

мозговых процессах могут играть роль квантовые явления с их вероятностными характеристиками, что открывает увлекательные перспективы для развития квантотеоретических подходов к изучению функций мозга.

Пять докладов в гл. 3 посвящены изучению различных проблем координации движения, рассматриваемой с точки зрения синергетического подхода, т. е. как когерентного процесса с согласованным участием большого числа динамических единиц.

В гл. 4 помещено четыре доклада. Два из них посвящены параллельному процессингу в мультимпьютерах. А два других, представленных Х. Шимицу с соавторами, открывают новые перспективы в компьютерной технике на пути к созданию искусственного интеллекта. Речь идет о так называемых синергетических компьютерах, построенных на динамических методах переработки информации, т. е. на связанных друг с другом динамически активных элементах, сходных с нейтронами.

В гл. 5, теоретические концепции, обсуждаются некоторые вопросы статистической физики. И наконец, шестая глава, содержащая восемь докладов, посвящена более традиционным для синергетики вопросам порядка, хаоса и самоорганизации в физических системах.

В лекции Ч. Гейгера с соавторами подробно на многих примерах излагается теория бифуркаций в процессах роста кристаллов и в физике элементарных частиц. В двух докладах Х. Хакена с соавторами рассмотрены различные виды конвекции в плоских и сферических слоях жидкости. В докладе Е. Мерена и И. Прокачча изучается хаос в жидкости при ее параметрическом возбуждении, а доклад Г. Хельда и С. Джефриса посвящен изучению хаоса в так называемом осциллирующем — полупроводниковом генераторе колебаний. В докладе Ю. Климонтовича изложен взгляд автора на структуру турбулентности, как процесса самоорганизации, а несколько другой взгляд на турбулентность представлен в докладе С. Гроссмана. В докладе Р. Бонифацо и Ф. Казагранде описаны различные режимы генерации колебаний в лазерах на свободных электронах.

Данный сборник, как и другие сборники серии «Шпрингера» по синергетике, представляет интерес прежде всего тем, что он выявляет родственность подходов к сложным системам и к сложным явлениям в самых разнообразных областях науки, в данном случае, в физике, нейробиологии и компьютерной технике. Он безусловно дает много пищи для размышлений и открывает перспективы для новых интересных исследований.

Б. Б. Кадомцев

53 (092) (049.3)

ПРЕРВАННАЯ МЫСЛЬ...

Laurikainen K. V. *Beyond the Atom: The Philosophical Thought of Wolfgang Pauli* — Transl. of origin. Finnish ed. — Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo: Springer-Verlag, 1988 — 234 p.

Когда-то в конце XIV в. на башне Марицкого собора Кракова нес караул трубач. Он трубил сигнал — «хайнал» — при появлении врага. Однажды его мелодия оборвалась — трубач был сражен стрелой. С тех пор каждый день в полдень с башни раздаются звуки старинного «хайнала», обрывающиеся на той ноте, на которой он и оборвался много лет назад.

Жизнь Паули оборвалась столь же неожиданно. В апреле 1958 г. ему исполнилось 58 лет. 5 декабря того же года внезапная боль не дала

ему закончить лекцию в Цюрихском политехникуме, его отвезли в госпиталь Красного креста и поместили в палату 137 (знак судьбы, который он не преминул отметить). Через десять дней его не стало.

Паули был одним из создателей квантовой механики. Его роль в развитии теории сравнима с ролью Великой тройцы Гейзенберг — Шрёдингер — Дирак. Он обладал даром видеть сокровенные свойства и всегда «трубил» при появлении малейшей опасности.

Его необычайно критический острый ум не мог беспрекословно принять ту интерпретацию квантовой механики, которую называют Копенгагенской: всю свою жизнь он размышлял о том, какую роль в теории играет наблюдатель, «отстраненный» субъект, появляющийся всякий раз, когда мы стараемся понять, как волновая функция превращается в показания прибора. Как бы мы ни старались, нам не удастся обойти старый, старый вопрос о том, что же такое «реальный мир», что такое «реальность». Для Паули этот вопрос был кардинальным.

Особенную остроту он приобрел в 50-е годы, когда Паули углубился в размышления о человеческом мышлении и о том таинственном предмете, который философы и психологи называют бессознательным.

