

S. Y. BERKOVICH

CELLULAR AUTOMATON
AS A MODEL OF REALITY:
SEARCH FOR NEW
REPRESENTATIONS
OF PHYSICAL AND
INFORMATIONAL
PROCESSES

С. Я. БЕРКОВИЧ

КЛЕТОЧНЫЕ АВТОМАТЫ
КАК МОДЕЛЬ РЕАЛЬНОСТИ:
ПОИСКИ НОВЫХ
ПРЕДСТАВЛЕНИЙ
ФИЗИЧЕСКИХ И
ИНФОРМАЦИОННЫХ
ПРОЦЕССОВ

ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1993

Беркович С. Я. Клеточные автоматы как модель реальности: поиски новых представлений физических и информационных процессов. Пер. с англ.— М.: Изд-во МГУ, 1993.— 112 с.
ISBN 5-211-02934-8

В книге предлагается единая клеточно-автоматная модель энергетической реальности, применимая к представлению как физических, так и информационных самоорганизующихся процессов, включая процессы, связанные с психической деятельностью. Возможности моделирования фундаментальных физических и биологических явлений клеточно-автоматным методом в последние годы исследовались многими авторами. Настоящий подход представляет собой первую попытку столь радикального и всеобъемлющего характера.

В рамках клеточно-автоматного представления реальности получают свое естественное объяснение многие парадоксальные особенности квантовой механики и в первую очередь дуализм «волна — частица». Предлагается совершенно необычное объяснение возможного механизма функционирования мозга, согласно которому основные мыслительные процессы происходят не в нем, а **вокруг** него, в окружающей мозг активной клеточно-автоматной среде.

Для специалистов широкого профиля — физиков, биологов, философов, экологов и др.

Б $\frac{1402020000}{077(02)-93}$ КБ-45-68-92

© Беркович С. Я., 1993 г.

ISBN 5-211-02934-8

ABSTRACT

The suggested cellular automaton model represents a grid of circular counters which maintain mutual synchronization by a distributed operational rule of weighted phase averaging. According to our analysis, the physical world is a reflection of various aspects of this activity. The intricate picture of the physical world is due to an interplay between two basic classes of solutions: ordinary diffusional solutions and traveling waves propagating in a helicoidal form. The latter provide a spectrum of formations which exhibit characteristic features of the elementary constituents of matter. There are two dual types of solutions with the opposite senses of rotation which may correspond to matter and antimatter. The model provides a full description of the Big Bang situation, including initial symmetry breaking, persistence of CP violation, irreversibility of T, and (in contrast to common expectations) interminable generation of the microwave background radiation. The property of inertia does not come free but is maintained by the driving mechanism of the model. The relativistic effects arise because there is an upper limit on the propagational speed of the traveling wave solutions determined by the congruence of translational and rotational motions. The traveling waves solutions undergo intermitting states which together with the fast spreading diffusional solutions (not affected by relativistic limitations of the material formations) may lead to an explanation of the quantum mechanics peculiarities of wave-particle duality and long range correlations. Several ways of experimental verification of the presented conception will be discussed.

As a consequence of the suggested view on the physical world a possibility of shifting the paradigm of the organization of the brain will be considered. Apparently, any constructive explanation of the enormous information processing capabilities of the brain must acknowledge the existence of a very fast computational mechanism. As such a mechanism we consider wave-like processes responsible for «instantaneous» propagation of diffusional influences. At the physical level this mechanism reveals as a «spooky» action-at-the-distance. We assume that it may be involved in the information processing in the brain by holographic principles. A surprising implication of this possibility is that cognitive information processing can be organized outside of the brain using the cellular automaton background of the physical world as a holographic medium.

В создании этой книги на разных этапах работы над ней автору оказывали помощь многие люди, за что им он выражает глубокую благодарность. Особую признательность за проявленный интерес к предмету и высказанные конструктивные замечания автор хотел бы выразить Ю. Френкелю, П. Гульеву, А. Кагановскому, Дж. Маккиттрику, С. Мередит, Р. Пикольцу, Р. Поттеру.

Автору приятно также выразить свою благодарность П. Киттингу за его поддержку, а также Allied-Bendix Aerospace Technology Center за предоставление необходимых для выполнения этой работы ресурсов. Автор от души благодарит В. Красногольского и В. Крейнвича, плодотворный обмен мнениями с которыми принес ему большую пользу.

Как сказал Альбер Камю: «Тот, кто пишет хорошо, находит читателей; тот, кто пишет туманно, находит комментаторов». Автор совершенно уверен в том, что путь к читателю этой книги, которая в процессе подготовки ее русского издания была существенно дополнена новыми материалами, был бы невозможен без кропотливого труда ее переводчиков и редакторов — Э. И. Аршинова, Г. М. Лапира и Р. А. Бунатян; а также М. Ю. Устюжаниной, выполнившей большой объем работы по подготовке рукописи к печати.

Наконец, автору хотелось бы выразить свою искреннюю признательность Издательству Московского университета за предоставленную возможность опубликовать данную работу на русском языке.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие переводчиков	9
Глава 1. «ВООБРАЖАЕМАЯ ФИЗИКА» КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ	
Глава 2. ИСХОДНАЯ МОДЕЛЬ	
2.1. Математический механизм взаимной синхронизации	25
2.2. Диффузия фазы — первое основное решение уравнения синхронизации	28
2.3. Спиральные керны — стационарные решения уравнения синхронизации	30
Глава 3. МАТЕРИАЛЬНЫЙ МИР КАК ИНДУЦИРОВАННЫЕ СИНХРОСТРУКТУРЫ	
3.1. Характеристики пространственно-временного континуума	33
3.1.1. Топологические свойства трехмерного пространства	33
3.1.2. Метрические стандарты	34
3.1.3. Зеркальная асимметрия	36
3.2. Синхровозбуждения, порождаемые спиральными кернами	37
3.3. Спектр стационарных синхроформаций	38
3.4. Структура элементарных частиц и метаморфное возникновение массы	42
Глава 4. ДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СИНХРОАКТИВНОСТИ. ФИЗИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ	
4.1. Перечень установленных фактов	51
4.2. Начало физической Вселенной	53
4.3. Инерциальная система координат и релятивистские эффекты	54
4.4. Гравитация	56
4.5. Электромагнетизм	58
4.6. Квантовые явления	60
4.7. Взаимодействия микрообъектов	70
Глава 5. КОНЦЕПЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ВАКУУМА И ЭФФЕКТЫ НАРУШЕНИЯ СИММЕТРИИ В КЛЕТОЧНО-АВТОМАТНОЙ МОДЕЛИ	
5.1. Вводные замечания	74
5.2. Клеточно-автоматный подход и развитие концепции эфира	75
5.3. Возможные черты клеточно-автоматной модели физического вакуума	76
5.4. Взаимоотношения между уровнем клеточных автоматов и физическим уровнем	77
5.5. Обзор экспериментальных фактов	78
5.6. Предварительные выводы	79
5.7. Эффекты нарушения симметрии в клеточно-автоматной модели физического мира	80
5.7.1. Вводные замечания	80
5.7.2. Детерминированное нарушение симметрии и самосогласованное включение аксома выбора	82
5.7.3. Соображения симметрии в клеточно-автоматном моделировании физического вакуума	84
5.7.4. Детерминизм против спонтанности «в нарушении симметрии»	86

Глава 6. МОЗГ И ЕГО ВОЗМОЖНОСТИ В ОБРАБОТКЕ
ИНФОРМАЦИИ. НОВАЯ ПАРАДИГМА

6.1. Вводные замечания	91
6.2. Характеристики работы головного мозга	92
6.3. Анализ конструкции мозга	95
6.4. Голографический принцип организации функционирования мозга и трехмерность пространства восприятия	96
6.5. Проблема реализации	100
6.6. Заключительные замечания	104

ПРЕДИСЛОВИЕ ПЕРЕВОДЧИКОВ

Предлагаемая вниманию читателя книга несколько необычна по своему содержанию и жанру, как, впрочем, не совсем обычна и судьба ее автора. Он родился в 1937 г. в Москве. В 1954 г. поступил в Московский физико-технический институт — один из лучших физических вузов страны. Отцами-основателями физтеха были выдающиеся ученые Л. Д. Ландау, П. Л. Капица, М. А. Лаврентьев, с именами которых связано создание принципиально новой для того времени системы образования физиков, специалистов широкого профиля и высокой квалификации, ориентированных на самостоятельный творческий поиск на переднем крае современной науки и техники. На последних курсах Физтеха С. Я. Беркович проходил практику в Институте физических проблем у самого П. Л. Капицы. Его дипломная работа, которую он выполнял под непосредственным руководством чл.-корр. АН СССР Н. Е. Алексеевского, была посвящена исследованию магнитных свойств некоторых сверхпроводящих материалов. Затем аспирантура в ИТМиВТ АН СССР — там, где создавались первые советские вычислительные машины серии БЭСМ. На этот раз тема его работы была связана с исследованием возможностей использования эффектов сверхпроводимости для создания переключаемых элементов вычислительных устройств. Затем вполне логично и последовательно, во всяком случае для творчески одаренного человека, получившего образование на Физтехе, С. Я. Беркович расширяет круг своих научных интересов, включая в него общие вопросы организации ассоциативной машинной памяти с использованием различных физических принципов, таких например, как голографический. Работая во второй половине 70-х годов в Институте проблем управления АН СССР, он весьма плодотворно занимается проблемами ассоциативного поиска информации, а также рядом других, связанных с этим задач в области информатики. В частности, это именно он изобрел ныне широко используемый метод организации поиска в динамических информационном массивах, известный, как это часто бывает, под названием метода Б-деревьев, чуть позже и независимо предложенного в США.

К сожалению, в 1978 г. его внешне благополучная научная карьера оказалась драматически прерванной в связи с вынужденной эмиграцией в США. Как и многие другие в те годы (как, впрочем, к сожалению, и сейчас), С. Я. Беркович столкнулся

с необходимостью искать возможности для продолжения своей научной работы за рубежом. И эти возможности ему, к счастью, действительно удалось найти, о чем, в частности, свидетельствуют его многочисленные публикации в области компьютерной техники, информатики и физики. Об этом же свидетельствует и настоящая книга, впервые увидевшая свет в 1986 г. на английском языке, а теперь в существенно дополненном виде публикуемая также и на русском.

Одновременно эта книга свидетельствует также и о верности ее автора некоему принципу, который можно было бы назвать «принципом преемственного расширения научного интереса». Об этом говорит само ее содержание, знакомство с которым наводит на некоторые размышления общего характера, в частности об особенностях развития науки наших дней. В настоящее время все больше признаков свидетельствует о том, что наука находится в преддверии качественно нового этапа своего развития, получившего уже название «постнеклассического». Если же ограничиться периодизацией развития одной лишь физики, то, возможно, уместнее было бы говорить о «постквантоворелятивистской физике». Впрочем, дело не в терминологии, которая еще не устоялась, возможно, выглядит неуклюже и т. д., а в признании становления качественно нового этапа развития научного познания. Одним из важнейших признаков постнеклассической науки является переход к познанию многоуровневых, иерархических самоорганизующихся систем, рассматриваемых не только в плане их наличного актуального существования, но также и в контексте их становления, потенциальной многовариантности возможных сценариев их эволюции. В таких системах наряду с чисто динамическими физическими процессами ключевую роль играют также процессы, которые можно назвать информационно-символическими. Это процессы, связанные с обработкой символической информации, ее хранением, передачей и производством в активных самоорганизующихся системах или средах. При этом, что особенно существенно с теоретико-познавательной точки зрения, здесь имеются в виду не только искусственные, созданные человеком технические системы, но также и естественные, существующие в самой природе, если угодно, «созданные ею самой» так называемые активные распределенные нелинейные среды. Именно эти среды являются главным предметом интереса постнеклассической науки как своего рода «носители» процессов самоорганизации. В свою очередь исследование этих процессов находится в фокусе нового междисциплинарного направления, именуемого синергетикой; направление, которое сформировалось в науке с именами И. Пригожина и Г. Хакена. В том же «синергетическом контексте» следует упомянуть о революционном открытии феномена так называемого «детерминированного хаоса», открытия, радикально меняющего многие основополагающие

представления о мипроздании, все следствия которого еще предстоит осознать.

В этом же русле «синергетических» идей, представляющих собой с методологической точки зрения своеобразный «симбиоз» идей современной физики и кибернетики, происходит стремительное развитие таких исследовательских направлений, как нейросинергетика, социосинергетика, нелинейная эволюционная экономика, нейроинформатика и т. д. Этот список можно продолжить. Но и сказанного уже вполне достаточно для того, чтобы очертить, хотя бы пунктирно, контуры новой «синергетической картины мира» постнеклассической науки начала III тысячелетия.

Возвращаясь к книге С. Я. Берковича, можно заметить, что, хотя на ее страницах мы и не встретим термина «синергетика», а также таких сопутствующих ему словосочетаний, как «странный аттрактор», «детерминированный хаос», «нелинейная среда», «самоорганизация» и т. д., несомненно тем не менее, что вся книга по своему характеру и междисциплинарной направленности как нельзя более отвечает упомянутым новым мировоззренческим установкам, на которые ориентируется «синергетическая» картина мира.

Действительно, автор кладет в основу своих концептуальных построений так называемый клеточно-автоматный подход, наглядно демонстрируя при этом его самостоятельное фундаментальное значение при решении узловых принципиальных проблем моделирования не только физической, но и психической реальности. В самом деле, как отмечают С. П. Курдюмов, Г. Г. Малинецкий, А. Б. Потапов, «клеточные автоматы оказываются гибким инструментом для моделирования открытых нелинейных систем. Огромные возможности клеточных автоматов были осознаны в послевоенные годы»*. Однако это осознание произошло не вдруг, а растянулось на многие годы и даже десятилетия. Так, цитированные выше авторы упоминают в этой связи о работах Н. Винера, использовавшего клеточно-автоматный подход для моделирования колебаний в сердечной мышце, что позволило ему обнаружить «новый тип упорядоченности в нелинейных средах — спиральные волны»**. Потом идет А. Тьюринг — автор модели морфогенеза и мысленной конструкции — машины Тьюринга, имя которого почти обязательно присутствует в перечне знаменитых основоположников синергетики. Затем, конечно, Дж. фон Нейман, который также полагал, что «многие сложные явления, такие как самовоспроизведение, рост и развитие, морфогенез, турбулентные процессы, которые трудно моделировать с помощью дифференциальных уравнений, удастся описать с помощью клеточных автоматов»***. Но все это говорилось уже довольно давно. И только в самые последние

* Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г., Потапов А. Б. Синергетика — новые направления. М.: Знание, 1989. С. 40.

** Там же.

*** Там же. С. 40—41.

годы в процессе осознания фундаментальной моделирующей роли клеточных автоматов произошел подлинный прорыв. Это осознание связано, в частности, с последними работами Р. Фейнмана, а также С. Уолфрэма и некоторых других авторов, «которые взглянули на физические теории с алгоритмической точки зрения»*.

Именно такой, «алгоритмической точкой зрения» на физические теории и руководствуется в своей книге С. Я. Беркович. Хотя возможности моделирования фундаментальных физических явлений клеточно-автоматным методом исследовались в последнее время многими авторами, предлагаемый Берковичем подход представляет, насколько нам известно, первую попытку столь радикального и всеобъемлющего характера. В основу его модели положена весьма простая информационная структура — решетка взаимосвязанных циклических счетчиков и весьма простое и естественное правило преобразования: показания счетчика на следующем шаге определяются усреднением показаний соседних с ним счетчиков. Особенность этой модели, которая и определяет все богатство и сложность возможных картин ее динамического поведения, заключается в указанном циклическом характере единственной скалярной переменной — показаний счетчика. Эта переменная аналогична, как нетрудно видеть, фазе классического или квантового поля, для которой справедлива инвариантность локального и глобального типа относительно преобразований, не изменяющих наблюдаемые величины. Такого рода преобразования называются в физике калибровочными, а инвариантность относительно них — калибровочной инвариантностью. Наличие калибровочной инвариантности физической теории непосредственно связано с появлением в ней определенных законов сохранения, порождаемых данным типом калибровочного преобразования, а также позволяет получить много других содержательных следствий. Циклический характер основной переменной приводит к существенно нелинейным свойствам среды, обеспечивает появление движущихся динамических образований устойчивого типа, поведение которых естественно интерпретировать в терминах обычных элементарных частиц.

Для понимания сути данного подхода важно отметить, что автор, сознавая исключительную сложность анализа своей модели, не претендует в своих рассуждениях на какую-либо логическую полноту и завершенность. Его цель — найти качественные подходы к анализу форм динамической активности, потенциально содержащихся в его модели, восполняя нестрогость математических выводов образной наглядностью. Такой «полуинтуитивный» подход может вызвать у иного профессионала чувство внутреннего протеста, но он является, как нам представля-

* Курдюмов С. П. и др. Указ. соч. С. 41.

ется, неизбежным эвристически необходимым этапом осмысления качественных особенностей поведения сложных иерархических систем в контексте «синергетического» мышления. Авторам настоящего предисловия известно, что предпринятые до сих пор попытки сделать этот анализ более строгим с помощью прямого компьютерного моделирования пока что не увенчались успехом. Пожалуй, единственным результатом явилось подтверждение интуитивно ожидаемой исключительной сложности спектра возможных форм синхроактивностей в клеточно-автоматной модели Берковича. С этой точки зрения мы согласны с мнением, высказанным Берковичем на одном из обсуждений его модели, согласно которому ее ценность заключается прежде всего в том, что она наглядно демонстрирует исключительные эвристические возможности положенных в ее основу клеточно-автоматных представлений. Поэтому мы считаем вполне оправданными смелые попытки экстраполировать представления данной модели далеко за пределы ее формально доказуемых свойств.

Для того чтобы в полной мере оценить оригинальность предложенного Берковичем подхода, констатации использования им «алгоритмического описания» теории еще недостаточно. И дело здесь не только в том, что для него клеточно-автоматный подход к воспроизведению, представлению или моделированию реальности является в некотором смысле первичным, а потому и более фундаментальным, а описание на языке дифференциальных уравнений — лишь приближением, получаемым на основе исходного клеточно-автоматного представления, хотя и этот момент весьма важен. Дело в том, что исходным побудительным мотивом для Берковича был поиск решения проблемы корпускулярно-волнового дуализма квантовых объектов, а вовсе не алгоритмическое представление квантовой механики как физической теории. Клеточно-автоматный подход для него вовсе не самоцель, не инструмент для построения еще одного варианта математического формализма квантовой механики, но прежде всего средство понимания и объяснения той реальности, которая окружает нас.

Это обстоятельство представляется наиболее существенным для методологической оценки попытки reinterpretировать картину физической реальности вместе с включенным в нее познающим наблюдателем-участником. По своему замыслу она созвучна некоторым недавним работам Дж. А. Уилера, посвященным поискам связи между теоретико-информационными и квантовомеханическими аспектами физической реальности. Однако она полностью самостоятельна и несет на себе отпечаток творческой индивидуальности ее автора, отпечаток эволюции его научных интересов.

Из сказанного понятно, что далеко не все, о чем говорится в этой небольшой книжке, является чем-то бесспорным, строго доказанным, надежно установленным и т. п. Читатель, руко-

водстающий в своих оценках научной литературы такого рода критериями, окажется скорее всего разочарованным, ибо книжка С. Я. Берковича насквозь проблематична, гипотетична, ориентирована на поиск, на постановку новых вопросов. Для ее оценки лучше всего подходит критерий американского социолога О. Тоффлера, предложенный им в предисловии к английскому изданию книги И. Пригожина и И. Стенгерс «Порядок из хаоса». Тоффлер предложил оценивать качество книги по числу тех «хороших вопросов», которые она вызывает у читателя в процессе чтения или после него, указывая, что по этому критерию упомянутая книга Пригожина и Стенгерс несомненно, заслуживает самой высокой оценки.

