предыстории по разнообразным «степеням свободы» открытого мира. Возвращаться к разбору дееспособности пресловутого «демона» на достигнутом теперь новом уровне едва ли стоит — слишком уж наивным представляется сам его замысел, когда идея независимости физических реалий от пространственного масштаба уже разрушена.

Не вдаваясь особенно в детали, эту мысль можно подкрепить анализом размерностей физических величин. Для нарушения принципа независимости законов столкновения от масштаба нужно, чтобы из параметров движения частиц можно было составить еще одну комбинацию с размерностью длины кроме таких, как размеры частиц и протяженность области эффективного взаимодействия при столкновении. Это становится воз-

можным лишь в том случае, если в механике появится добавочная размерная мировая константа. Кстати, первые три закона Ньютона вообще не содержат такой константы. Масса и размер частицы, ее энергия и скорость в классической механике задаются произвольно. Соответственно остается произвольным и выбор пространственно-временной шкалы (линейки и часов). Именно поэтому на возможность масштабного моделирования здесь не наложено никаких ограничений.

В квантовой теории нужная мировая константа есть — это постоянная Планка  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж · с. Движение частицы теперь уже описывается не по Ньютону, а с помощью волновой функции. Представлению о свободном движении частицы массой  $m$  со скоростью  $\vec{v}$  теперь отвечает полет сгустка волн (волнового пакета), пространственные осцилляции внутри которого характеризуются *длиной волны де Бройля*  $\lambda = h/(mv)$ .

Вот оно! Отношение  $\lambda$  к чисто геометрическим протяженностям как раз и является необходимым безразмерным параметром, по величине или малости которого следует судить о пределах применимости классической механики. Если, скажем, пуля массой 9 г летит со скоростью порядка сотен метров в секунду, то  $\lambda$  составит примерно  $10^{-34}$  м. Ясно, что законы Ньютона здесь будут работать с чудовищным запасом точности. А вот длина волны де Бройля для электрона с энергией в несколько электронвольт уже окажется одного порядка с размером атома водорода и с характерным размером области взаимодействия таких электронов при их столкновении.

Квантовый процесс столкновения частиц хотя и устроен удивительно просто, но для нас пока еще совершенно непривычен. В целом система из двух сталкивающихся частиц не подвергается при этом «хаотизации» в каком-то механическом или другом смысле. В то же время состояние отдельной частицы уже становится неопределенным, при последующих контактах с другими объектами или с наблюдателем она будет вести себя как порождение хаоса.

Именно здесь находится логическое звено, позволяющее согласовать законы механических движений с термодинамическими принципами. Кроме всего прочего, ситуация еще и

удивительно красива. Смотрите, в основе фундаментального понимания природы теплоты лежит какая-то специфическая «неизбыточность» квантового описания вещества. Здесь как бы нет ничего лишнего, но того, что есть, хватает для всего.

Известно, что на рисовом зернышке при всей его видимой малости китайцы ухитряются писать поэмы. А вот на электроны ничего, непосредственно к состоянию электрона не относящегося, записать нельзя. Обогатившись при столкновении сведениями о состоянии партнера, электрон вынужден в известном смысле «забыть себя» и, будучи рассмотрен как отдельный объект, несет на себе печать принципиальной непредсказуемости. Заметим снова, что на бытовом языке у нас для этого разговора не хватает слов, хотя в символике математического формализма тут уже давно все в порядке.

С привлечением перечисленных принципов и на основе развитого аппарата квантовой теории открытых систем получают математическое обоснование законы термодинамики, прозорливо угаданные еще в прошлом столетии. Однако прежняя картина «теплового хаоса» корпускул-молекул приобретает при этом непривычные черты. Прежде механистические представления подсказывали нам идею о разрушительном характере теплового движения. Казалось, что хаотические столкновения необратимо разрушают память о прошлых состояниях физических систем, безвозвратно уничтожают любую информацию.

Теперь же оказывается, что уходит лишь локализованная, индивидуализированная информация, но Вселенная помнит все. Мировая «когерентная» память не только не исчезает, она ежемгновенно обогащается, пока продолжается История. Движение в будущее из прошлого похоже скорее на формирование голограммы, нежели на перестановку каких-то неизменных объектов. Впрочем, как всякая аналогия, и эта, наверное, неточна.

Едва добравшись до разгадок некоторых старых человеческих кроссвордов, мы получили в придачу многоцветие новых захватывающих тайн. Но ведь это-то и хорошо!