Его размышления так и не получили завершения, и он почти ничего не успел опубликовать. Из работ этих лет можно отметить лишь блестящую статью «Влияние архетипических представлений на формирование естественнонаучных теорий у Кеплера», перевод которой дан в «Физических очерках»⁽¹⁾. Статья эта написана под большим влиянием Карла Юнга, с которым он был близко знаком. У Кеплера Паули увидел зачатки тех идей, которые его волновали. Паули был всегда очень осторожен в публикациях. Кажется, что он испытывал какой-то страх перед публикацией не вполне сформировавшихся идей. Вспомним, что даже предсказание нейтрино он не решился оформить в виде статьи, а ограничился лишь письмом (см. об этом в послесловии к его двухтомнику).

Паули получил классическое образование: средневековых авторов, писавших по латыни, он читал в подлинниках. «Старомодное» воспитание сказалось и в его привычке писать много писем⁽²⁾. Еще не издана обширная переписка с Маркусом Фирцем, бывшим ассистентом Паули, выдающимся физиком-теоретиком и серьезным мыслителем. В этой переписке содержится много высказываний, относящихся к философским вопросам квантовой механики.

Лаурикайнен, профессор Хельсинкского университета, сделал попытку реконструировать, привести в систему философские взгляды Паули в книге «Atomien Tuolla Puollen» («Та сторона атома»), изданной в Финляндии в 1985 г. Наконец, в 1988 г. выходит авторизованный английский перевод

В книге Лаурикайнена мысли Паули, цитаты из его писем Фирцу (и частично к Н. Бору), а также ответы Фирца сопровождаются комментариями самого автора. В предисловии и в нескольких приложениях он излагает свои взгляды на природу науки вообще и квантовой науки в частности, сравнивая и дополняя отрывки из писем.

В результате получилась очень интересная книга, в которой свойства квантового мира и воздействие его загадочных (для физика-классика) свойств на представления о физической реальности прорисованы очень рельефно.

Круг представлений, в котором Паули встречает Кеплера и (добавим) Ньютона, связан с удивительной способностью математических символов описывать физическую реальность или более формально результаты опытов. Это свойство хорошо определяется популярным афоризмом Вигнера об удивительной эффективности математики. Понять роль математики, роль символов нельзя, не затрагивая вопроса о том,

что это такое физическая реальность. Споров и мнений по этому поводу существует очень много. Однако почти все ответы напоминают определение понятия «еда»: «Еда — это то, что мы едим». «Реальность — это то, что реально существует». Для физиков вопрос принимает более ограниченный характер: что описывает волновая функция? Бор первое время отрицал прямую связь волновой функции с реальностью и считал волновую функцию способом описания результатов различных постановок опыта.

Это вызвало реакцию Эйнштейна, который не смог примириться с вероятностным описанием механической (не стохастической) системы.

Паули в письме к Бору цитирует (по памяти) Эйнштейна: «Луна имеет определенное положение, независимо от того, смотрим мы на нее или нет; это не должно быть справедливо для атомных объектов... Наблюдение не может порождать элементы реальности; в описании физической реальности должно существовать нечто, отвечающее *вероятности* наблюдения положения, существовать *перед тем*, как произошло само наблюдение». Такую независимость реальности от наблюдателя Паули, следуя за Бором, называет позицией отстраненного наблюдателя (*aussenstehende Beobachter*). Свою позицию Паули связывает с Боровским принципом дополнительности.

Из писем Паули хорошо видно, насколько трудно добиться единой точки зрения, если стартовать с разных позиций Эйнштейна (полнота описания природы), Бора (дополнительность, как непереносимость элементов физической системы) и самого Паули, который видит решение этой проблемы в участии души (*psyche, греч.*) во взаимодействии человека и природы.

Лаурикайнен схематически описывает наблюдение либо как взаимодействие между объектом и прибором (по Бору), либо как взаимодействие между объектом и *душой* наблюдателя, считая прибор лишь расширением органов чувств наблюдателя (по Паули). В этом смысле для Паули реальность выступает лишь как «затуманенная» реальность или «трансцендентная» реальность — термины, которые ввел д'Эспанья.