То же самое можно сказать и в отношении книги Берковича, знакомство с содержанием которой также вызывает множество «хороших вопросов», во всяком случае у переводчиков и редакторов его работы. Не претендуя на полный перечень, приведем лишь некоторые из них. Во-первых, остается невыясненным до конца вопрос о взаимоотношениях принципов клеточно-автоматного (алгоритмического) моделирования реальности и таких методологических принципов физики, как принципы соответствия, дополнительности и особенно релятивистской инвариантности. Если клеточно-автоматный подход в соответствии с цитируемым автором А. Эйнштейном в каком-то смысле реабилитирует идею абсолютного эфира как арены протекания физических процессов, то возникает вопрос о статусе преобразований Лоренца — Пуанкаре. В самом деле, если мы признаем за принципом соответствия какую-либо содержательную роль в эволюции физического знания, а клеточно-автоматный подход связываем с качественно новым уровнем его развития, тогда релятивистские преобразования Лоренца — Пуанкаре должны рассматриваться как некие приближения, которые непременно должны быть получены на этапе изучения кинематики физических объектов. Автор это, очевидно, хорошо понимает, но, судя по книге, не нашел достаточно строгого или хотя бы наглядно-эвристического подхода к рассмотрению этого вопроса. Но, так или иначе, у нас нет оснований полагать, что клеточно-автоматный подход автоматически восстанавливает приоритет фундаментальности и абсолютной точности классических преобразований Галилея. Во многом также остался непроясненным и статус законов сохранения в контексте клеточно-автоматных моделей, хотя, как отмечалось выше, здесь возможен подход на основе представлений о калибровочной инвариантности. Много вопросов может также возникнуть из-за свойственной автору лаконичной манеры изложения. Автор зачастую не фиксирует в явном виде те логически необходимые предпосылки, которыми он руководствуется в своих рассуждениях, полагая, видимо, что они уже так или иначе читателю известны.

Однако думается, что подобные упования на осведомленность читателя далеко не всегда оправданны. Во всяком случае, хо-

телось бы предупредить специалиста, не желающего принимать указанную междисциплинарную форму изложения, что он может попасть в ловушку кажущихся противоречий или даже ошибок, которые при более внимательном рассмотрении таковыми не являются.

Но так или иначе, а спектр «интересных вопросов», возникающих при чтении книги, заметно расширяется по мере того, как автор переходит от обсуждения элементарных понятий к все более смелым гипотезам глобального свойства, объясняя в рамках клеточно-автоматной модели нарушения симметрии в фундаментальных физических взаимодействиях, рассматривая проблему ненаблюдаемости свободных кварков, вопросы пронихождения и свойства реликтового излучения и многое другое.

Мы не говорим уже здесь о предлагаемом в книге поразительном на первый взгляд объяснении возможного механизма функционирования мозга, согласно которому основные мыслительные процессы происходят вовсе не в нем, а где-то «вовне», в окружающей мозг активной клеточно-автоматной среде. Думаем, что для пытливого читателя возникающие здесь вопросы дадут богатую пищу для размышлений, в том числе и философского характера.

В заключение отметим, что подобные работы проблемного и всеобъемлющего характера весьма рискованны для автора. Его легко могут обвинить в грехах, в перечне которых упрек в непрофессионализме еще не самый страшный. Но независимо от степени истинности основных положений смелость автора, решившегося подступиться к чудовищно сложной задаче переосмысления всех оснований существующей научной картины мира в духе самой современной методологии, заслуживает всяческого уважения, даже если выдвинутые им гипотезы в конечном счете не подтвердятся. Если же дальнейшее развитие познания в той или иной мере подтвердит верность избранного им подхода, то тогда никакие самые восторженные оценки не будут выглядеть чрезмерными.

*В. И. Аршинов,
Г. М. Лапир*

Глава I

«ВООБРАЖАЕМАЯ ФИЗИКА» КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ

С точки зрения классической физики построить теорию какого-либо физического явления означает сконструировать его механическую модель. Эта точка зрения была опровергнута всем ходом развития современной физики. В самом деле, законы классической механики весьма специфичны и вовсе неочевидно, почему именно они должны выражать фундаментальные основы Природы. Более последовательным и перспективным выглядит подход, берущий за основу модели общего типа. Главное научное открытие второй половины XX века — это осознание того факта, что всякое явление может быть разложено на какое-то количество четко определенных дискретных шагов. В результате для описания явления используется то, что называется «алгоритм». На первый взгляд алгоритмическое описание находится в резком противоречии с представлениями традиционной физики, использующей главным образом концепцию дифференциальных уравнений. Однако понятие алгоритма, естественно, включает и любую конструкцию, основанную на дифференциальных уравнениях. В то же время алгоритмический подход имеет гораздо больше возможностей. Например, как мы увидим, он очень естественно объясняет изначальную асимметрию мира.

Подходящим классом алгоритмических моделей, которые могут демонстрировать весьма сложные формы поведения, являются клеточные автоматы — дискретные динамические системы с распределенным управлением [1—3]. Клеточный автомат состоит из однородной решетки элементарных ячеек, состояние которых изменяется последовательно шаг за шагом в соответствии с некоторыми локально определенными правилами перехода. Модели этого типа, использующие простые динамические правила на уровне элементов, могут демонстрировать необычайно усложненное практически непредсказуемое коллективное поведение на системном уровне. В последние годы клеточные автоматы привлекают большое внимание во многих областях науки и технологии и как средство для вычислений, и как концептуальная конструкция. Понятие клеточного автомата является весьма общим и может охватывать традиционные модели как в дискретном, так и в непрерывном представлении. В сфере фундаментальной физики идея клеточного автомата фактически использовалась в предложенном К. Г. Вильсоном вычислительном методе, именуемом «калибровочной теорией на решетке»

[4]; впрочем, даже классическую физическую концепцию светонесного эфира можно рассматривать как определенный тип клеточного автомата.

В общем виде правило перехода, управляющее клеточным автоматом, можно представить в виде

$$X^t_i = F(X^{t-1}_i, \{X^{t-1}_q\}), \quad (1)$$

где X^t_i — значение определенного параметра отдельной ячейки, имеющей номер i на шаге t , а $\{q\}$ — некоторое множество ячеек, соседних с ячейкой i .

Чтобы получить осмысленные клеточно-автоматные модели, необходимо избегать по крайней мере двух крайностей: переупрощения, которое ведет к вырожденным конфигурациям, и переусложнения, которое ведет к нерегулярному поведению типа турбулентности. При этих оговорках правило перехода в форме (1) способно определить то, что может быть названо «воображаемой физикой». Под этим имеется в виду дискретный мир с набором элементарных образований (формаций), которые демонстрируют сложные виды динамического поведения. Лучшим примером такой «воображаемой физики» является знаменитая «Игра жизни» Конвэя [5]. В «Игре жизни» ячейки организованы в структуру, подобную шахматной доске; каждая ячейка характеризуется двоичной переменной X , которая представляет два возможных состояния: активное — 1 и неактивное — 0; правило перехода определено числом непосредственных соседей ячейки, находящихся в активном состоянии Q , и имеет следующий вид:

$$X^t = \begin{cases} X^{t-1}, & \text{если } Q=2; \\ 0, & \text{если } Q=0, 1, 4, 5, 6, 7, 8; \\ 1, & \text{если } Q=3. \end{cases} \quad (2)$$

Воображаемая физика, задаваемая правилом (2), демонстрирует формальное сходство с реальным физическим миром. В частности, она обеспечивает существование набора движущихся устойчивых конфигураций, взаимные превращения которых могут в чем-то напоминать поведение элементарных частиц материи. Доводы за и против метода клеточных автоматов в фундаментальной физике обсуждались в ряде работ, посвященных физическим и информационным проблемам [6—9].

С позиций клеточно-информационного подхода физическая реальность в своей основе предстает перед нами в виде совокупности неких первичных информационных структур. В философском плане этот подход созвучен абсолютному идеализму Гегеля. Смысл «информационной действительности», порождаемой моделью клеточных автоматов, можно проиллюстрировать следующим образом. Пусть мы имеем панель с лампочками, которые могут включаться и выключаться. Если лампочки зажигаются и гаснут в определенном порядке, они могут создать некоторые «перемещающиеся образы». Наблюдатель может

воспринимать их как перемещающееся «вещество», в то время как в действительности то, что реально перемещается,— это определенного рода информация, производящая в свою очередь иллюзию «физического» движения. Первичный уровень нашей модели, который создает эту «иллюзию движения» в клеточном автомате, мы будем называть *уровнем Зенона* (рис. 1), по имени известного древнегреческого мыслителя, основателя философской школы, приверженцы которой отрицали реальность «физического движения».

Прежде чем приступить к рассмотрению технических деталей, связанных с конкретным содержанием предлагаемой нами

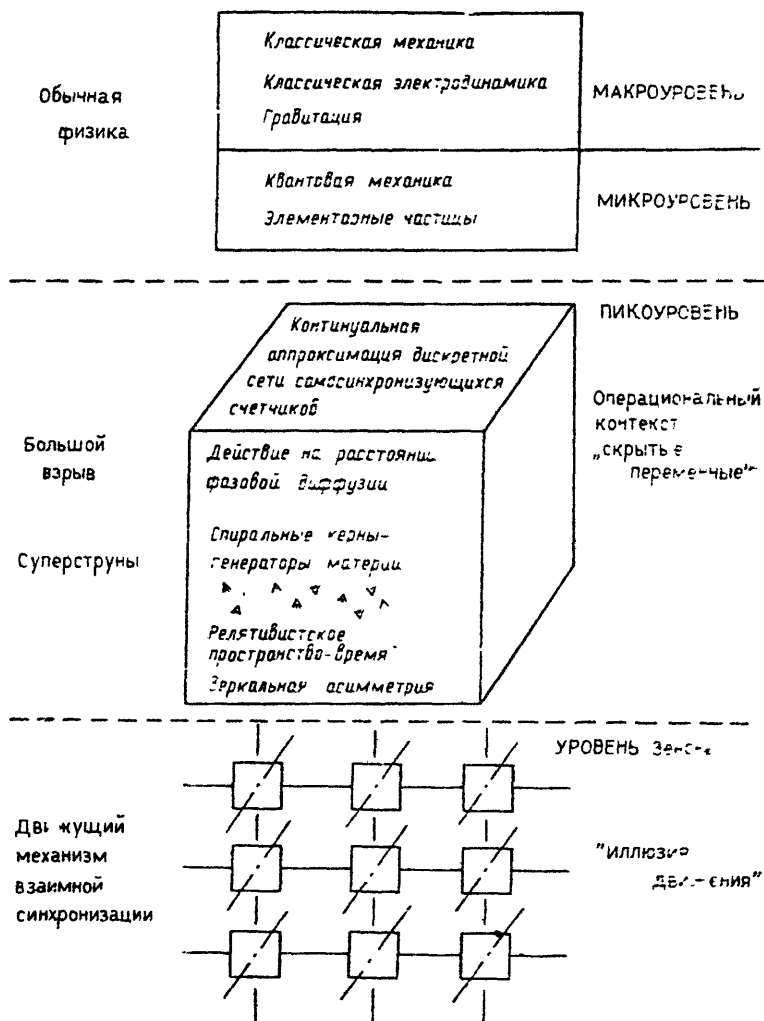


Рис. 1. Организация физического мира

модели клеточного автомата, скажем несколько слов о ее методологической адекватности. Методологические возражения против модели клеточного автомата как способа представления фундаментальных характеристик физического мира могли бы основываться на трех основных аргументах: введение абсолютной клеточной среды противоречит принципу относительности, квантовомеханическое поведение материи не согласуется с классической детерминистской моделью и, наконец, неясно, как присущие физическому миру внутренние фундаментальные симметрии могут возникнуть в полностью однородной дискретной скалярной клеточной структуре.

Действительно, клеточная среда как некоторый вид абсолютного универсального эфира выглядит несовместимой с идеями относительности. Однако отрицание существования эфира не является непосредственным следствием названных идей. Серии экспериментов, которые не смогли обнаружить движение по отношению к эфиру, показали, что не выполняется ни одна из следующих альтернативных гипотез: нулевое увлечение эфира, частичное увлечение эфира, полное увлечение эфира. Из этого с необходимостью не следует невозможность существования эфира. Что действительно следует из этих экспериментов, это то, что не существует увлечения эфира. Эти утверждения эквивалентны в случае эфира механического типа, для которого свойство увлечения неотъемлемо. Для клеточных автоматов концепция увлечения неприменима. В строго логическом смысле неприменимость есть нечто иное, чем равенство нулю. Следовательно, эфир может вполне существовать и не обладая свойством увлечения. Как в свое время писал Эйнштейн: «Более тщательное размышление показывает, однако, что специальная теория относительности не заставляет нас отказываться от эфира. Мы можем принять существование эфира; мы должны только отказаться от описания определенного состояния его движения» [10]. В интерпретации [11] свойства эфира можно было бы совместить со специальной теорией относительности, если бы эфир выступил как неподвижный при наблюдении снаружи, но перемещался бы вместе с замкнутой системой при наблюдении изнутри. «Неподвижная» информационная активность в клеточном автомате соответствует этим требованиям.

Кроме того, к сказанному следует добавить и такие соображения. Хорошо известно, что концепция относительности была сформулирована в двух вариантах. Вариант, связанный с именами Лоренца и Пуанкаре, предполагает наличие абсолютного эфира, который устроен, однако, таким образом, что абсолютное движение ненаблюдаемо. Вариант, сформулированный Эйнштейном, отвергает существование абсолютной системы отсчета. Вопрос о различии между двумя этими вариантами представляется чисто схоластическим: в первом случае эфир есть, но его нельзя наблюдать, во втором случае эфира просто нет. Обычные теория и практика совместимы с любым из этих

вариантов. Сопоставление этих, казалось бы, неразличимых вариантов является существенным для развития клеточно-автоматного подхода к описанию физического мира. Однако разрешение данного вопроса упрощается, поскольку оказывается, что построенная Эйнштейном модель основана на небольшой, но *неисправимой* логической ошибке. Логический анализ данной ситуации проведен в работе [69].

Эйнштейновская аргументация в пользу концепции относительности содержит непреднамеренное предположение об абсолютной системе отсчета. Его основополагающая статья [70] сразу после введения начинается с естественного, кажущегося *невинным*, предположения: «Пусть имеется координатная система, в которой справедливы уравнения механики Ньютона». Неявное допущение в цитированном предложении — это то, что выбор системы координат является возможным. Обычно возможность произвести выбор считается как бы сама собой разумеющейся. Однако для того чтобы такой выбор можно было реализовать, элементы множества должны как-то отличаться друг от друга. Формально возможность осуществления выбора определяется так называемой аксиомой выбора Цермело. Как впервые заметил Цермело в 1904 г., в основе многих математических рассуждений лежит неявное предположение о существовании «выборочной» функции, позволяющей на заданном множестве непустых множеств указать его представителя. Эта аксиома может быть представлена в различных эквивалентных формах, фактически определяющих возможность реализации выбора. Наличие такой возможности представляет собой необходимый атрибут для функционирования любой абстрактной модели. Для различных координатных систем отсчета возможность выбора означает, что их определяющий атрибут — скорость — должен иметь абсолютный смысл.

Теперь о квантовой механике.

Отход квантовомеханического описания от классических понятий локальности и причинности представляет главную трудность в построении рациональной и самосогласованной картины физического мира. В поисках реалистических интерпретаций квантовой механики, в частности и тех, которые опирались на концепцию так называемых «скрытых параметров» [12], как представляется, была упущена одна логическая возможность: использование информационной обрабатывающей среды со свойствами кратковременной памяти. Модель этого типа может быть реализована с помощью клеточных автоматов, где видимые «странности» квантовомеханического поведения могли бы отражать запутанность «скрытых» коммуникационных каналов с обратными связями. В таких моделях картину квантовых переходов можно было бы представить, образно говоря, аналогично искровому пробую в процессах электрического разряда в газах. В обоих случаях переходу предшествует нахождение «ионизирующего» пути, который запоминается на время этого процес-

са. Если этот механизм «скрыт», тогда электрический разряд демонстрирует «странность», которая может быть выражена в терминах квантовой механики. «Искровой» разряд не существует, если его не наблюдают, т. е. пока не будет введен «измерительный» инструмент — электрод; тогда «ионизационный» путь устанавливается в системе. Кроме того, «ионизационный» путь устанавливается в системе как единое целое, зависящее от ее глобальной структуры. К тому же на установление «ионизационного» пути влияют многие факторы, и этот процесс можно рассматривать как недетерминированный. Реализация такой системы наряду с другими квантовыми явлениями будет рассмотрена конкретно в терминах развиваемой модели.

Первичный уровень клеточного автомата представляет дискретное однородное скалярное поле. Для того чтобы описывать физический мир, эта система должна быть способна отображать все внутренние симметрии физических явлений. Это касается следующих аспектов. Во-первых, физическое пространство характеризуется непрерывными вращательными и трансляционными симметриями; в рамках модели это можно реализовать, если дискретная структура клеточного автомата допускает промежуточный уровень непрерывной аппроксимации. Во-вторых, различные внутренние симметрии физических объектов могут представлять собой отражение симметрии лежащего в их основании правила перехода, в частности, функция F в (1) должна быть периодической, а не монотонной. И в-третьих, изначальная однородность скалярного клеточного автомата должна быть нарушена каким-либо образом, чтобы обеспечить появление асимметрии и векторных свойств физического мира.

Клеточно-автоматный подход в некотором смысле возрождает старое представление об универсальном «эфире» как арене физических процессов (см., например: [13; 14]). В середине XIX в. с признанием волновой теории света стала общепризнанной и вера в существование светоносного эфира, поперечные колебания которого представляют собой световые волны. По словам лорда Кельвина, одного из преданных защитников концепции светоносного эфира, «его существование является фактом, который не может подвергаться сомнению, если принять во внимание однозначные свидетельства в пользу теории волновых процессов» [15]. Теория Максвелла показала, что оптический эфир можно связать как с электрическими, так и с магнитными эффектами. Дж. Дж. Томпсон развил идею о том, что атом можно рассматривать как вихри в эфире, он писал: «Что касается вихревой теории атома, я не знаю ни одного явления, которое очевидным образом не может быть объяснено с ее помощью» (цит. по: [13, с. 110]). Однако, будучи ограничена механическими построениями, теория эфира не имела успеха, а после триумфа теории относительности ее дальнейшее развитие полностью прекратилось. Лорд Кельвин заметил: «Мы можем ожидать, что придет время, когда мы поймем природу атома.

С большим сожалением я расстаюсь с идеей, что для объяснения окажется достаточно простых конфигураций движения» (цит. по: [13, с. 110]).

Неудача теории механического эфира с точки зрения клеточно-автоматного подхода объясняется тем, что законы механики приводят к монотонным функциям в выражении для правила перехода (1). В этой связи возникает множество проблем, в частности проблема стабильности вихрей как исходных составляющих материи и проблема объяснения поперечной природы волны света. Однако можно попытаться представить структуру физического мира, заменив механический эфир XIX столетия на подходящую клеточно-автоматную конструкцию.