Несколько странно, что никто из участников очных и заочных споров не подчеркивает того простого обстоятельства, что квантовая механика полна в том смысле слова, что ее уравнения позволяют с максимальной полнотой предсказать поведение системы, если заданы по необходимости неполные (ограниченные неопределенностью Гейзенберга) начальные данные. Поэтому центр тяжести дискуссии надо перенести на обсуждение начальных данных, необходимых для описания квантовой динамической системы. Но как бы то ни было, даже к середине нашего века вопрос о том, что такое реальность, ни в коей мере не прояснился и стал скорее еще более вызывающим.

Паули видел выход из запутанной проблемы реальности в принципе дополнительности Бора и в полумистических символических представлениях древних. Для Паули существенным оказывается возвращение духа в науку, обращение к философии Платона, точнее — к неоплатоникам, к роли врожденных идей в познании реальности. Именно эти мысли, развивавшиеся в прошлом веке Кантом и Шопенгауэром, привели Паули к психологии и особенно к ее развитию в трудах Юнга.

В XVI в. Декарт решительно отделил духовное (*res cogitans*) от материального (*res extensus*). Паули пытается как-то вернуться к старым идеям. Для него элементы реальности содержат две пары противоположностей: компенсирующие пары (например, два типа электрических зарядов) и комплиментарные пары (некоммутирующие, как координаты и импульсы). Его цель — включить сознание в реальность. Он видит возбуждающий пример в психологии, в сопоставлении сознательного и бессознательного. Дополнительность материи и мышления, науки

ги религии в выступлениях Бора и даже магический знак Янь Ин, включенный Бором в собственный герб, представлялись Паули сигналами философии будущего.

В исследованиях ученых прошлого не последнюю роль играет алхимия (Ньютон) и астрология (Кеплер).

Кумир Паули Иоганн Кеплер видел в астрологии оправдание далекодействующего взаимодействия душ Солнца и планет, замененного в «Новой астрономии» понятием силы, вопреки общепринятому в те времена принципу контактного взаимодействия в подлунном мире и извечного кругового движения небесных тел в мире надлунном, заведенных искусным «часовщиком».

Паули увлекся спором Кеплера с по-своему блестящим Розенкрейцером Флудом. Флуд отрицал правомерность использования математики, настаивая на методе символов, усвоенным им на базе астрологии ⁽⁴⁾. Кеплер (по-видимому, и сам Паули) видел в этом предмет спора и считал спор полезным. Другой пример — это увлечение Исаака Ньютона алхимией в последний период его жизни. Увлечение это не прихоть гения, а открытие нового мира со своими законами, связанными с развитой символикой, а не с уравнениями. Наконец, еще один пример — это взгляды Ньютона и Гёте на природу света.

Во всех этих примерах логическая цепь рассуждения оказывается резко несовместимой (дополнительной) у оппонентов.

Паули, включая сознательное и бессознательное в описании взаимодействия наблюдателя с объектом, заимствует у Флуда, оппонента Кеплера, идею «тетрадности». Для Паули научные теории были либо «тетрадными», построенными из четырех основных элементов, либо «триадными» (также, как у Кеплера), построенными на строго математических рассуждениях ⁽⁵⁾.

Следует отметить, что этим двум типам теорий очень трудно дать формальное определение. Даже в упомянутой статье о Кеплере тетрадные идеи Флуда понять трудно. Здесь достаточно подчеркнуть различие в оценке роли бессознательного.

К своим оппонентам Паули относит и Гейзенберга, с которым он почти одновременно учился у Бора.

Гейзенберг представлял себе опыт как трансформацию *потенциальных* возможностей в *реальную*, не входя в более подробный анализ этих понятий.