Модель физического мира как целого должна быть способной порождать множество самых различных структур и форм поведения. Однако задача нахождения формальным путем правила перехода клеточного автомата (1), которое отвечало бы заданным требованиям, является фактически невыполнимой, поскольку даже очень простые правила перехода приводят к непредсказуемым, интуитивно неочевидным результатам (о чем свидетельствует, например, поведение мира Конвэя [5]). Модель клеточного автомата должна поэтому выводиться из некоторых независимых соображений.

Механизм взаимной синхронизации, который мы используем в нашей модели физического мира на основе клеточного автомата, был впервые предложен нами в связи с попытками объяснения квантовомеханического корпускулярно-волнового дуализма [16]. В контексте этих попыток и была выдвинута идея такого объяснения на основе конструкции самосинхронизирующейся сети, обладающей способностью к обработке информации и имеющей свойства кратковременной памяти. Благодаря фундаментальной роли корпускулярно-волнового дуализма в природе оказалось, что предложенная конструкция вышла за рамки задачи его непосредственного объяснения, обнаружив механизм, который мог бы отвечать за все явления физического мира. Если эта модель является истинной, то все богатство физического мира могло бы содержаться в одном простом утверждении: «Все физические явления можно представить как разные грани описания на высоком уровне процессов взаимной синхронизации в сети цифровых счетчиков». Прежде чем проанализировать поведение такой системы, представим некоторые эвристические соображения в пользу гипотезы взаимной синхронизации как кандидата на базовый механизм фундаментальной физики.

Взаимная синхронизация и десинхронизация — это идеальный процесс для сотворения «чего-то из ничего». Сюда относится естественное объяснение Большого взрыва, взаимопревращений элементарных частиц и их взаимодействий, в процессе которых элементарные частицы непрерывно нечто излучают, не теряя при этом, очевидно, ничего. Возникающие в такой модели синхроформации представляют собой довольно необычные объ-

екты, весьма изменчивые и дающие определенные основания предполагать, что они отвечают основным требованиям квантово-механического описания реальности. Свойства калибровочной симметрии физического мира в данной модели отражают лежащую на более глубоком уровне симметрию распределения фазы, которая инвариантна по отношению к глобальному сдвигу на произвольную постоянную и по отношению к локальным изменениям модуля счета в элементах клеточного автомата (см. ниже).

Сети синхронизированных элементов широко используются в различных областях информатики и компьютерной технологии [17]. Анализ подобных систем есть сложная задача, как правило, связанная с проблемами «далеко нетривиальными» [18].

Исследование процессов распределенной синхронизации, выполненное в данной работе, упрощено за счет того, что изучается большая сеть, которую приближенно можно рассматривать как непрерывную среду. Непрерывная аппроксимация дискретной сети цифровых сигналов делает предметом рассмотрения непрерывную структуру осцилляторов со взаимно связанными фазами, которая является промежуточным *пико-уровнем* между первичным механизмом взаимной синхронизации и уровнем явного представления физического мира (рис. 1). Пико-уровень включает в себя «скрытые параметры» физического мира и образует структуры, в рамках которых они должны быть описаны.

Чтобы удостовериться в соответствии «воображаемой физики» процессов взаимной синхронизации и реальной физики, необходимо сравнение всех известных фундаментальных физических эффектов с их представлением в поведении форм синхроактивности в сети цифровых счетчиков. Характерной чертой этой синхроактивности является то, что она распадается на отчетливые единицы активности, образующие ее, если угодно, «алфавит», или, точнее, словарь. Для того чтобы анализировать сложное поведение этих частиц, необходимо выделить независимые области со своими собственными динамическими законами и сравнить их с обычной формулировкой реальной физики. На первом шаге исследования, используя различные подходы от качественных оценок до количественных рассмотрений, нам удалось развить достаточно обширный сценарий поведения синхроактивности, допускающий сопоставление с явлениями физического мира...

Дальнейшее содержание книги строится следующим образом. После настоящей вводной главы следует пять основных. В гл. 2 дается математическое описание процесса взаимной синхронизации и устанавливается два различных типа решений. Гл. 3 показывает, что один из типов этих решений, имеющий форму продвигающихся спиралевидных кернов, можно сопоставить материальным сущностям, а другой тип, имеющий форму фазовой диффузии, представляет своего рода «операциональный фон» материального мира. В гл. 4 рассмотрены основные аспекты

динамического поведения появившихся в модели синхроструктур и выяснено, как их можно интерпретировать в терминах фундаментальных физических теорий. Эти результаты приводят нас к выводу, что взаимная синхронизация в самовозбуждающейся сети цифровых счетчиков может служить тем исходным механизмом, который ответствен за всю организацию Природы. В гл. 5 обсуждается новый подход к физическому вакууму и проблеме нарушения симметрии в контексте нашей модели. Гл. 6 рассматривает некоторые гипотезы о возможном механизме работы мозга с учетом существования клеточно-автоматного эфира.

Глава 2

ИСХОДНАЯ МОДЕЛЬ

2.1. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ВЗАИМНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Основным элементом модели являются цифровые часы (рис. 2), состоящие из генератора импульсов и кольцевого счетчика, который периодически сбрасывается в нуль после Z отсчетов. Состояние данных часов определяется текущим значением их счетчика i ($0 \leq i \leq Z-1$), или, другими словами, их относительной фазой i/Z . Часы организованы в сеть динамической системой усреднения фазы. Вся сеть — это полностью цифровая система, состояние которой определяется распределением по ее ячейкам некоторых абстрактных натуральных чисел по модулю Z (рис. 3).

Дискретную систему можно описать непрерывной аппроксимацией, если изменение ее параметров мало относительно определенной шкалы. При $Z \gg 1$ изменение фазы $1/Z$ становится малым, так что сеть цифровых часов может быть аппроксимирована средой взаимодействующих осцилляторов, характеризующихся непрерывной фазой θ с операцией по модулю 2π . Предполагая слабое (относительно 2π) изменение фазы от осцилля-

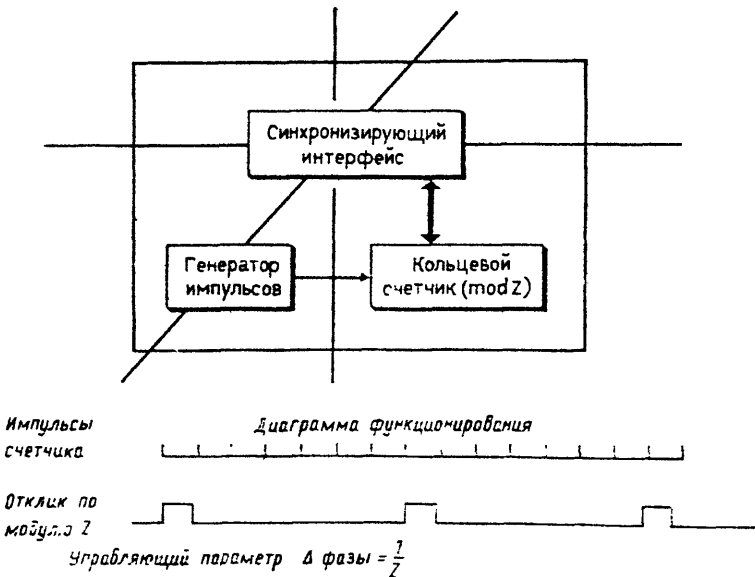


Рис. 2 Исходный цифровой компонент модели

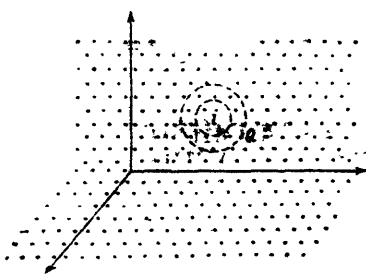


Рис. 3. Структура модели. Дискретная сеть цифровых часов — счетчики по модулю:

$$\{K_i | K_i \in \{0, 1, \dots, Z-1\}\}.$$

Непрерывная аппроксимия. Распределение фаз:

$$\{\Theta | \Theta - \text{вещественные числа по mod } 2\pi\}.$$

Динамическое правило — усреднение фазы:

$$\Theta'_i = \sum_{j \in Q} a_{ij} \Theta_j \pmod{2\pi}.$$

Основные параметры: связность узлов 3-D, коэффициенты влияния $\{a_{ij}\} \rightarrow h, G$, минимальное изменение фазы

$$-\frac{1}{Z} \rightarrow c$$

ции к осцилляции и от осциллятора к соседнему осциллятору, мы можем рассматривать синхроактивность в этой активной возбудимой среде как непрерывный процесс, используя дифференциальные уравнения в частных производных. Отдельные осцилляторы, агрегируясь, порождают совокупное решение для элементарной частицы точно так же, как сами элементарные частицы создают совокупное строение для макроскопического тела.

Специфика этой системы в том, что она не имеет заранее установленных метрических масштабов и их следует вывести из внутренних свойств возникающих в ней решений.

Сеть цифровых часов можно описать следующими основными параметрами (рис. 3): а) степень связанности узлов; б) коэффициенты влияния взаимной синхронизации $\{a_{ij}\}$ и в) модуль счета часов Z . Эти параметры следует подобрать так, чтобы обеспечить требуемые характеристики физического мира: топологическую характеристику 3-D (трехмерность) пространства, метрические стандарты пространственно-временного континуума вместе с релятивистской кинематической верхней границей скорости перемещения — скоростью света c , а также динамические характеристики взаимодействующих синхроструктур — постоянную Планка h и гравитационную постоянную G . Первые два параметра определяют главное уравнение процесса синхронизации, третий параметр позволяет вычленить специальный класс стационарных решений, которые ответственны за создание материальных синхроформаций вместе с пространственно-временными метрическими стандартами и пределом скорости c .

Механизм взаимной синхронизации представляется в форме

$$\Theta'_i = \sum_{j \in Q} a_{ij} \Theta_j \pmod{2\pi}, \quad (3)$$

где Θ_j — распределение фаз в некоторой окрестности Q точки i в определенный момент, Θ'_i — фаза в точке i в следующий момент.

Коэффициент самовлияния a_{ii} в (3) предполагается близким к 1, так что

$$0 < b = 1 - a_{ii} \ll 1. \quad (4)$$

При удалении от точки i коэффициенты $\{a_{ij}\}$ быстро убывают. Соотношение (3) можно аппроксимировать, рассматривая сеть, вложенную в некоторую структуру с параметрами, которые следует интерпретировать как непрерывное пространство и время; метрическая шкала этой непрерывной структуры будет определена позже. Предполагая симметрию коэффициентов влияния, будем иметь в этой аппроксимации только четные пространственные производные:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -b\theta + D_1 \Delta \theta + D_2 \Delta^2 \theta + \dots \quad (5)$$

Здесь D_1 , D_2 и т. д. — коэффициенты диффузии фазы, которые учитывают влияние соседей в первом слое, во втором слое и т. д.; b — довольно маленький коэффициент, обеспечивающий в соответствии с (4) консервативное поведение фазы; Δ — оператор Лапласа; Δ^2 — симметричный дифференциальный оператор четвертого порядка. Уравнение (5) выглядит как обычное уравнение параболического типа для диссипативных процессов. Этот тип уравнения может обеспечить разнообразие физического мира в нашей модели, поскольку он имеет две отличительные особенности: периодичность и дискретность своей фазовой переменной. Эти особенности делают возможной существенно недиссипативную циркуляцию, предохраняющую эволюцию определенных конфигураций от деградации в однородное распределение.

Ниже в п. 2.2 и 2.3 мы проанализируем свойства решений уравнения (5) при указанных выше условиях и покажем, что помимо обычных для параболических уравнений решений диффузионного типа в нашем случае в принципе могут существовать также и устойчивые решения качественно иного типа. А именно решения в виде бегущих спиральных (геликондалных) волн.

Обратим внимание на следующее вполне очевидное и тем не менее очень важное обстоятельство: переход от правил преобразования для клеточного автомата к непрерывному представлению имеет характер аппроксимации и неизбежно сужает множество потенциально возможных форм его динамической активности до множества решений соответствующего дифференциального уравнения (5). В то же время дальнейший анализ уравнения (5) в свою очередь в силу необходимости упрощений также не может претендовать на строгость и полноту. Но, как нам представляется, общая качественная картина поведения исходного клеточного автомата все же в основном сохраняется. Заметим здесь также, что непрерывная аппроксимация и качественный анализ уравнения (5) представляются со-

вершено необходимыми (в некотором смысле неизбежными) этапами исследования поведения клеточного автомата (3), уже по той причине, что все попытки его непосредственного компьютерного моделирования в соответствии с механизмом преобразования (3), несмотря на всю его кажущуюся простоту, оказались неудачными. Даже в самых простейших случаях полученные посредством компьютерного моделирования результаты оказались, к сожалению, трудно обозримыми и плохо интерпретируемыми в силу целого ряда технических и математических трудностей.

2.2. ДИФФУЗИЯ ФАЗЫ — ПЕРВОЕ ОСНОВНОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЯ СИНХРОНИЗАЦИИ

Обычно процессы диффузионного типа приводят к однородному распределению динамической переменной, такой как температура, концентрация и т. п. В сети связанных осцилляторов такого рода процессы приводят к распространению постоянного значения фазы осцилляторов.

Рассматривая процесс синхронизации, в котором определяющее значение имеют непосредственные соседи, мы можем оставить только член, соответствующий первому слою в (5), и получить приближение для этого процесса в форме параболического уравнения второго порядка

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -b\theta + D_1 \Delta \theta. \quad (6)$$

После подстановки $\theta = \tilde{\theta} \exp(-bt)$ это уравнение преобразуется в

$$\frac{\partial^2 \tilde{\theta}}{\partial t^2} = D_1 \Delta \tilde{\theta}. \quad (7)$$

Решение одиночного источника для $\tilde{\theta}$ хорошо известно, оно зависит от времени и на расстоянии от точки источника R имеет вид

$$\theta = \frac{1}{(2D_1 \pi t)^2} \exp\left(-\frac{R^2}{4D_1 t} - bt\right). \quad (8)$$

Отличительной чертой этого решения является то, что оно представляет распространение фазы как мгновенный процесс: в каждый момент $t > 0$ для произвольного R будет $\theta > 0$. Эта парадоксальная ситуация типична и для других аналогичных процессов, таких как перенос тепла и диффузии. Она возникает из-за того, что параболическое дифференциальное уравнение дает агрегированное представление диффузионного процесса, пренебрегая фактическими параметрами и определенными ограничениями на скорость на уровне дискретных компонентов (осцилляторов или молекул).

В п. 2.3 мы рассмотрим стационарные решения уравнения (5), которые характерны именно для такой сети осцилляторов и, по предположению, являются основными порождающими элементами материального мира. Эти решения мы будем называть спиральными ядрами (propelling kernels) или просто ядрами. Что же касается процесса фазовой диффузии, то он функционирует как бы «за кулисами» материального мира спиральных ядер. Ограничение скорости в материальном мире скоростью света c определяется, в частности, структурой продвигающихся спиралевидных ядер и не затрагивает фоновый процесс диффузии фазы. Таким образом, наша модель предполагает существование за обычными процессами физического мира некоторого очень быстрого функционального механизма действия. Быстрое распространение постоянного значения фазы из одной точки может, как представляется, быть ответственным за инфляционный этап Большого взрыва, который практически в одно мгновение определил рамки всего последующего развития материального мира. Материальные синхроформации вызывают дополнительный эффект распространения постоянной фазы, которая как бы «выбрасывается» из близких точек с равной фазой — биполярных источников, что проявляется в эффектах, могущих интерпретироваться как гравитация и создающих арену для квантовомеханических процессов. Диффузия фазы из одиночного и биполярного источника показана на рис. 4. Две близкие точки с равными фазами развивают вокруг себя определенную динамическую структуру синхроактивности. Синхроформации, которые будут предметом нашего рассмотрения, состоят из большого числа распространяющихся биполярных источников (см. п. 3.4). Анализ коллективного поведения таких систем

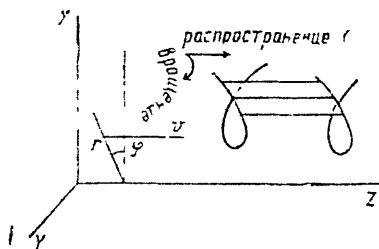
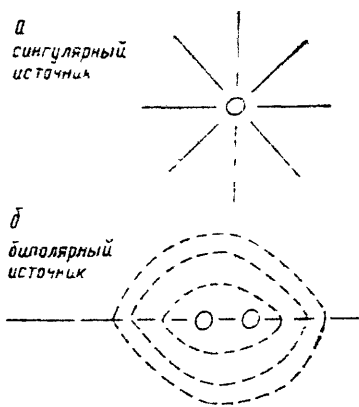


Рис. 4. Распределение «стрел» постоянной фазы посредством фазовой диффузии — быстрый операциональный фон материального мира

Рис. 5. Движущиеся геликоидальные ядра — порождающие сущности материального мира

представляется довольно сложной проблемой. Однако в нашем упрощенном, в основном качественном, рассмотрении мы будем использовать тот факт, что структура синхроактивности от биполярного источника имеет аксиальную симметрию, и ограничим наше внимание процессами синхронизации вдоль линии, соединяющей точки биполярного источника. Вдоль этой линии биполярный источник инициирует быстрый процесс распространения его фазы.

Развертывание линий постоянной фазы реализуется в виде быстрого процесса распространения, за задним фронтом которого следует относительно медленная десинхронизация, вызванная как внешними возмущениями, так и накоплением разницы фаз из-за расхождения в частоте осцилляций. Таким образом, линии постоянной фазы имеют ограниченную протяженность и могут рассматриваться как своеобразные «летающие стрелы», которые постепенно теряют свои хвосты. Предположим, что частоты осцилляций по всей сети не являются в точности одинаковыми, но укладываются в определенный диапазон изменений — Δf . Так, два соседних осциллятора, имея вначале одну и ту же фазу, постепенно утратят существовавший между ними синхронизм. Число осцилляций N , после которых накопленная разность фаз становится значительной:

$$N \sim \frac{f}{\Delta f}. \quad (9)$$

Стабильность часов в сети должна быть достаточной, чтобы временная сцена, сформированная линиями постоянной фазы, сохранялась на протяжении времени, требуемого для организации квантовых переходов (см. ниже).

2.3 СПИРАЛЬНЫЕ КЕРНЫ — СТАЦИОНАРНЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ СИНХРОНИЗАЦИИ

Попробуем найти стационарные решения уравнения (5) в форме перемещающихся формаций, которые передвигаются с постоянной скоростью v вдоль оси цилиндра z , имеют постоянный радиус r и равномерное вращение угловой координаты φ (рис. 5). Формально в цилиндрических координатах эти решения представлены в виде

$$\left. \begin{aligned} \Theta &= j(z - vt), \\ \frac{d\theta}{dr} &= 0, \\ \frac{d\theta}{d\varphi} &= \text{const.} \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

Можно показать, что при этих условиях дифференциальные операторы Δ , Δ^2 и т. д. в цилиндрических координатах будут иметь частные производные только вдоль оси z , а частные производные по r и φ обратятся в нуль.

Таким образом, решения типа (10) в основном определяются следующим соотношением:

$$-vf'(s) = -bf(s) + D_1 f''(s) + D_2 f^{IV}(s), \quad (11)$$

где $s = z - vt$. Вклад производных более высокого порядка пренебрежимо мал, но об этом будет сказано чуть позже.

Рассмотрим решение уравнения (11) в форме $e^{-\lambda t}$; характеристическое уравнение для λ будет следующим:

$$D_2 \lambda^4 + D_1 \lambda^2 + v\lambda - b = 0. \quad (12)$$

Уравнение (12) имеет четыре корня. Их можно оценить, предполагая, что влияние синхронизации первого слоя соседей D_1 много больше, чем влияние второго слоя соседей D_2 . Поэтому сначала пренебрежем членом четвертого порядка и рассмотрим квадратное уравнение

$$D_1 \lambda^2 + v\lambda - b = 0. \quad (13)$$

Очевидно, что если корни уравнения (13) имеют относительно малое абсолютное значение, а именно если $|D_2 \cdot \lambda_{1,2}^2| \ll D_1$, то они будут приблизительно удовлетворять и характеристическому уравнению (12).

С другой стороны, оставляя только члены четвертого и второго порядков уравнения (12), мы получим уравнение

$$D_2 \lambda^4 + D_1 \lambda^2 = 0, \quad (14)$$

решения которого для очень больших значений также будут приблизительно удовлетворять характеристическому уравнению (12).

Итак, мы имеем следующие оценки четырех корней характеристического уравнения (12):

$$\lambda = \frac{t}{v}, \quad (15)$$

$$\lambda_{2,3} = -\frac{v}{D_1}, \quad (16)$$

$$\lambda_{3,4} = \pm i \sqrt{\frac{D_1}{D_2}}. \quad (17)$$

Следовательно, общее решение уравнения (11) можно представить в виде

$$j(s) = A_1 e^{\lambda_1 s} + A_2 e^{\lambda_2 s} + A_3 \cos(|\lambda_{3,4}|s + \gamma_0), \quad (18)$$

где A_1 , A_2 , A_3 и γ_0 — определенные произвольные постоянные. Обычно произвольные постоянные для решения дифференциальных уравнений определяются начальными или граничными условиями. В случае данной модели произвольные постоянные в решении (18) должны определяться так, чтобы удовлетворять требованиям конструкции (10), которые соответствуют одно-

временному вращательному и поступательному движению. Радиус r и угловая скорость вращения $\frac{d\varphi}{dt}$ определяются из условия, чтобы циркуляция фазы по замкнутому пути достигала полного поворота на 2π за некоторое определенное число минимальных частичных шагов в соответствии с параметром $1/Z$.

Распространение стационарного решения в форме (10) вызывает случайное возмущение фаз в окружающих узлах ети и порождает объекты, именуемые нами синхроформациями и интерпретируемые в качестве элементарных частиц материи. Мы намерены показать, что эта конструкция обеспечивает весь спектр основных строительных блоков материи: протоны, электроны, нейтроны, электромагнитное поле, фотоны и набор нейтрино. Заметим, что состояние движения является естественным и обязательным состоянием для самого существования материальных синхроформаций.

МАТЕРИАЛЬНЫЙ МИР КАК ИНДУЦИРОВАННЫЕ СИНХРОСТРУКТУРЫ

3.1. ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОГО КОНТИНУУМА

3.1.1. ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТРЕХМЕРНОГО ПРОСТРАНСТВА

Размерность обычной сети является топологической характеристикой, которая представляет картину связности ее узлов. В модель непрерывной аппроксимации сети цифровых часов мы ввели структурное допущение о том, что картина связности ее узлов соответствует трехмерному пространству.

Картина связности в отличие от числовых параметров сети (коэффициентов влияния фазы $\{a_{ij}\}$ и периода цикла Z определяет существенные качественные черты организации физического мира, а не частные количественные характеристики. Возникает вопрос, что может произойти, если изменить картину связности узлов, т. е. как организация синхрорактивности в сети с размерностью иной, нежели три, отклонится от обычного физического мира. Ответ следует обсудить в двух аспектах. Во-первых, физическая организация в трехмерном пространстве сама по себе имеет преимущество с точки зрения порождения отчетливо выраженных синхроформаций, включающих в себя волновые процессы. Это объясняется тем, что волновые процессы развиваются в трехмерном пространстве (в отличие от ситуации в пространствах другой размерности), имея в соответствии с принципом Гюйгенса резкие фронты [19; 57]. Этот хорошо известный факт является также одним из часто используемых аргументов в пользу трехмерности физического пространства.

С другой стороны на проблему трехмерности пространства можно взглянуть также и с позиций антропного принципа [20; 55]. Последний требует, чтобы свойства физического мира были совместимы с возможностью развития разумных форм жизни. Способность физических систем организовываться в обрабатывающие информацию устройства может быть осуществлена различными способами: было, например, показано, что такие устройства могут быть получены с помощью абстрактных «физических» структур, возникающих в предложенном Конвэем клеточном автомате «Жизнь» [5]. В контексте антропного принципа реальная проблема состоит в том, как именно достигнуть той сверхвычислительной мощности, которая необходима для разумного восприятия. Существуют соображения, связывающие

размерность пространства восприятия со спецификой физиологии человека [21] (подробнее см. гл. 6).

В работе [22] было предположено, что если способность к сложному функционированию мозга основана на волновых процессах (возможно, голографического типа), то такая организация имеет преимущество в трехмерном пространстве (благодаря принципу Гюйгенса). Следовательно, даже если синхроактивность могла бы реализовать некоторый вариант физического мира в пространстве с размерностью, отличающейся от трех, она не смогла бы породить столь сложное устройство, как мозг человека, — устройство, способное этот мир адекватно воспринимать. К этому вопросу мы еще вернемся в последнем разделе книги.

3.1.2. МЕТРИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ

События в сети цифровых часов характеризуются дискретными переменными: «расстояниями», определяемыми в терминах числа узлов, и «периодами», определяемыми посредством числа циклов часов. Однако эти характеристики отсутствуют в непрерывной аппроксимации синхропроцессов, аналогично тому как микрохарактеристики молекул не появляются в макроописании физической субстанции, если она является непрерывной средой.

Чтобы использовать непрерывную аппроксимацию дискретной системы, необходимо установить метрические стандарты. В глобальной модели физического мира требуемые метрические стандарты должны порождаться самой моделью. Метрические стандарты длины и длительности в самосинхронизирующейся сети возникают из внутренних свойств движущихся кернов. Таким образом, концепция пространства — времени возникает вместе с материальным миром.

Рассмотрим поперечное сечение генерируемых кернов (рис. 6). Благодаря дискретности фазы минимальное изменение фазы в смежном узле на один цикл часов равно $2\pi/Z$. Максимальная циркуляция, соответствующая полному повороту фазы на 2π , будет включать Z циклов часов и Z узлов. Это допускает выполнение условий (10) и позволяет установить абсолютные стандарты длины, l_s , и времени, t_s :

$$l_s = \text{протяженность, соответствующая } Z \text{ узлам,} \quad (19)$$

$$t_s = \text{интервал, соответствующий } Z \text{ циклам часов.} \quad (20)$$

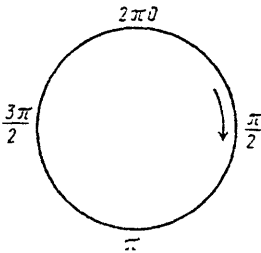
Вращательные компоненты керна, радиус r и угловая скорость $\frac{d\varphi}{dt}$ будут

$$r = \frac{l_s}{2\pi}, \quad (21)$$

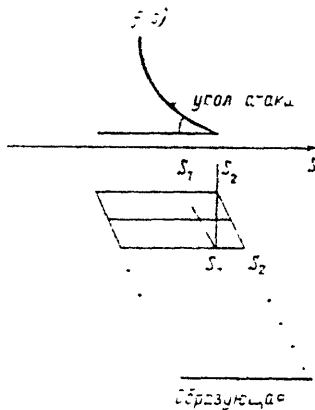
$$\frac{d\varphi}{dt} = \frac{t_s}{2\pi}. \quad (22)$$

Компонента распространения (10), бегущая волна в форме $f(z-vt)$, представлена общим решением (18); это выражение имеет четыре произвольные постоянные, A_1, A_2, A_3 и γ_0 , которые следует определить для частного решения при определенных дополнительных условиях.

Поперечное сечение керна



стандарты длины (l_s) и
 длительности (t_s)
 Зеркальная асимметрия
 Конгруэнтность
 вращение-распространение



Максимальная
 трансляционная
 скорость $c = \frac{l_s}{t_s}$

Рис. 6 Система движущихся кривых

Дополнительным условием, ограничивающим выбор произвольных констант в общем решении (18), является согласованность движения распространения $f(z-vt)$ и вращения. Это условие требует, чтобы изменение фазы вдоль образующей соответствовало изменению фазы вдоль контура керна, как представлено на рис. 6. Формация $f(s)$ распространяется на расстояние $\Delta s = s_2 - s_1$ в течение интервала $\Delta t_p = \Delta s/v$ одновременно с соответствующим изменением фазы $f(s_2) - f(s_1)$ вдоль контура керна, вызванного вращением, которое длится в течение интервала $\Delta t_2 = \frac{f(s_2) - f(s_1)}{2\pi}$. Условие соответствия вращения и распространения, требующее $\Delta t_p = \Delta t_r$, можно записать в виде

$$\frac{f(s_2) - f(s_1)}{s_2 - s_1} = \frac{2\pi}{t_s^2} \quad (23)$$

Условие (23) должно выполняться для всех интервалов (s_2, s_1). Оно могло бы выполняться точно лишь тогда, когда $f(s)$ была прямой линией. В общем случае для решения (18) условие (23) может выполняться только приближенно. Поэтому керны можно рассматривать как распространяющиеся спирали, которые колеблются в определенном диапазоне, внутри которого обеспечено сохранение их целостности. Темп изменения фазы вдоль образующей $\frac{f(s_2) - f(s_1)}{s_2 - s_1}$ не может быть меньше, чем темп изменения вдоль контура ядра $2\pi/l$, который определяется минимальным шагом дискретизации изменения фазы. Следовательно, мы получаем верхнюю границу для скорости распространения ядер v :

$$v \leq \frac{l_s}{t_s} = c. \quad (24)$$

Поскольку матеральные синхроформации генерируются ядрами, скорости которых ограничены в соответствии с (24), этот предел естественно ассоциировать с максимальной скоростью распространения в матеральном мире, а именно со скоростью света c . Заметим, что скорость света определяется через свойства возникающих структур, а не через исходные параметры на фундаментальном системном уровне.

3.1.3. ЗЕРКАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ

До сих пор мы оставляли в стороне вопрос касаясь, как направление вращения в условиях (10), предопределяющих генерирующиеся керны матерального мира. Эти решения могут иметь две формы для каждого из возможных направлений вращения, которое не влияет на свойства полученных синхроформации. Однако синхроформации с противоположным вращением могут оказаться взаимно уничтожающимися. Следовательно, физический мир может существовать только в одной из двух возможных антагонистичных друг другу форм в зависимости от случайного выбора направления вращения генерирующих ядер. В начальном состоянии сеть цифровых часов обладает полной симметрией. Эта симметрия была нарушена на стадии создания генерирующих ядер за счет случайно приобретенного преобладания левого или правого вращения. Физическая реальность, в которой нам случилось жить, имеющая определенное направление вращения генерирующих ядер (10), называется *миром*, а ее синхроформации — *материей*; дуальная «зеркальная» копия именуется *антимиром*, а ее синхроформации — *антиматерией*. Такая модель позволяет создавать определенные умозрительные конструкции, рассматривая частицы материи и

антиматерии как различно ориентированные спиральные объекты [23].

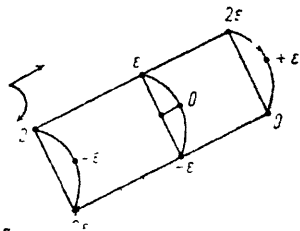
Зеркальная асимметрия физического мира появляется на очень глубоком уровне порождения материи. Образно говоря, физический мир является симметричной конструкцией, собранной с помощью «асимметричных винтовых болтов» — генерирующих ядер в форме (10).

3.2. СИНХРОВОЗБУЖДЕНИЯ, ПОРОЖДАЕМЫЕ СПИРАЛЕВИДНЫМИ КЕРНАМИ

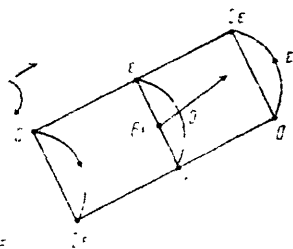
Геликоидальные ядра в процессе распространения определенным образом возмущают свое окружение. По существу, эти возмущения возникают в точках, где изменение фазы вдоль образующей ядра не строго монотонно.

Рассмотрим снос фазового цилиндра (10) в различных случаях (рис. 7). Исследуем точки в плоскости слоя непосредственно под точкой O на поверхности цилиндра. В монотонном случае фаза в этой точке, будучи усредненной по соседним точкам в плоскости слоя, окажется равной нулю; в немонотонном случае фаза в этой точке отличается от нуля. Таким образом, точки образующей, где изменение фазы не является монотонным, обуславливают возникновение градиента фазы в направлении, поперечном к оси цилиндра распространения, и, следовательно, излучают вторичные синхровозбуждения в этом направлении.

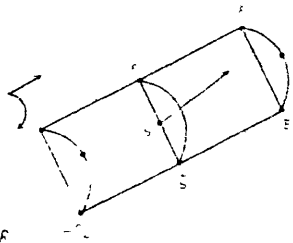
В случае переднего края образующей (рис. 7, в) его синхронизированная картина набегает на случайные фазы окружения ξ с определенным наклоном фазы, углом атаки. Поэтому усредненная фаза в точке под точкой O будет иметь регулярную и случайную компоненты. Для того чтобы передний край мог из-



а) монотонное изменение фазы



б) немонотонное изменение фазы



в) передний край ("ударная волна")

Рис. 7. Генерация синхровозбуждений движущимися ядрами

лучать вторичные синхровозбуждения, его фаза должна обеспечивать определенный уровень генерации ϵ_0 , превышающий случайный шум фона. Синхровозбуждения у ведущего края возникают при периодическом достижении этого граничного для генерации значения. Это происходит в режиме автоколебаний аналогично вибрациям в струне скрипки под движущимся смычком. Период автоколебаний у ведущего края распространяющегося керна можно оценить, рассматривая распространение керна в упрощенном виде как движение гусеницы. Этот автоколебательный процесс состоит из двух частей: продвижения переднего края с возрастанием фазы до граничного значения ϵ_0 , приводящего к выбросу синхровозбуждения, и перемещения остальной части ядра до точки выброса с восстановлением ее начального состояния.

Обозначим локальную скорость края v_l , тогда, учитывая условие согласованности вращения и распространения (23), мы получаем следующее выражение для первого временного интервала:

$$\Delta t_1 = \frac{\epsilon_0}{2\pi} t_g. \quad (25)$$

Второй временной интервал можно вывести из Δt_1 , умножив его на отношение скорости края v_l к средней скорости керна \bar{v} :

$$\Delta t_2 = \frac{\epsilon_0}{2\pi} t_g \frac{v_l}{\bar{v}}. \quad (26)$$

Скорость границы и средняя скорость керна в силу условия согласованности вращения и распространения (23) можно выразить в терминах производных зависимостей фаз кернов $f(s)$; так, $\frac{v_l}{\bar{v}} = \frac{\bar{f}'}{f'_l}$, где \bar{f}' — среднее значение производной $f(s)$ по образцу керна, f'_l — крайняя (граничная) производная. Таким образом, период автоколебаний t_g генерируемых синхровозбуждений на переднем крае продвигающегося керна равен

$$\Delta t_g = \Delta t_1 + \Delta t_2 = \frac{\epsilon_0}{2\pi} t_g \left(1 + \frac{\bar{f}'}{f'_l} \right). \quad (27)$$

Количество генерируемых синхровозбуждений, а следовательно, и естественным образом связанная с ними масса — энергия созданной синхроформации — обратно пропорциональны Δt_g .

3.3. СПЕКТР СТАЦИОНАРНЫХ СИНХРОФОРМАЦИИ

Продвигающиеся керны могут иметь три основных типа фазовой зависимости: экспоненциально убывающая, экспоненциально возрастающая и синусоидальная (рис. 8). Устойчивое решение, представленное формулой (18), является линейной ком-

Тип ядра	Форма зависимости фазы от координаты	Распространение	
		прерывистое $v < c$	непрерывное $v = c$
Вещественные экспоненты			
Возрастающая	 $f(s) = A_1 e^{\frac{b}{v}s}$	Протон	Электрическое поле
Убывающая	 $f(s) = A_2 e^{-\frac{b}{v}s}$	Электрон	
Суперпозиция	 $f(s) = A_1 e^{\frac{b}{v}s} + A_2 e^{-\frac{b}{v}s}$	нейтрон	
Мнимые экспоненты			
	 $f(s) = A_3 \cos \sqrt{\frac{D_1}{D_2}} s$		Нейтрино
	 $f(s) = A_4 \cos \sqrt{\frac{D_2}{D_3}} s$		Электронное
	 $f(s) = A_5 \cos \sqrt{\frac{D_3}{D_4}} s$		Мюонное
			τ -нейтрино

Рис. 8. Основные стационарные материальные синхроформации

бинацией основных типов постольку, поскольку оно удовлетворяет условию согласованности вращения и распространения. Структура синхроформаций, генерируемых ядрами, существенно зависит от того, чему равна их скорость: разна ли она с или меньше? В случае $v < c$ монотонные экспоненциальные ядра и их комбинации формируют то, что можно интерпретировать как материальные частицы: протоны, электроны и нейтроны; в случае $v = c$ они формируют то, что естественно рассматривать как электромагнитные поля и фотоны. Синусоидальные ядра соответствуют, видимо, нейтрино; они могут распространяться с любой скоростью, но условие согласования вращения и распрост-

ранения (23) будет лучше удовлетворяться, если $v=c$: уравнение синхронизации дает различные решения этого типа последовательно уменьшающегося размера.

Протон, как представляется, соответствует монотонно возрастающей экспоненте, электрон — монотонно убывающей экспоненте. Эти керны имеют существенно различный период автоколебаний и, следовательно, различную массу*. Нейтрон естественно представить как линейную комбинацию возрастающей и убывающей экспонент (относительная нестабильность нейтрона не получает объяснения на этой стадии рассмотрения).

Как мы видели, условие согласования вращения и распространения (23), определяющее динамику кернов, может быть приближенно удовлетворено за счет локального отклонения от однородного движения. Это приводит к «дрожанию» кернов, что может вызвать их распад.

Следовательно, среди возможных решений уравнения (5) в форме (10) следует выбрать те, которые минимизируют отклонения в смысле условия (23). Монотонные экспоненциальные и синусоидальные керны отличаются зависимостью своих характеристических чисел λ и, следовательно, длины, образующей $\sim 1/\lambda$ от скорости распространения v . Скорость распространения определяется в соответствии с (23) величиной $\Delta\dot{\varphi}/\Delta\dot{\alpha}$. Для синусоидальных кернов, где длина постоянна, скорость распространения, минимизирующая локальные отклонения (23), является максимальной, т. е. равна c . Длина монотонных экспоненциальных кернов может меняться со скоростью, в результате чего эти керны получают жизненно важное свойство — удовлетворять условию (23), двигаясь со скоростью меньше c .

Рассмотрим экспоненциально убывающее ядро с $\lambda = -\frac{v}{D_1}$.