Мы никогда не узнаем, чем могли бы закончиться мучительные поиски Паули как истины, так и критерия истинности. Но даже то, что мы с удивлением узнаем из изложения его писем, заставляет поверить, что расширения представлений (их могут сосчитать метафизическими, возвращая этому понятию истинный смысл «надфизической» вместо «лжефизической» науки) о реальности и о роли сознания в познании мира есть область, открытая для науки. Идеи Юнга об архетипе и идеи квантовой физики могут оказаться не столь несовместимыми. Может быть, можно видеть аналогию в исканиях прошлого века природы чисел и открытии Дедекинда. Его рассуждения о сечениях числовой оси чем-то напоминают рассуждения о «сечении» между прибором и наблюдателем. Но может быть, дальнейший путь закрыт для человека и квантовая картина, созданная им, есть предел, доступный для познания. В такой пессимистический вывод верить не хочется. Читая книгу Лаурикайна, все время думаешь о том, куда мы продвигаемся — к средневековой (или, следуя моде, к более современной — восточной) мистике или же к какой-то Великой истине. Читатель должен это решать сам, и в этом ценность рецензируемой книги и интерес к ней.

ПРИМЕЧАНИЯ К ТЕКСТУ

¹ Собрание научных трудов В. Паули в двух томах издано в 1975 г. (т. 1) и 1977 г. (т. 2) издательством «Наука» в серии «Классики науки». Популярные его статьи см.: *Паули В. Физические очерки/Под ред. Я. А. Смородинского.*— М: Наука 1975.

² Два тома его переписки — малая ее часть — опубликована издательством «Шпрингер» («Briefwechsel», 1983—1985). Издание продолжается.

³ Отметим, что в книге приведены оригинальные немецкие тексты всех цитат, что во многих случаях позволяет избежать потерь смысла, неизбежных при переводе текстов, написанных Паули.

⁴ К сожалению, в переводе статьи Паули о Кеплере в сборнике «Физические очерки» были опущены «мистические» страницы, как не отвечающие официальным взглядам на философию в 60-х годах.

⁵ Можно сказать, что триадность — это ссылка на Троицу, триединство Бога. Философы нашего времени добавляют к Троице четвертую компоненту — Человека.

530.145.6(049.3)

ЭФФЕКТ ААРОНОВА— БОМА

Peshkin M., Tonomura A. The Aharonov — Bohm Effect.— Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo; Hong Kong; Springer-Verlag. 1989.— 154 p.— (Lecture Notes in Physics. V. 340).

Редко какой новый физический эффект был встречен в наши дни с таким недоверием, как открытый в 1959 г. эффект, получивший название эффекта Ааронова — Бома по имени авторов статьи «Важная роль электромагнитных потенциалов в квантовой теории»⁽¹⁾. Как это ни удивительно, поток: статей в физических журналах не прекращается. Правда, работы, в которых опровергается само существование эффекта, исчезли, но идеи о скрытых параметрах, о нелокальности продолжают увлекать пишущую публику. Поэтому появление монографии, посвященной эффекту, весьма полезно, так как в ней очень четко выделено физическое содержание проблемы.

Первый автор, Пешкин, давно занимавшийся теорией эффекта, на 35 страницах дает практически исчерпывающий обзор литературы. К традиционным обзорам он добавляет изложение связанных состояний (нецелочисленное квантование углового момента), вводит в теорию тороидальный магнитный поток (рассмотренный В. Л. Любошицем и автором рецензии) и достаточно критично излагает парадоксы, связанные с причинностью и локальностью. К тому, что написано автором, можно добавить два замечания.

1. Утверждение, что электрон согласно классической электродинамике не взаимодействует с магнитным потоком, не точно. Так как электрическое поле электрона проникает в соленоид, импульс соленоида изменяется, а с ним изменяются и импульс и угловой момент электрона. Надо помнить, что в классической электродинамике момент сохраняется (пример: рассеяние света на электроне, формула Томсона) только в пределе бесконечной массы рассеятеля, в нашем случае соленоида. Парадокс усиливается, если попытаться описывать поле соленоида, который начал двигаться.

К этому же типу парадоксов относится и задача о взаимодействии двух соленоидов, которая до сих пор не имеет строгого решения.

2. Нечелочисленное квантование можно интерпретировать, как целочисленное, но во вращающейся системе координат. Это замечание придает новый смысл эффекту вращения в квантовой механике⁽²⁾.

Второй автор — Акира Тonomура из Токио выступил с большим (более 10 страниц) экспериментальным обзором. В этой статье подробно рассказано об истории эффекта, о его физическом смысле и о большом количестве опытов. Наверное, самое интересное в обзоре — это опи-