В этом случае, когда $v \rightarrow 0$, длина l образующей может возрастать неограниченно, если она не вращается. Однако, поскольку образующая должна возвращаться к своей начальной фазе за один оборот, ее длина ограничена сверху определенным значением l_{max} , которое мы выразим через отвлеченное число g в единицах $1/\lambda$ как $l_{max} = g \frac{1}{\lambda}$. На одном конце образующей фазу считаем равной 2π , на другом конце она принимает значение $j(l_{max}) = 2\pi \exp(-g)$, которое должно быть близким к нулю. Средний наклон $j(s)$ вдоль этой образующей будет равным $2\pi/l_{max}$. Следовательно, с учетом условия согласования вращения и распространения (23) мы можем определить значение минимальной возможной скорости для этого керна v_{min} (условие $j(l_{max}) \simeq 0$ можно удовлетворить при относительно малых g , так что мы полагаем $\sqrt{g} \sim 1$):

$$v_{min} = \sqrt{g} \sqrt{D_1/l_1} \sim \sqrt{D_1/l_1}. \quad (28)$$

* Автор здесь неявно полагает, что $mc^2 \sim \hbar\omega$, как например, для фотона (прим. переводчика).

Период автоколебаний для монотонно убывающих кернов $\Delta t^{(d)}_g$ можно оценить, используя формулу (27):

$$\Delta t^{(d)}_g = \frac{\varepsilon_0}{2\pi} t_s \left(1 + \frac{\bar{f}'}{f'_i} \right) \cong \frac{\varepsilon_0}{2\pi} t_s \frac{e_\tau}{g}. \quad (29)$$

Для экспоненциально возрастающих кернов с $\lambda = b/v$, когда $v \rightarrow 0$, длина образующей l стремится к нулю. В этом случае $f'_i = \bar{f}'$ и период автоколебаний можно оценить следующим образом:

$$\Delta t^{(i)}_g = \frac{\varepsilon_0}{2\pi} t_s \left(1 + \frac{\bar{f}'}{f'_i} \right) \cong \frac{\varepsilon_0}{2\pi} t_s \cdot 2. \quad (30)$$

Если скорость распространения приближается к своей верхней границе c , образующая экспоненциально убывающего керна сокращается, а образующая экспоненциально возрастающего удлиняется. Для случая $v=c$ оба типа кернов получают определенную длину и достигают одинакового наклона фазы, чтобы удовлетворять условию (23). Фронтальное действие этих кернов является поверхностным эффектом, не зависящим от их длины. Уменьшение и возрастание фазовой картины проявляется как обратное фронтальное вращение фазы. Поэтому керны, двигающиеся со скоростью c , можно рассматривать как носители электрического заряда. Структурные различия между синхροформациями, генерируемыми в случаях $v=c$ и $v=0$, будут рассмотрены ниже. Случай $v < c$ соответствует материальному миру с концепцией конечной массы покоя. Мы покажем в следующей главе, что как мера синхροактивности конечная масса обратно пропорциональна Δt_g . Сравнивая формулы (29) и (30), мы получаем качественную оценку отношения масс, соответствующих синхροформациям, генерируемым экспоненциально убывающими и возрастающими кернами; массы этих синхροформаций мы обозначили m_e и m_p , имея в виду этим указать, что их можно ассоциировать с электронами и протонами:

$$\frac{\Delta t^{(d)}_g}{\Delta t^{(i)}_g} = \frac{m_p}{m_e} \cong \frac{e^k}{2g}. \quad (31)$$

Формула (31) показывает качественно, что $m_p \gg m_e$. Таким образом, наша модель отвечает на один из кардинальных вопросов физики элементарных частиц, а именно: почему массы носителей противоположных электрических зарядов столь существенно отличаются друг от друга? Решением уравнения (11) для минимых характеристических чисел $\lambda_{1,2}$ является

$$f(s) = A_3 \cos \left(\sqrt{\frac{D_1}{D_2}} s + \gamma_0 \right). \quad (32)$$

Параметр γ_0 влияет на значение угла атаки. Коэффициент A_3 должен принимать минимальное значение для минимизации

отклонений от условия согласования вращения и распространения (23); при фиксированной длине ядра это достигается при $v=c$, поскольку длина ядра этого типа довольно мала, амплитуда A_3 также мала. Таким образом, ядра этого типа не вызывают существенного возмущения в своем окружении и, по-видимому, не могут генерировать синхровозбуждения в режиме автоколебаний таким же образом, как экспоненциальные ядра. Отсюда представляется естественным идентифицировать синусоидальные устойчивые решения как нейтрино.

На самом деле можно получить различные решения синусоидального типа, рассматривая члены с производными более высокого порядка в уравнении (5), а значит, и (11). Вводя производную шестого порядка в уравнение (11), мы получаем

$$-c^2 j'(s) = -j(s) + D_1 f''(s) + D_2 f^{IV}(s) + D_3 f^{VI}(s). \quad (33)$$

Соответствующее характеристическое уравнение имеет вид

$$D_3 \lambda^6 + D_2 \lambda^4 + D_1 \lambda^2 + v\lambda - b = 0. \quad (34)$$

В этом уравнении коэффициент D_3 характеризует влияние третьего слоя соседей, которое предполагается более малым в сравнении с влиянием второго слоя. Используя объяснение, аналогичное тому, которое было дано выше для решения (17), где рассматривалось влияние второго слоя соседей как более малое в сравнении с влиянием первого слоя, мы получаем

$$\lambda_{3,6} = \pm i \sqrt{\frac{D_3}{D_1}}. \quad (35)$$

Размер ядер (35) $l_{3,6} = 2\pi/|\lambda_{3,6}|$, очевидно, существенно меньше, чем размер ядер, соответствующих решению (17).

Продолжая это рассмотрение, мы также сможем получить и синусоидальные устойчивые решения следующего, еще меньшего, размера, соответствующие влиянию соседей четвертого порядка.

Таким образом, уравнение (5) обеспечивает серию синусоидальных устойчивых решений уменьшающейся длины, которые мы называем решениями типа нейтрино. Это может отражать существование различных типов нейтрино, известных как электронное нейтрино, мюонное нейтрино, τ -нейтрино.

3.4. СТРУКТУРА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ МАТЕРИИ И МЕТАМОРФНОЕ ВОЗНИКНОВЕНИЕ МАССЫ

Возмущения окружающей ядра среды формируют кластеры синхровозбуждений, которые можно представлять аналогично конусу Маха, возникающему при сверхзвуковом полете. Взаимное влияние созданных кластеров синхровозбуждений на порождение их ядер и взаимодействие между самими синхровоз-

буждениями ведут к сложной динамической картине. Вообще говоря, всякому строгому количественному анализу сложной системы должно предшествовать качественное ее рассмотрение с целью выявить принципиальное наличие у системы ожидаемых свойств. Изучение различных возможностей, которые представляет настоящая модель, позволяет прийти к сценарию поведения синхроформаций в самосинхронизирующихся сетях, который может демонстрировать наиболее тонкие свойства материи.

Основной характеристикой материальных формаций является *масса*. Хотя понятие массы не определено точно, оно рассматривается как некоторая мера количества «вещества», которое и составляет матерю. Концепция массы «запутана и связана с серьезными и смущающими трудностями, которые пока не разрешены» [24]. Масса появляется в различном облике в различных явлениях. Однако не существует каких-либо апрорных логических оснований, по которым параметр M в вышеприведенных формулах должен относиться к одному и тому же количеству. Свойства, имеющие отношение к концепции массы, включают инерцию:

$$F = Ma, \quad (36)$$

гравитацию:

$$F = GM_1M_2/R^2, \quad (37)$$

эквивалентность с энергией:

$$E = MC^2, \quad (38)$$

волновые свойства:

$$\lambda = h/Mv, \quad (39)$$

а также свойства, в конечном счете ассоциированные с существованием массы, но не зависящие от ее значения:

$$\text{электрический заряд} = \text{const}, \quad (40)$$

$$\text{спин} = \text{const}. \quad (41)$$

Развиваемая модель указывает на весьма примечательный результат: все вышеперечисленные и кажущиеся несвязанными свойства массы являются проявлениями одной сущности — синхроактивности, индуцированной движением спиралевидных кернов. Значение M выражает меру различных сторон этой синхроактивности.

Синхровозбуждение, вызванное таким керном, начинается с некоторого переходного процесса, который достигает устойчивого состояния, по-видимому, в качестве одного из проявлений общей формы (18). Синхростимул для этих процессов очень слаб, он лишь немного выше уровня генерации и слегка превышает уровень случайного шума. Поэтому вторичные синхровозбуждения, созданные кернами, имеют малую амплитуду изменения фазы и, следовательно, могут описываться только ре-

шениями из класса малых нейтрино. Синхровозбуждения, имеющие структуру нейтрино, должны распространяться со скоростью света с нулевым углом атаки, чтобы обеспечить максимальное согласование с условием соответствия (23). Важно заметить, что могут быть два типа синхровозбуждений, удовлетворяющих этим требованиям: с положительным или отрицательным изменением фазы на краю синхровозбуждения (рис. 9).

Все синхровозбуждения, генерируемые данным керном, несут одну и ту же фазу от границы генерирующего керна и могут относиться к любому из двух указанных типов.

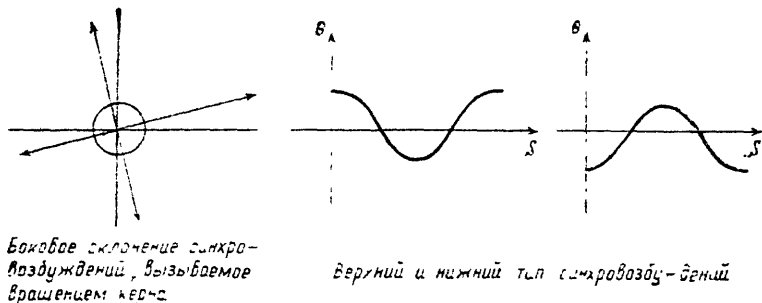


Рис. 9. Феномен спина

Генерируемые синхровозбуждения не строго ортогональны к оси керна; из-за трансляционного и вращательного движений кернов линия, вдоль которой инициируются синхровозбуждения, несколько наклонена вперед и в сторону. Этот эффект дает вклад в зависимость массы от скорости и влияет на явление спина. Тип синхровозбуждений, которые образуют синхроформацию, определяет одно из двух состояний их спина.

Структура синхроформации, созданной керном, представлена на рис. 10. Кластер синхровозбуждений, несущий ту же фазу, что и ведущий край продвигающегося керна, представляет собой большое число движущихся биполярных источников, которые формируются парными комбинациями синхровозбуждений, как только они оказываются достаточно близко друг к другу. Когда синхровозбуждения расходятся от порождающего керна, их коллективное действие исчезает; индивидуальное действие синхровозбуждений несущественно, поскольку они есть не что иное, как малые типы нейтрино. Тем самым огромное количество синхровозбуждений, возникающих в коротком интервале, на более длинном интервале сокращается до неподдающегося наблюдению нейтринного фона физического мира. Возможно, что существование этого фона в астрономическом масштабе может вызвать эффекты, связанные с так называемой «темной материей» [25].

От других типов синхроструктур биполярные источники отличаются тем, что производят линии постоянной фазы вдоль своей оси, так что кластеры синхровозбуждений излучают пуч-

ки линий постоянной фазы в различных направлениях. Линии постоянной фазы, излучаемые кластером синхровозбуждений, окружающих продвигающийся керн, оказывают существенное влияние на динамическое поведение этой синхроформации.

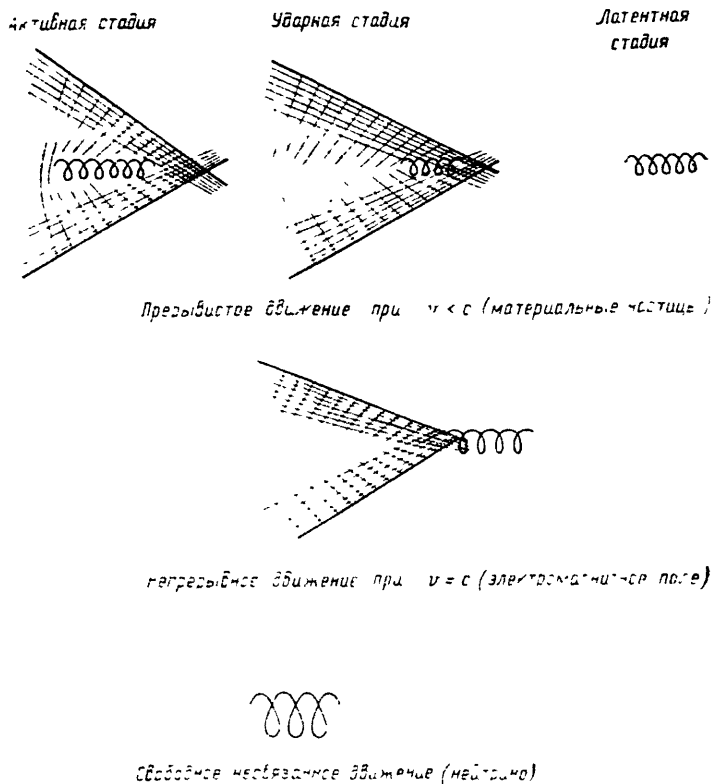


Рис 10. Три типа механизма распространения синхроформации

Можно отметить три основных результата этого влияния.

1. На больших расстояниях линии постоянной фазы вызывают гравитационное притяжение (п. 4.4); количество этих линий пропорционально числу генерируемых синхровозбуждений.
2. В непосредственном окружении продвигающегося керна линии постоянной фазы фокусируют свою активность на оси керна и приводят к двум различным типам поведения материальной синхроформации в зависимости от того, достигает ли скорость керна скорости света или нет.
3. На ближайшем окружении линии постоянной фазы формируют временную сцену для механизмов информационной обработки квантовых переходов для «голых» кернов, имеющих впереди себя область фокусировки синхроактивности в качестве точки отсчета (подробнее см. п. 4.6).

Синусоидальные керны нейтринного типа вызывают лишь слабое возмущение и не приводят поэтому к полномасштабному развитию свойств, которые связаны с наличием массы. Экспоненциальные керны производят синхровозбуждения, которые создают линии постоянной фазы, вытягивающиеся в различных направлениях и окутывающие коническую структуру. Поведение этих синхроформаций качественно отличается для случаев $v < c$ и $v = c$. В последнем случае линии постоянной фазы фокусируются позади края керна, и эта синхроформация может продвигаться в непрерывном режиме, не распадаясь. В первом случае часть линий постоянной фазы, которые пересекаются впереди продвигающегося керна, формируют возмущение «вздутия» на его пути. Когда продвигающийся керн ударяется об это фронтальное возмущение, которое имеет ту же фазу, что и край керна, этот край может свободно проникнуть через изофазовое возмущение на определенное расстояние; при этом проникший край керна оторвется от остальной части керна. Оторвавшийся край сохраняет возрастающий или убывающий фазовый рисунок исходного керна и двигается дальше как независимая синхроструктура. Не будучи ограничен условием согласования вращения и распространения для керна как целого, оторвавшийся край достигает максимума скорости c . Действие, которое производит в среде оторвавшийся край, есть фазовое вращение в одном из двух направлений, в зависимости от убывающего или возрастающего фазового рисунка его образующей. Внешний эффект от такого рода действия один и тот же для убывающих и возрастающих экспонент, поскольку в обоих случаях оторвавшийся край вращается и продвигается с одной и той же скоростью. Это действие можно в рамках нашей модели отождествить с электрическими силами: оторвавшиеся края в свою очередь также генерируют синхровозбуждения, которые вызывают эффект, естественно интерпретируемые как магнитные силы.

«Раздетая» (лишняя окружения) часть керна, лишаясь своего генерирующего ведущего края, перестает порождать синхровозбуждения и переходит в процесс восстановления устойчивого состояния в форме (10). Во время своего восстановления керн свободен от материальных синхровозбуждений и перемещается, не производя каких-либо существенных внешних эффектов. Это «скрытое» перемещение создает видимость таинственных скачков в процессах квантовых переходов (п. 4.6). Таким образом, материальные синхроформации, порожденные кернами, представляют собой пульсирующие конфигурации, переключающиеся между двумя базовыми состояниями: активной стадией, демонстрирующая явные свойства материи до тех пор, пока не произойдет саморазрушающийся коллапс, и скрытая стадия, в которой реализуются «скрытые» квантовые переходы, пока не восстановится начальная активная стадия. Когда синхроформация коллапсирует, оторвавшийся край ее керна уходит от него и служит в качестве носителя электрической силы.

Наглядно процесс можно представить следующим образом. Генерирующий керн — это факел; окружающий кластер материальных синхровозбуждений — это пламя. Оторвавшийся край переносит активную часть факела — его пламя — как действующий электрический заряд; остальная часть факела, пока она неактивна, может скрыто перемещаться, реализуя квантовые переходы, пока пламя не вспыхнет снова. Затем процесс периодически повторяется.

Периодически пульсирующая структура синхроформации соответствует волновым свойствам материи. Что касается синхроформаций, движущихся со скоростью c , то край их кернов всегда идет впереди области активности синхровозбуждений: это делает керны чувствительными к квантовым направляющим силам и они могут вызывать квантовые переходы следующей за ними синхроформации.

Масса является объединяющей характеристикой материальных единиц, и она приобретает смысл только за пределами определенной пространственно-временной шкалы, характеризующей пульсации материи. Период пульсаций определяется временем, которое продвигающийся керн затрачивает на столкновение с фронтальной синхронизированной областью. С другой стороны, этот период определяется временем, которое требуется синхровозбуждению со скоростью c , чтобы достигнуть границы частицы: это примерно равно длительности прохождения светом диаметра протона, т. е. ядерному времени $t_d \sim 10^{-14}$ с. Расположение фронтальной области столкновения определяется главным образом наклоном синхровозбуждений и не чувствительно заметным образом к плотности синхровозбуждений, т. е. к массе частицы. Таким образом, время столкновения не зависит существенно от массы частицы. То же относится к времени прохождение света через частицу. Это указывает на то, что размеры электрона и протона должны совпадать по порядку величины, что, вообще говоря, противоречит существующим теориям.

Керны с точкой немонотонности внутри образующей создают дополнительный кластер синхровозбуждений (рис. 11). Этот тип кернов может быть построен из линейной комбинации убывающей и возрастающей экспонент. В этом случае фаза синхронизированной области впереди продвигающегося керна будет отличаться от фазы края керна. Поэтому край керна будет разрушен при вхождении в эту область, а не оторвется от керна и соответственно не вызовет того, что согласно указанной выше интерпретации должно быть электрической силой. Этот тип синхроформаций можно идентифицировать с нейтроном. Эту тему мы обсудим подробнее в п. 4.7. Синхроформации при скорости $v=c$, состоящие из линейной комбинации возрастающей и убывающей экспонент, можно отождествить с фотонами. Мы вернемся к этому типу синхроформаций после рассмотрения общих свойств массы.

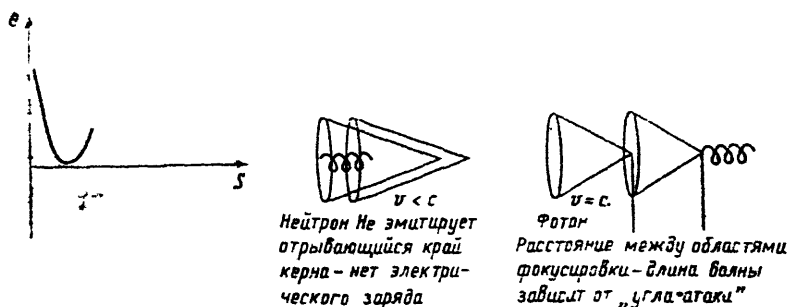


Рис 11 Схематическое представление синхроформаций с двумя кластерами синхровозбуждений, генерируемых ядрами с внутренней точкой не-монотонности в фазовой зависимости

Когда распространяющаяся синхроформация контактирует с некоторой структурой, это создает толчок для реконфигурации. Это действие массы приложено главным образом во фронтальном направлении, но оно имеет и некоторую тангенциальную компоненту, поскольку синхровозбуждения слегка наклонены по отношению к оси ядра. Фронтальное действие синхроформации можно отождествить с его моментом P , а тангенциальная компонента могла бы представить спин.

Фронтальное действие синхроформации P пропорционально действию отдельного синхровозбуждения и числу синхровозбуждений, приходящих в единицу времени. Согласованная картина массы может быть получена, если принять, что действие отдельного синхровозбуждения определяется фактором \hbar/c . Число синхровозбуждений, приходящих в единицу времени, пропорционально плотности генерируемых синхровозбуждений, деленной на временной интервал между оборотами спирали синхровозбуждения. Первая из этих величин определяется отношением $t_s/\Delta t_g$ где t_s — время оборота ядра, Δt_g — период автоколебаний ядра, вторая из упомянутых величин должна быть равна d_p/v где d_p — шаг спирали синхровозбуждений в проекции на ось ядра, v — скорость синхроформации.

Таким образом,

$$P \sim \left(\frac{\hbar}{c} \right) \frac{t_s}{\Delta t_g} \frac{v}{d_p} \quad (42)$$

Значение массы, выражающее ее внутренние свойства, можно получить делением P на v

$$M \sim \left(\frac{\hbar}{c} \right) \frac{t_s}{\Delta t_g} \frac{1}{d_p} \quad (43)$$

Это выражение содержит два переменных параметра Δt_g и d_p . Когда v мало, генерируемые синхровозбуждения почти ортогональны к оси ядра, а возрастание v увеличивает наклон вперед синхровозбуждений, что приводит к уменьшению d_p . Этот

эффект может отвечать за релятивистское возрастание массы с увеличением скорости. Для данной скорости масса обратно пропорциональна периоду автоколебаний ядра Δt_g .

В дополнение к главному фронтальному воздействию, моменту P , действие синхровозбуждений, которое слегка наклонено в сторону, имеет также определенную тангенциальную компоненту S . Значение этой тангенциальной компоненты S определяется воздействием отдельного синхровозбуждения, спроектированного на направление касательной к вращению ядра. Воздействие отдельного синхровозбуждения равно h/c ; тангенциальная проекция этого воздействия пропорциональна скорости синхровозбуждения c и косинусу угла наклона. Угол наклона определяется угловой скоростью вращения ядра, которая одна и та же для всех ядер $2\pi/t_k$. Следовательно, все синхроформации с простой структурой, т. е. порожденные монотонными ядрами, будут иметь одинаковую тангенциальную компоненту действия S :

$$S = \text{const} \sim h. \quad (44)$$

Синхроформация может быть составлена из одного или двух типов синхровозбуждений: с восходящей или ниспадающей картиной изменения фазы у края (рис. 9). Воздействие S может иметь один из двух противоположных знаков в зависимости от того, выполняется это воздействие «восходящим» или «падающим» синхровозбуждением. Синхровозбуждение может возникать в одном из двух возможных состояний с противоположным направлением воздействия S ; выбор между этими альтернативами зависит от значения фазы непосредственно на фронте распространяющегося ядра. Генерируемая синхроформация может перескакивать из одного состояния в другое во время ее пульсирующей реконфигурации. Тангенциальное воздействие S всегда ортогонально к любому направлению, в котором обнаруживается фронтальное воздействие. Таким образом, мы видим, что тангенциальное воздействие S включает все основные частные свойства спина.

Рассмотрим теперь структуру синхроформации, генерируемой ядром, представленным суперпозицией возрастающей и убывающей экспонент, имеющим внутри точку немонотонности на зависимости фазы и распространяющимся со скоростью $v=c$ (рис. 11). Эта синхроформация имеет два кластера синхровозбуждений: задний кластер генерируется внутренней точкой немонотонности и является в основном одним и тем же для всех синхроформаций этого типа; передний кластер изменяется в зависимости от угла атаки на краю ядра. Расстояние между точками фокусировки линий постоянной фазы для переднего и заднего кластеров является мерой пространственной периодичности этой формации, т. е. ее длины волны λ . Эта длина волны определяется наклоном синхровозбуждений переднего кластера. С другой стороны, наклон синхровозбуждений переднего класте-

ра определяется шагом спирали синхровозбуждений в проекции на ось керна d_p . Аналогично соотношению (42), предполагая пропорциональность между λ и d_p , мы можем получить соотношение

$$P \sim \left(\frac{h}{c}\right) \frac{c}{d} \sim \frac{h}{\lambda}. \quad (45)$$

Чем больше угол атаки, тем быстрее фаза на краю керна может достигнуть уровня генерации, при этом наклон генерируемых синхровозбуждений будет приближаться к ортогональному, а λ — уменьшаться: Поэтому с ростом угла атаки фронтальное воздействие этого синхровозбуждения (момент и энергия) возрастает. Это дает основание предположить, что керн такого типа может иметь свойства фотона.

Вместе с фронтальным воздействием фотон, как и материальные частицы, может вызывать тангенциальное действие, связанное со спином. Поскольку фотон состоит из двух кластеров, его спин будет отличаться от простого значения S . Имеются четыре возможные комбинации, составляющие задний (post) и передний (ant) кластеры соответственно из up (u)- и down (d)-синхровозбуждений: $\langle (\text{post})-u, (\text{ant})-u \rangle$, $\langle (\text{post})-u, (\text{ant})-d \rangle$, $\langle (\text{post})-d, (\text{ant})-u \rangle$, $\langle (\text{post})-d, (\text{ant})-d \rangle$.

В первом и четвертом случаях спин будет иметь разные знаки. Во втором и третьем он равен нулю. Во втором и третьем случаях эта синхроформация благодаря противоположному направлению вращения фазы в переднем и заднем кластерах будет иметь выделенное направление, перпендикулярное к оси ядра и определяемое двумя совпадающими точками фазы. Это направление может представлять поляризацию фотона.

Свободный электрон в результате его пульсаций излучает синхроформации электрического заряда. За счет слабого излучения монокотная электрическая синхроформация может превратиться в фотонную синхроформацию (рис. 8). Это показывает, что механизм пульсаций, который ответствен за постоянное излучение электрического заряда, является тем же самым механизмом, который участвует в эмиссии фотонов во время резонансных электронами вычужденных квантовых переходов.

Отметим, что картина синхроактивности, предлагаемая здесь в качестве основы для описания физической реальности, независимо от точности деталей вышеприведенной конкретной интерпретации, обладает помимо прочих тем привлекательным свойством, что в эту картину с самого начала «встроена» идея калибровочной инвариантности, т. е. независимость наблюдаемых явлений от глобального или локального изменения фазы θ .

ДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СИНХРОАКТИВНОСТИ. ФИЗИЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ

4.1. ПЕРЕЧЕНЬ УСТАНОВЛЕННЫХ ФАКТОВ

Описание физического мира интегрирует великое множество разнообразных фактов. Соответственно анализ сетей, состоящих из цифровых часов, показывает быстрый рост сложности их синхроактивности, как только мы переходим от исходных решений в форме спиралевидных ядер к порождаемым ими синхроструктурам. Существенно, что исходные ядра порождают вторичные синхровозбуждения, производящие третичные эффекты, которые в свою очередь взаимодействуют с этими ядрами. Исследование сложных форм поведения должно опираться также и на рассуждения качественного характера как необходимого дополнения к ограниченным возможностям аналитических моделей и компьютерного моделирования. Наша непосредственная цель в данном случае состоит в том, чтобы как можно полнее развернуть сценарий поведения синхроактивности и сравнить его с основными фактами фундаментальной физики. Коль скоро это может быть гарантировано целостной системой описания, дальнейшие исследования могут быть сконцентрированы на детальном аналитическом и вычислительном рассмотрении относительно независимо трактуемых подсистем.

Приведем теперь основные факты, касающиеся поведения синхроструктур в сетях самосинхронизирующихся цифровых часов.

1. Синхроактивность в таких сетях распадается на отдельные дискретные конфигурации, которые отождествляются с основными материальными структурными единицами физического мира. Эти материальные единицы порождаются ядрами — стационарными решениями уравнения синхронизации (5) в форме (10) — с разными конфигурациями фазовой зависимости. Рассмотрение изофазовых спиралей этих ядер может быть уяснено с концепцией суперструн [26; 27].

2. Спиральные ядра автоматически вводят метрические стандарты, определяемые минимальной величиной изменения фазы на такт счета. $1/2$, которая точно определяет размер и скорость вращения поперечного сечения ядра. Условие конгруэнтности распространения и вращения ядер накладывает верхний предел на их трансляционную скорость. Эта конструкция представляет метрику пространственно-временного континуума, который имеет релятивистские свойства, хотя и возникает в контексте некоей абсолютной системы координат.

3. В дополнение к общим изотропным симметриям пространственно-временного континуума фундаментальная сеть цифро-

вых часов имеет также и специфические локальные и глобальные симметрии, связанные с характеристиками фазового распределения: локальные фазы определяются вплоть до модуля 2π , а глобально они определены вплоть до произвольной константы. Эти специфические симметрии могут привести к феноменологическим теоретическим конструкциям, основанным на концепции калибровочной симметрии. Первоначальная симметрия сети цифровых часов нарушается, когда синхроактивность материализуется посредством порождения ядеров, которые могут развиваться в одной из двух дуальных форм (10) в зависимости от выбора значения их вращения. Этот выбор произволен и соответствует порождению материи или антиматерии. Итак, материальный мир развивается с нарушенной зеркальной симметрией на самом низком из уровней ее организации (подробнее об этом см. п. 5).

4. Материальные синхроформации, порождаемые генерирующим ядром, являются весьма подвижной структурной единицей, постоянно находящейся в состоянии изменения своей конфигурации и излучения различных синхроструктур. Это последнее свойство есть специфическая черта механизма взаимной синхронизации, из которой вытекает концепция силовых полей как составной части материального мира.

5. Модель имеет стационарные решения, которые могут быть идентифицированы с основными компонентами физического мира: протонами, электронами, нейтронами, электромагнитным полем, фотонами и семейством нейтрино. Замечательно, что модель сразу же дает естественное объяснение ряда ключевых проблем физики элементарных частиц, таких как: 1) почему носители противоположных электрических зарядов имеют существенно разные массы; 2) почему масса нейтрона немного больше массы протона; 3) почему нейтрино существует в разных модификациях исчезающе малых размеров; 4) в чем состоит природа спина.

6. Помимо представленных фактов, отражающих хорошо известные свойства физического мира, модель предполагает две новые характеристики физической реальности, находящиеся за пределами обычного временного масштаба физики: сверхбыстрые взаимодействия (благодаря фазовой диффузии) и периодические пульсации материальных синхроформаций.

В этой главе мы покажем, что различные процессы, представляющие разные аспекты динамического поведения выше рассмотренных синхроструктур, находятся в качественном согласии с фундаментальными физическими концепциями. Процессы синхроактивности на разных уровнях развития в пространственно-временном масштабе согласуются с соответствующими параметрами физического мира.

1. *Уровень индивидуальных цифровых часов.* Абсолютные величины, характеризующие сеть цифровых часов: расстояние между узлами и длительность их временного цикла не опреде-

лены. Коль скоро структура стационарного решения позволяет нам установить метрические стандарты пространства — времени, то единственно определенное утверждение, которое может быть сделано об этих характеристиках сети, состоит в том, что они существенно меньше, чем установленные стандарты длины и длительности, что оправдывает континуальную аппроксимацию дискретной сети. Обычно принято сравнивать общие модели физической Вселенной с единицами длины и времени Планка, полученными из фундаментальных констант:

$$\begin{aligned} t_{pl} &= (hG/c^5)^{1/2} = 5,3 \cdot 10^{-44} \text{ с,} \\ l_{pl} &= (hG/c^3)^{1/2} = 1,6 \cdot 10^{-35} \text{ м.} \end{aligned} \quad (46)$$

Параметры сети цифровых часов могут быть сопоставлены с единицами Планка по порядку величины.

2. *Уровень спиральных ядер.* Размеры ядер могут быть оценены диапазоном слабых взаимодействий, которые, как предполагается, вовлечены в сохранение целостности ядра (см. п. 4.7), т. е. размеры ядра таковы же, что и стандартная длина $l_s \sim 10^{-17}$ м. Стандартное время t_s — это продолжительность цикла вращения ядра $t_s = l_s/c \sim 10^{-25}$ с.

3. *Уровень генерации синхроформаций.* Период автоколебаний, порождающий синхровозбуждения, существенно меньше, чем t_s . Размеры синхроформаций могут быть оценены как размеры элементарных частиц и через диапазон сильных взаимодействий, как 10^{-15} м. Оценка периода пульсаций получается посредством времени, требуемого для перемещения синхровозбуждения через синхроформацию со скоростью света.

4. *Процесс фазовой диффузии,* который находится «за кулисами» обычного материального мира, не определяется точно; вполне может оказаться, что скорость фазовой диффузии может быть больше скорости света.

5. *Квантовые переходы.* Эти процессы включают длительность периода пульсации $\sim 10^{-24}$ с, для того чтобы фиксировать «сцену информационных процессов» для квантовых переходов. Эта структура сохраняется в течение времени порядка $\sim 10^{-20}$ с (см. п. 4.6).

4.2. НАЧАЛО ФИЗИЧЕСКОЙ ВСЕЛЕННОЙ

Начало физической Вселенной, а именно Большой взрыв, находит свое естественное объяснение в терминах синхроактивности в самосинхронизирующихся сетях. Как правило, часы в этих сетях вовлечены в перманентный процесс взаимной синхронизации. Рассмотрим теперь ситуацию, в которой определенные часы по некоторым причинам не допускают изменения своей фазы посредством механизма диффузии фазы соседних часов, как представлено на рис. 3. В таком случае эта вынужденная пауза в синхронизации оказывается источником расширяющейся сферы синхроактивности.

Как было уже показано, стабилизированные часы порождают эффект фазовой диффузии, излучая линии постоянной фазы, которые распространяются со скоростью гораздо большей, чем скорость распространения материальных синхроформаций. Так, расширение синхроактивности от момента паузы в синхронизации находится в качественном согласии с инфляционным сценарием Большого взрыва, который предполагает, что процесс сотворения физической Вселенной был предварен чрезвычайно быстрым процессом раздувания однородной структуры (10^{-30} с), который служит рамками для последующего развития материального мира и позволяет избежать трудностей стандартной модели Большого взрыва, связанных с проблемой тонкой настройки и наблюдаемой крупномасштабной неоднородности Вселенной [28].

Начальная фаза диффузии от момента паузы в синхронизации распространяется вдоль линий постоянной фазы, которые рассматриваются в качестве гравитационного поля. Это гравитационное поле определяет плоскую пространственно-временную структуру, предшествующую развитию материального мира. Если бы фаза не была периодической переменной, названный процесс так бы и завершился распространением ее начальной постоянной величины. Однако периодичность фазы может породить незатухающие решения в форме (10), которые развиваются после начальной фазовой диффузии. Материальный мир, в основе которого лежат винтовые (спиральные) керны, имеющие характерное время вращения порядка 10^{-25} с, развивается гораздо медленнее, чем процессы, связанные с диффузией фазы, характерное время которых 10^{-30} с.

Оценим теперь грубо время творения $t_{\text{тв}}$ — длительность стабилизированной паузы, требуемой для того, чтобы произвести то количество синхронизмов, которое соответствует общему количеству вещества во Вселенной. Предположим, что в течение каждого часового цикла t_c процесс синхронизации распространяется на ближайших соседей предположительно со скоростью не меньшей, чем световая. Следовательно, интервал длительности будет включать примерно t/t_c синхронизованных узлов. Время стабилизации, требуемое для создания массы Вселенной M , состоящей из 10^{60} протонов, равно $t_{\text{тв}} \sim t_c \sqrt{M} \sim 10^3$ с.

Таким образом, весь материальный мир синхроструктур может быть создан действительно из ничего, если фаза каких-либо одних часов может быть сохранена стабильной в течение определенного времени, для которого разумные оценки не превышают 10^3 с.

4.3. ИНЕРЦИАЛЬНАЯ СИСТЕМА КООРДИНАТ И РЕЛЯТИВИСТСКИЕ ЭФФЕКТЫ

Обе ветви классической физики, ньютонова механика и электродинамика Максвелла, покоятся на представлениях об абсо-

лютом пространстве. Для механики Ньютона — это система координат для тела, сопротивляющегося ускорению. Для электродинамики Максвелла — это эфир, носитель электромагнитных процессов. Значение эйнштейновской относительности обычно усматривается в том, что она отбросила идею абсолютного пространства. Однако, как уже упоминалось выше, согласно самому Эйнштейну (10), абсолютный эфир, к которому «идея движения не применима», совместим со специальной и общей теориями относительности; более того, он необходим как структура соотнесения метрических стандартов. В самосинхронизирующихся сетях эти требования выполняются; таким образом, классическая идея абсолютного пространства в некотором смысле восстанавливается. Предлагаемая модель включает в себя закон инерции благодаря возможности стационарного решения (10), которое может распространяться с постоянной скоростью. Материальные синхроформации не тратят своих собственных ресурсов на равномерное прямолинейное движение, они реализуют его, будучи относительно автономными от фундаментального механизма самосинхронизирующихся часов. Более того, само состояние движения является необходимым условием существования материи.

Эффект фазового напряжения открывает возможность почти мгновенного взаимодействия между материальными формациями, разделенными большими расстояниями. Фактически речь идет о том, что на протяжении всей истории физики считалось практически невозможным (нефизическим), а именно: о действии на расстоянии. Для того чтобы избежать психологических трудностей в восприятии идеи существования сверхскорости «за кулисами» материального мира, может быть, было бы удобнее рассматривать временной масштаб фазовой диффузии как эталонный и первичный, а временной масштаб материального мира, вплоть до процессов, протекающих со скоростью света, как «очень медленный». Согласно принципу Маха, инерция, которой обладают тела, есть следствие гравитационных сил, действующих на всю материю во Вселенной. Представление об абсолютном пространстве сети цифровых часов вместе с «мгновенным» эффектом распространения фазы в этой сети позволяет также по-новому взглянуть на принцип Маха.

Специальная теория относительности основывается на двух постулатах: невозможности обнаружения равномерного движения системы наблюдателем, находящимся внутри этой системы, и постоянстве скорости света. Оба этих свойства внутренние присущи материальному миру синхроформаций. Во-первых, явления, связанные с синхроформациями, наблюдаются посредством материальных компонент физических систем, которые сами являются синхроформациями, поскольку все синхроформации в движущихся системах находятся в одинаковых условиях, это движение не может быть обнаружено находящимся внутри наблюдателем. Во-вторых, скорость синхроформаций имеет конеч-

ный верхний предел и определяется по отношению к сети цифровых счетчиков как абсолютной системе координат, а потому эта скорость одинакова во всех направлениях и не зависит от источника или наблюдателя.

Феноменологические эффекты теории относительности могут быть естественным образом интерпретированы в терминах фундаментального механизма взаимной синхронизации, лежащего в основе нашей модели. В частности, эффект замедления времени может быть объяснен тем, что скорость распространения синхроформаций воздействует на темп квантовых переходов. Временной интервал для определенного объекта определяется числом произошедших событий. А всякое событие, подобно делению клетки в биологическом организме, определяется последовательностью квантовых переходов. И коль скоро в движущейся системе квантовые переходы замедляются — это выглядит как замедление времени. Так как замедление времени происходит в рамках абсолютной системы отсчета, то это устраняет проблему, связанную с такими парадоксами, как, например, парадокс близнецов.

Существенно подчеркнуть, что фундаментальная гипотеза теории относительности, согласно которой скорость света есть универсальный предел всех процессов распространения, в рамках нашей модели ограничивается материальными синхроформами, созданными спиральными кернами в форме (10). Это ограничение есть следствие ограничения, наложенного условием конгруэнтности двух движений: вращения и распространения [23]. В то же время указанное ограничение неприменимо к эффектам фазовой диффузии, которые, в частности, касаются процессов устоявления информационных структур, ассоциируемых с квантовыми переходами.

4.4. ГРАВИТАЦИЯ

В предлагаемой модели инерционная и гравитационная массы представляют собой одно и то же количество, равное количеству синхровозбуждений, а потому они естественно пропорциональны. Пропорциональность инертной и гравитационной масс есть фундаментальный факт, лежащий в основе общей теории относительности (ОТО). Согласно ОТО пространственно-временной континуум в присутствии материи становится «искривленным» таким образом, что пробное тело, помещенное в эту «искривленную» структуру, будет двигаться вдоль геодезических линий. Это феноменологическое представление гравитации может быть также получено непосредственно из описания действия стрелок постоянной фазы, продуцированного материальными синхроформациями (рис. 12).

Стрелка постоянной фазы, достигая какой-либо синхроструктуры, испытывает тенденцию к перемещению в направлении точки своего происхождения, пока постоянство фазы сохраняется.

Данный эффект может рассматриваться как проявление силы тяготения, отталкивающих сил этот механизм не порождает. Линии постоянной фазы — это очень тонкие нити, пронизывающие всякую синхроструктуру и обуславливающие ее объемное действие. Сила этого действия в единицу времени пропорциональна плотности линий постоянной фазы в данном элементе объема. В 3-D пространстве плотность потока любой природы из единичного источника обратно пропорциональна квадрату расстояния от него. Предположив, что интенсивность линий постоянной фазы пропорциональна массе источника, мы получим закон гравитации Ньютона.

Если у нас имеется множество тел, распределенных в пространстве, то каждое из них вносит свой вклад в поток гравитационных линий постоянной фазы (рис. 12). Гравитационная сила в элементе объема будет результирующей силой, определяемой всеми потоками стрелок постоянной фазы в этом элементе объема. Эта ситуация описывается обычным евклидовым трехмерным пространством, где каждой точке приписывается беско-

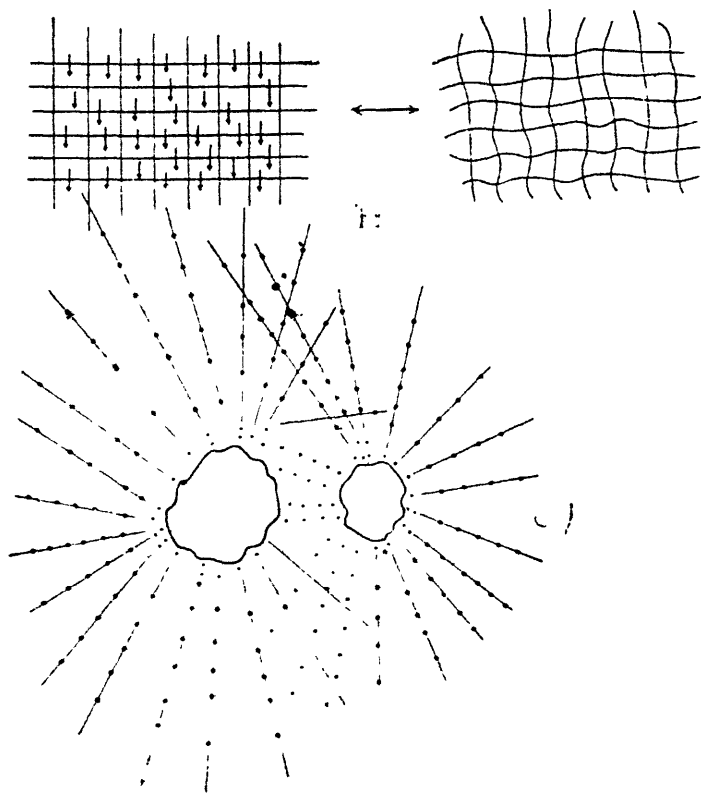


Рис. 12. Представление действия «стрел» постоянной фазы посредством «искривленного» пространства

нечно малый вектор — $p(x, y, z)$, характеризующий интенсивность потока гравитационных синхрострелок. Пробное тело, помещенное в какой-либо элемент этого пространства, будет двигаться в направлении результирующей силы, определяемой потоком стрелок постоянной фазы к источнику гравитационных синхрострелок.

Произведем теперь в соответствии с бесконечно малым вектором $p(x, y, z)$ «деформацию» пространства. Мы получим «искривленное» пространство, где $p(x, y, z)$ будет определять кратчайшее расстояние между соседними точками, т. е. направления геодезических. Тем самым движение пробного тела в поле, созданном потоком синхролиний, представляется геодезическими в соответствующем «искривленном» пространстве. В случае единственного «точечного» источника линий постоянной фазы, как это имело место в самом начале Большого взрыва, все векторы деформации направлены к этой точке, так что становящееся после такой деформации пространство остается плоским. «Искривленным» пространство может мыслиться скорее в качестве описания определенной конкретной ситуации, а не реальности вообще.

В чем же тогда различие между теориями гравитации Эйнштейна и Ньютона? С точки зрения нашей модели это различие обусловлено взаимодействием релокационных эффектов линий постоянной фазы с движущимися синхроформациями. Постоянное изменение конфигурации движущихся структур приводит к небольшим отклонениям от направлений, задаваемых линиями постоянной фазы, в результате чего третий закон механики Ньютона о равенстве действия и противодействия не будет строго выполняться. Уклонение направления реакции от направления действия могло бы быть ответственным за специфические эффекты общей теории относительности, не объясняемые механикой Ньютона.

4.5. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Синхроструктуры протонов и электронов периодически пульсируют, излучая при этом монотонные экспоненциальные керны, движущиеся со скоростью света. Эти керны оказывают некое поверхностное воздействие, имеющее одно из двух противоположных значений. Это поверхностное воздействие может рассматриваться как действие электрической силы. Коль скоро речь идет о потоке от единичного источника в 3-D структуре, плотность потока электрических кернов будет уменьшаться обратно пропорционально квадрату расстояния от него, обеспечивая тем самым выполнение электростатического закона Кулона. Излучающий электрический керн генерирует свои собственные синхровозбуждения, которые формируют обладающую вращением структуру, чье краевое действие может интерпретироваться как магнитная сила. Таким образом, поддерживая соответствующий

поток электрических кернов, можно получить постоянное магнитное поле.

Картина распространяющихся электрических кернов позволяет в некотором смысле реабилитировать механическую модель Максвелла, использованную им в свое время для представления электромагнитных явлений (рис. 13). Эта модель включает в себя систему вращающихся колесиков, между которыми для обеспечения совместности вращений в контактирующих точках располагаются колесики меньших размеров. Из-за своей очевидной неуклюжести вся эта конструкция рассматривалась лишь в качестве эвристически вспомогательного средства и была отброшена Максвеллом после того, как он сформулировал свои знаменитые уравнения.

В контексте нашей модели мы как бы возвращаемся к исходному образу максвелловской конструкции, реинтерпретируя его посредством вращающихся фазовых узоров, порождаемых распространяющимися электрическими кернами. Точка встречи синхровозбуждений от параллельно движущихся кернов с экспоненциально растущими и экспоненциально убывающими фазовыми конфигурациями окажется в среднем смещенной к последним, поскольку они генерируют синхровозбуждения с более низкой частотой.

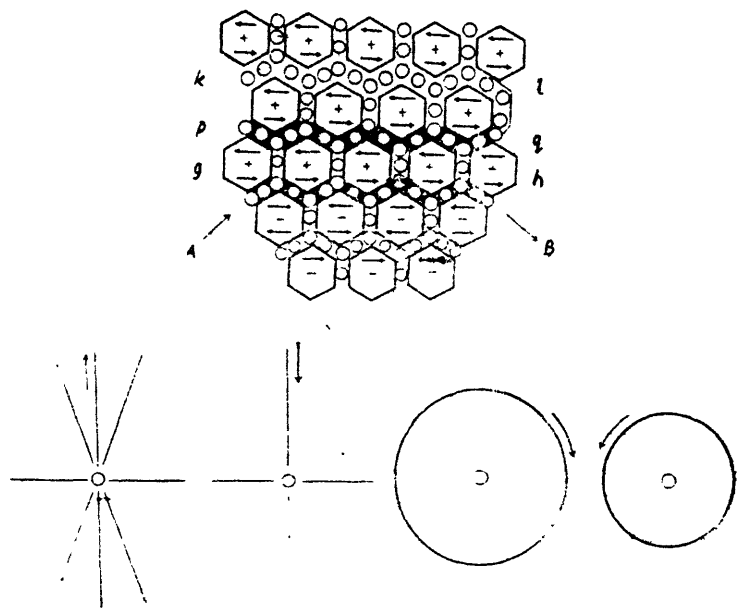


Рис. 13. Максвелловская механическая модель электромагнитного поля с шестеренками и ее реализация синхроразностями. Возрастающие и убывающие паттерны синхровозбуждений определяют направление вращения фазы. Различные частоты генерации синхровозбуждений определяют эффективные радиусы их взаимодействий

Из этого следует, что кластерам синхровозбуждений, окружающих экспоненциально растущие и экспоненциально убывающие керны, могут быть приписаны разные эффективные радиусы взаимодействия r_d и r_i . Эти радиусы обратно пропорциональны периодам автоколебаний $\Delta t^{(d)}_g$ и $\Delta t^{(i)}_g$:

$$\frac{r_i}{r_d} \sim \frac{\Delta t^{(d)}_g}{\Delta t^{(i)}_g}. \quad (47)$$

Таким образом, формация электромагнитного поля и различия масс электрона и протона своим происхождением обязаны одной и той же причине — различию периодов автоколебаний экспоненциально растущих и экспоненциально убывающих кернов.

4.6. КВАНТОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ

Констатация философских трудностей в понимании квантовой механики стала общим местом на фоне полемики по поводу ее оснований, полемики, не прекращающейся на протяжении вот уже почти 60-летней истории существования этой теории (см., например: [29; 30]). Квантовая механика по сравнению с классической имеет по крайней мере три необычные черты, которые можно обозначить кратко как *необъективность*, *нелокальность* и *индетерминизм*. Эти особенности квантовой механики до сих пор являются предметом дебатов, принимающих порой острую форму.

Первая особенность — *необъективность* — касается существенной обусловленности состояния квантовой системы средствами ее наблюдения (измерения). Иногда эту обусловленность упрощенно трактуют в смысле неизбежного искажения микрообъекта макронструментом. Однако проблема лежит глубже: акт измерения не просто изменяет состояние квантовой системы, но фактически создает его. Коль скоро некое свойство квантового объекта представлено распределением вероятностей, это свойство объекта не существует (актуально) до тех пор, пока это распределение не «коллапсирует» в результате измерения. Этот парадокс «инструментально сотворенной реальности» предполагает, что состояние квантовой системы зависит от экспериментального окружения.

Вторая особенность — *нелокальность* — в некотором смысле усиливает первую, поскольку означает, что свойства квантовых объектов определяются не их непосредственным окружением, но глобальной структурой целостной системы. Квантовая частица должна каким-то образом «знать» все предназначенные ей состояния еще до того, как она начнет процесс перехода. Этот парадокс имеет давнюю историю, восходя к замечаниям Резерфорда по поводу концептуальных трудностей ранней орбитальной модели атома Бора. В более остром виде эта проблема была сформулирована А. Эйнштейном, Б. Подольским и

Н. Розеном, предложившими мысленный эксперимент по измерению координат и импульсов пары скореллированных частиц, находящихся в удалении друг от друга [31—33]. Если результаты измерений над такими, удаленными друг от друга частицами статистически независимы, тогда имеют место некоторые соотношения между параметрами, представленные в виде так называемого неравенства Белла. Однако результаты недавно проведенных реальных экспериментов по проверке неравенств Белла весьма определенно показывают, что в квантовой механике эти неравенства, вообще говоря, нарушаются.

Таким образом, согласно квантовой механике между удаленными событиями имеется странное соотношение: если мы изменим условия измерения в одном месте, то это повлияет на исход измерения, в другом месте, достаточно удаленном от первого. Все выглядит так, как если бы квантовая система имела некий «встроенный» в нее механизм внутренней взаимной коммуникации частиц. Следует также отметить, что недавние эксперименты по проверке неравенств Белла с переменными во времени анализаторами вроде бы показывают, что скорость процесса установления корреляций на расстоянии между анализаторами превосходит скорость света [34].

Наконец, третья особенность квантовой механики — *индетерминизм* — представлена стохастической природой квантовых процессов. Однако эта особенность квантовой механики вовсе не связана с включением в систему ее понятий стохастических концепций как таковых. Последние могут отражать как случайность, так и детерминистскую псевдослучайную организацию некоего более фундаментального механизма. Особенности квантовых систем заключаются в том необычном способе, которым описывается их поведение, а именно в использовании вместо обычных вероятностей комплексных амплитуд. В результате квантовые объекты демонстрируют типичные для волновых процессов интерференционные эффекты.

Объекты квантовой механики — не обычные формации. «Вещи на уровне крайне малых масштабов ведут себя совершенно непохоже на то, к чему мы привыкли в нашем непосредственном опыте. Они не ведут себя, как волны, они не ведут себя, как частицы, они не ведут себя подобно облакам, или бильярдным шарам, или шарикам на пружинах или подобно чему-то такому, что мы видим каждый день» [35]. Согласно нашей модели элементарных частиц материя — это синхροформации в сетях самоорганизующихся цифровых часов. Эти объекты, конечно, весьма далеки от нашего непосредственного опыта и, как мы можем предположить, имеют необычные, противоречащие интуиции черты; связи синхροформаций с периодическими процессами могут объяснить волноподобное поведение материи. Квантовые скачки в таком случае не самое фундаментальное свойство природы. Они скорее отражают самодеструктивный тип организации материальных синхροформаций, который в свою

очередь является результатом пульсирующих изменений их конфигураций и перемежающихся движений со скрытыми изменениями местонахождения.

Объяснение «странности» квантовомеханического поведения в принципе может быть достигнуто в «ясных» классических терминах посредством включения информационных процессов в синхроструктуры; сопровождающие; материальные синхроформации. Это объяснение на первый взгляд противоречит теории относительности в двух аспектах: первый, связанный с использованием абсолютной системы отсчета, и второй — с предположением возможности передачи информации со скоростью, много большей скорости света. Эти вопросы уже рассматривались в предыдущем параграфе, где было показано, что ни абсолютная система координат, ни «мгновенное» действие на расстоянии не могут быть исключены из нашей картины физического мира. В этой связи необходимо еще раз подчеркнуть, что сфера применимости СТО ограничена материальными синхроформациями, порожденными движущимися спиралевидными кернами, которые составляют только часть всей синхроактивности физической Вселенной. Догматический взгляд на универсальную применимость СТО вместе с иррациональной верой в окончательность квантовой механики мешает сделать совершенно очевидный вывод из экспериментальных результатов по проверке неравенства Белла. А именно для всякого непредубежденного наблюдателя эмпирический факт нарушения этого неравенства в ЭПР-эксперименте означает подтверждение существования в природе очень быстрых процессов, ответственных за установление квантовомеханических корреляций.

Предложение рассматривать квантовую механику в контексте представления синхроформ в самоорганизующихся сетях цифровых часов основывается на фейнмановском формализме интегралов по путям [36]. Согласно этому формализму процесс квантового перехода может быть описан следующим образом: в начале квантового перехода квантовая частица как бы «исследует» все доступные траектории и «определяет» комплексные амплитуды перехода, затем она «вычисляет» распределение вероятностей перехода, которым определяется его окончание. Реализация такого рода схемы сталкивается со следующими проблемами:

1. Информация о ситуации перехода в целом распространяется по всему пространству посредством квантовой фазы, так что ее обработка требует соответствующих значений фазы и соответствующих вычислительных и коммуникативных ресурсов.

2. Информационная структура, связанная с квантовым переходом, устанавливается для каждого конкретного примера этого процесса. После того как квантовый переход произошел, эта информационная структура должна исчезать.

3. Все то колоссальное количество информации, которое имеет отношение к квантовому переходу, должно быть сконцентри-

ровано в одной точке, так что процесс проявляется таким образом, как если бы частица в начале «запнулась», потом «приняла решение», а затем «приступила к его выполнению».

4. Изменение местонахождения квантовой частицы должно быть связано с действием силы. В таком случае возникает вопрос: почему эта сила не имеет никаких других проявлений (обменное взаимодействие является примером осязательного эффекта, который не связан непосредственно со свидетельством существования силы).

5. Квантовые переходы описываются посредством суперпозиции комплексных амплитуд, а не обычных реальных вероятностей, и как результат — они демонстрируют интерференционные эффекты, необычные для стандартных стохастических процессов.

Первые из четырех перечисленных проблем могут быть непосредственно разрешены, если мы обратимся к рассмотрению свойств синхроструктур, сопутствующих материальным синхроформациям (рис. 14). Во-первых, пучок линий постоянной фазы создает фон для развития процесса квантового перехода, уста-

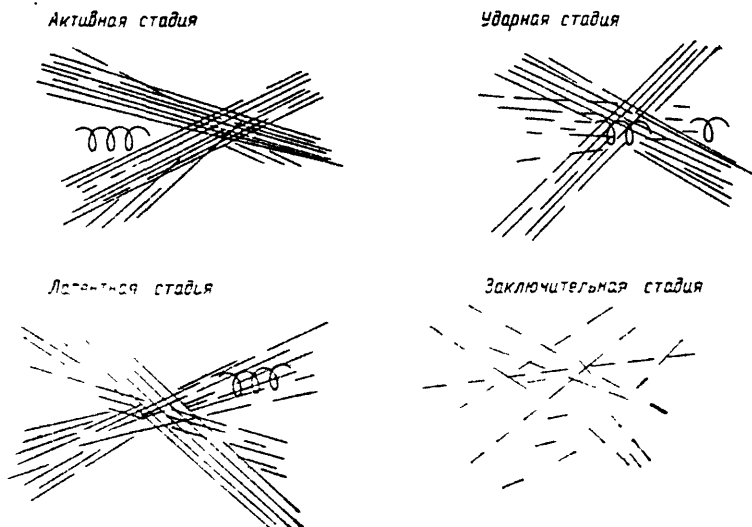


Рис. 14. Механизм квантовых переходов:

- 1) *Активная стадия.* Спиральный ядро генерирует синхровозбуждения, порождающие пучки линий постоянной фазы, которые предшествуют внешнему явлению и направляют предстоящий квантовый скачок.
- 2) *Ударная стадия.* В результате столкновения с синхроактивной фронтальной областью ведущая кромка ядра отделяется в качестве носителя электрического заряда или фотона.
- 3) *Латентная стадия.* Лишенный окружения ядро направляется одним из путей, установленным фазовыми протуберанцами на линиях постоянной фазы.
- 4) *Заключительная стадия.* Сформированная структура линий постоянной фазы десинхронизируется и распадается.

навливая соответствующую величину фазы, равную ее значению на краю керна. Во-вторых, эта структура имеет конечное время жизни из-за ограниченной временной когерентности линий постоянной фазы (см. формулу (9)). В-третьих, линии постоянной фазы, фокусирующиеся перед движущимся керном, создают своеобразную точку удержания, собирающую информацию о квантовом переходе. И, в-четвертых, когда керн достигает фронтальной зоны синхронизации, он как бы рассыпается, трансформируясь в латентное состояние, в котором он уже не генерирует материальных синхровозбуждений и может управляться посредством определенного конкретного пути, ведущего свое начало от точки задержки. Все эти процессы очень быстро развиваются за кулисами сцены обычного физического наблюдения. Каноническая интерпретация квантовой механики представляет собой феноменологическую совокупность конспектов этого процесса.

Решение пятой проблемы, а именно: как представить реальный стохастический процесс в терминах суперпозиции комплексных амплитуд, требует дополнительной проработки. Вероятности квантовых переходов выражаются как квадраты модулей соответствующих комплексных амплитуд. Это выражение после группирования сопряженных мнимых частей представляется в виде совокупности положительных и отрицательных реальных чисел. Но выражение для вероятностей перехода в действительном стохастическом процессе не включает никаких отрицательных членов. Следовательно, такие выражения не могут быть непрерывно приравнены друг другу. Отрицательный вероятностный член порождает трудности на пути представления квантовой механики как статистической теории. Их преодоление вынуждает вводить разного рода искусственные концептуальные конструкции, такие, как, например, представление о квантовой частице, движущейся вспять во времени [37]. Суть нашей концепции в том, что мы рассматриваем условные вероятности. В этом случае выражения для вероятностей перехода могут сравниваться между собой, потому что они пропорциональны.

В этой работе мы вводим в рассмотрение немарковский стохастический процесс бифрагментарного (Bi-Fragmentary) случайного блуждания фаз. Это согласуется со свойством кратковременной памяти процесса синхродиффузии в сети цифровых часов. Бифрагментарный стохастический процесс предполагает существование независимых случайных блужданий двух абстрактных фрагментов, каждый из которых сохраняет след информации о фазе с точностью 2π . Вероятность обнаружения встречи фрагментов определяется различием независимо набравших фаз. Квантовомеханическая Ψ -функция обычно нормируется на единицу, исходя из допущения, что в любой момент времени частица где-то в пространстве так или иначе находится. В контексте рассматриваемого бифрагментарного процесса вероятность обнаружения частицы обусловлена случаями, ког-

да детектирование действительно происходит. Далее будет показано, что вероятности квантового перехода, которые обычно представляются суперпозицией амплитуд, могут быть определены через условные частоты успешных наблюдений в бифрагментарном процессе.

Динамика квантовомеханической системы, описываемая уравнением Шредингера, может быть представлена в общей форме:

$$\psi(t) = \hat{U}(t, t_0)\psi(t_0), \quad (48)$$

где $\psi(t)$ и $\psi(t_0)$ являются волновыми функциями начального и конечного состояний, \hat{U} есть унитарный оператор, определенный в терминах гамильтониана H как

$$\hat{U}(t, t_0) = \exp \left[\frac{i}{\hbar} (t - t_0) \hat{H} \right]. \quad (49)$$

Рассмотрим дискретную квантовую систему, состоящую из конечного множества элементарных состояний $\{1, 2, \dots, n\}$ в дискретном времени $\{0, \Delta t, 2\Delta t, \dots, t\Delta t\}$. Дискретная версия уравнения (48) имеет вид

$$\psi^{(t)} = U\psi^{(t-1)}, \quad (50)$$

где $\psi^{(t)}$ — вектор, U — унитарная матрица, компоненты которой u_{ij} представляют амплитуды перехода для временного интервала Δt .

Вероятность нахождения системы в одном из ее состояний в момент времени t представляется вектором $P^{(t)}$:

$$P^{(t)} = (|\psi^{(t)}_1|^2, |\psi^{(t)}_2|^2, \dots, |\psi^{(t)}_n|^2). \quad (51)$$

Мы не можем, однако, определить эти вероятности для следующего момента времени, исходя непосредственно из $P^{(t)}$, как это возможно для $\psi^{(t)}$, используя (50). Вместо этого мы должны вначале вычислить новое значение для ψ , после чего найти новое значение для P с помощью (51). Все это выглядит таким образом, как если бы траектории перехода квантовой системы не являлись ее наблюдаемой характеристикой.

Введем теперь матрицу K с элементами

$$k_{ij} = \sqrt{u_{ij} \overline{u_{ij}}} \geq 0. \quad (52)$$

Матрица с неотрицательными элементами (если только не все ее собственные значения равны нулю) будет иметь положительное максимальное собственное значение r и соответствующий собственный вектор $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$; пусть Z обозначает диагональную матрицу с элементами z ; тогда мы можем получить стохастическую матрицу B (см. 38):

$$B = \frac{1}{r} Z^{-1} K Z. \quad (53)$$

Цель преобразования (53) состоит в умножении неотрицательных элементов матрицы K на масштабный множитель именно для того, чтобы получить матрицу B , в которой сумма элементов в каждом ряду равна 1. Так, элементы матрицы B могут трактоваться как вероятности перехода для определенной марковской цепи.

Бифрагментарный стохастический процесс организован следующим образом. Рассмотрим две абстрактные конституирующие части — «фрагменты», каждая из которых участвует в случайном блуждании на марковской цепи, определенной стохастической матрицей B . Заметим, что компоненты B непосредственно связаны с гамильтонианом квантовой системы и могут быть прямо вычислены посредством отношения (49). Каждый фрагмент наделен одной «единицей памяти», сохраняя след информации о фазе, которая берется из u_{ij} . В начальном состоянии оба фрагмента обладают одной и той же фазой, а затем блуждают отдельно друг от друга. Случайные блуждания фрагментов определяются лишь вероятностями перехода. В каждом переходе каждый фрагмент добавляет к своему углу (модуль 2π) фазу компоненты U , соответствующую этому переходу.

Когда оба фрагмента встречаются в некоторой точке, их дальнейшая эволюция зависит от того, является или нет эта точка точкой наблюдения. Если нет, тогда фрагменты, оставаясь невозмущенными, продолжают свое случайное блуждание. Этот случай соответствует ситуации неразличимости промежуточных альтернатив в квантовых переходах, представляющих процесс перехода в виде суммы произведений амплитуд. Когда оба фрагмента встречаются в точке возможного наблюдения, вероятность его успеха принимается равной абсолютной величине косинуса фазовых различий обоих фрагментов. Этот случай соответствует различимости промежуточных альтернатив в квантовых переходах, при этом процесс перехода представляется через сумму произведений вероятностей.

Мы покажем, что бифрагментарный процесс имеет следующее свойство: условные частоты успешных наблюдений в этом процессе могут быть определены правилами для вычисления вероятностей квантовых переходов посредством суперпозиций амплитуд.

Рассмотрим частицу в состоянии α и множество Ω всех возможных путей для временного интервала t , т. е. путей длины t (рис. 15). Декартово произведение $\Omega \times \Omega$ представляет множество всех упорядоченных пар всех возможных путей.

Вероятность перехода от состояния α к состоянию ω согласно правилам квантовой механики есть квадрат модуля амплитуды перехода

$$P_{qt}(a, \omega) = \sum_{\alpha \times \Omega} (u_{\alpha i_1} \dots u_{j_n}) (\bar{u}_{i_1 \alpha} \dots \bar{u}_{j_n \omega}). \quad (54)$$

Соответствующая вероятность для бифрагментарного процес-

са есть сумма произведений вероятностей переходов для фрагментов в их независимом случайном блуждании, описываемом марковской цепью с матрицей B , умноженной на угловой фактор обнаружения:

$$Pbf(\alpha, \omega) = \frac{1}{r^{2t}} \sum_{\Omega \times \Omega} \left(\sqrt{u_{ai} \bar{u}_{ai}} \dots \sqrt{u_{i_0} \bar{u}_{i_0}} \right) \left(\sqrt{u_{ak} \bar{u}_{ak}} \dots \sqrt{u_{l_0} \bar{u}_{l_0}} \right) \cdot \left(\frac{Z_\omega}{Z_\alpha} \right)^2 |\cos \Delta\varphi(\Omega \times \Omega)|. \quad (55)$$

Здесь: Z_ω/Z_α есть результат последовательного перемножения компонент собственного вектора Z из K (52), использованного для его преобразования в стохастическую матрицу B (53):

$$\frac{Z_\omega}{Z_\alpha} = \frac{Z_i}{Z_\alpha} \frac{Z_{i-1}}{Z_i} \dots \frac{Z_{j+1}}{Z_j} \frac{Z_j}{Z_{j+1}}, \quad (56)$$

($i+1$ и $j-1$ означают соответственно последующую и предшествующую точки в пути перехода), $\Delta\varphi(\Omega \times \Omega)$ — различия в накопленных фазах для пары путей.

Сравнивая выражения (54) и (55), мы можем видеть, что отдельно от знаков членов в (54) и коэффициентах $\left(\frac{z_\omega}{z_\alpha}\right)^2$ в (55)

($1/r^{2t}$ как константа здесь несущественна) вклады соответствующих пар путей равны. Для пары идентичных путей это утверждение очевидно. Для неидентичных путей необходимо сгруппировать члены симметричных аналогов. В формуле (54) это дает

$$\begin{aligned} & (u_{i_1} \dots u_{j_0}) (\bar{u}_{ak} \dots \bar{u}_{l_0}) + (\bar{u}_{i_1} \dots \bar{u}_{j_0}) (u_{ak} \dots u_{l_0}) = \\ & = |u_{ai} \dots u_{j_0}| |u_{ak} \dots u_{l_0}| \cdot 2 \cos \Delta\varphi \text{ (это пара путей)}. \end{aligned} \quad (57)$$

Такие члены появляются дважды также и в формуле (55).

Рассмотрим некоторое множество конечных точек ω , одной и той же длины t и сравним распределения вероятностей перехода $Pqt(\alpha, \omega)$ и $Pbj(\alpha, \omega)$. Возьмем пару путей в (54) и (55), которые имеют одни и те же промежуточные точки. Пусть j и l обозначают непосредственных предшественников ω . Тогда для всех вышеуказанных терминов одни и те же факторы Z_i/Z_α и Z_l/Z_α в их вероятностях переходов и тот же самый знак $\cos \Delta\varphi$ (для пары путей j и l) в их вероятностях перехода $Pqt(\alpha, \omega)$.

Однако в формуле (54) и (55) мы используем факторы z_i/z_α и $\text{sign}[\cos \Delta\varphi]$ не для точек j, l , но для точек, непосредственно следующих за ними — финальных точек ω . Но поскольку степень дискретизации бифрагментарной модели достаточно тонка, эти несоответствия несущественны.

Следовательно, вероятности $Pbf(\alpha, \omega)$ и $Pqt(\alpha, \omega)$ для финальных точек могут быть получены как внутренние произведения наборов членов: $|u_{ai} \dots u_{j_0}| |u_{ak} \dots u_{l_0}| \cdot 2 \cos \Delta\varphi$ для пары путей (которые специфичны для каждой пары путей) и

фиксированных наборов $(Z_w/Z_s)^2$ для (55) и $\text{sign}\{\cos \Delta\varphi\}$ для (54). Таким образом, вероятности в форме (54) и (55) пропорциональны. Следовательно, выбор пары траекторий из достаточно большой выборки реализаций в бифрагментарном стохастическом процессе будет отражать распределение вероятностей квантовых переходов, вычисленных посредством правил суперпозиции амплитуд (54).

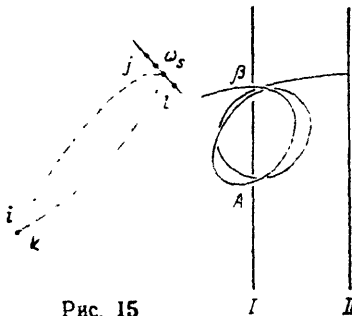


Рис. 15

Рис. 15. Пути перехода в бифрагментарном стохастическом процессе

Рис. 16. Возвратные движения квантовых частиц, рассмотренные в [39]

Рис. 16

Теперь физическая картина процесса квантового перехода может быть представлена следующим образом (рис. 14). Движущаяся синхроформация в активной стадии фокусирует линии постоянной фазы впереди курса своего распространения. Эта фокусирующая точка a является стартовой точкой квантового перехода, из нее берет свое начало множество случайно блуждающих фрагментов вместе с исходным значением соответствующей фазы. Так как вероятность встречи фрагментов очень мала, парные комбинации, являющиеся реализациями бифрагментарного процесса, будут доминировать. До того как движущийся керн застопорится во фронтальной фокусирующей точке, может быть накоплена инициированная этим процессом большая выборка реализаций.

Главный вопрос заключается в том, как частица может фактически реализовать квантовый скачок. Для этого необходимо, чтобы информация об альтернативных путях поступала в стопорную точку и сохранялась там до прибытия керна. Когда керн попадает во фронтальную фокусирующую точку и освобождает несомый им электрический заряд, его оставшаяся часть представляет собой частицу в латентной стадии. Частица в латентной стадии подвержена небольшим изменениям своего местоположения вдоль определенного пути, выбранного из ранее развитой структуры бифрагментарных случайных блужданий.

Информация о путях перехода должна удерживаться на линиях постоянной фазы в форме «протуберанцев» фазы, создаваемых на каждом шагу случайного блуждания фазы фрагментов. Здесь мы имеем дело с критическим проверочным пунктом развиваемой нами концепции. С одной стороны, время жизни

протуберанца должно быть больше, чем время пульсации 10^{-24} с, когда происходит связанный с квантовым переходом информационный процесс. С другой — его продолжительность должна оставаться меньше времени обычного физического процесса. В общем, благодаря диффузионному процессу диссипация «протуберанца» требует времени порядка l^2/D , где D — коэффициент диффузии, а l — размер протуберанца. Детерминированный коэффициент диффузии D в нашей модели может быть оценен через минимально возможную скорость формирования электрона с учетом формулы (28). Минимально возможную скорость электрона v_{\min} можно оценить, используя верхнюю границу значения скорости свободного электрона, которая составляет 10^5 м/с, или ~ 1300 с. Размер фазового протуберанца должен составлять порядка размера ядра, т. е. $\sim l_s$. Таким образом, временной интервал, в течение которого фаза протуберанца могла бы быть сохранена, t_{pr} определяется как

$$t_{pr} \sim \frac{l}{l_s v_{\min}} \sim l_s \cdot 10^5 \sim 10^{-20} \text{ с.} \quad (58)$$

Этот результат свидетельствует о правдоподобности нашей конструкции. Он также дает нам возможность определить требования к стабильности часовых циклов, представленных в формуле (9). А именно для того чтобы предлагаемая модель реально функционировала, линии постоянной фазы должны сохранять свою когерентность в течение интервала времени, больше, чем t_{pr} .

Последовательность фазовых «протуберанцев» направляет оставшуюся часть ядра, лишенную его ведущего края, вдоль пути квантового перехода. Этот процесс можно рассматривать как подверженный очень слабым воздействиям стороны «квантовой силы», которая статична (не имеет переносчика и способна к изменению местоположения ядер лишь в их латентной стадии).

Рассмотрение свойств масс (п. 3.4) дает также естественное объяснение свойств спина; величина спина определяется типом синхровозбуждений (вверх или вниз), конституирующих ту или иную конкретную синхроформацию. В зависимости от знака различия в фазе перед ядром, когда он трансформируется из латентной стадии в активную, частица может перебросятся из одного спинового состояния в другое. Таким образом, значение спина включается в процесс квантового перехода.

Квантовые корреляции частиц разных типов — бозонов и фермионов — могут быть объяснены исходя из предположения, согласно которому спиновое состояние частицы может изменяться в бифрагментарном стохастическом процессе посредством механизма накопления разницы фаз и возврата к исходной стопорной точке квантового перехода. Например, если в бозонных взаимодействиях возвращаемая величина накопленной разницы фаз равна нулю, это должно означать увеличение вероятности квантовых переходов вследствие эффекта бозонной

конденсации. С другой стороны, если мы предположим, что при взаимодействии пар фермионов в одном и том же квантовом состоянии возвращаемая величина разницы фаз равна $\pi/2$, тогда вероятность соответствующего квантового перехода в соответствии с принципом исключения Паули будет равна нулю. В принципе можно представить себе самые разные конкретные реализации этой общей схемы дальних корреляций в квантовых системах. Однако мы не будем вдаваться в дальнейшее обсуждение этой темы, требующей дополнительного детального анализа. Любопытно, однако, отметить, что некоторые логически возможные ситуации в квантовых переходах, которые были в свое время отвергнуты как абсурдные, например возвратные движения частицы в процессе квантового перехода (рис. 16 [39]), могут быть реализованы в нашей модели посредством быстрых движений ядра в его латентном состоянии.

4.7. ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИКРООБЪЕКТОВ

Рассмотренные выше элементарные структуры, по всей видимости, исчерпывают все возможные стационарные решения в виде движущихся синхроформаций. Все синхроформации имеют сходную организацию: порождающий ядро, окруженный кластером синхровозбуждений. Структурные единицы следующего уровня материального мира могут быть получены из базисных синхроформаций двумя основными способами. В соответствии с первым новые типы ядерной общей формы (18) образуются как линейные комбинации элементарных решений (15) — (17). Второй способ заключается в комбинации некоторых синхроформаций, порожденных разными ядрами, в сложную структуру с перекрывающимися кластерами синхровозбуждений. Синхроформации могут распадаться, образуя в процессе распада другие типы синхронизированных структур. И поскольку такой процесс является процессом изменения конфигурации синхронизированных структур, то говорить о том, что данная синхроформация действительно состояла из компонент, на которые она распалась, не имеет смысла. Процессы перестройки конфигураций, включающие совокупности синхронизированных элементов, оказываются управляемыми определенными силами, сохраняющими их целостность. Факторы, обуславливающие перестройку конфигурации комплексов синхронизированных единиц в первом и втором способах их организации, имеют разную природу и работают на разных объектах в совершенно различных пространствах и временных масштабах. Будучи различными типами сил, они могут быть идентифицированы соответственно как сильное и слабое взаимодействия мира элементарных частиц.

Слабая сила работает внутри геликоидальных ядер. Перестройка их конфигурации должна происходить в соответствии с условием конгруэнтности движений вращения — распространения (23). Условие (23) не является, однако, абсолютно

строгим и может быть оправдано лишь приблизительно. Слабая сила как фактор, обуславливающий перестройку конфигурации кернов, должна противостоять возмущениям, связанным с неизбежными малыми нарушениями условия (23), и предотвращать их распад. Радиус действия 10^{-17} может служить также и оценкой размеров ядра.

Таким образом, в контексте нашей модели можно зафиксировать следующие основные свойства слабого взаимодействия.

1. *Несохранение четности.* Порождающие керны имеют внутреннюю зеркальную асимметрию, так что связанный со слабыми взаимодействиями их возможный распад может представлять именно этот тип асимметрии.

2. *Отношение к электромагнитным силам.* Испускание синхроформаций в качестве носителей электрических сил включает слабые взаимодействия в процессе отрыва края ядра, когда последний попадает во фронтальную точку пересечения линий постоянной фазы.

3. *Вовлеченность нейтрино в процессы распада.* Ядро с немонотонной фазовой зависимостью имеет экстремальную точку, которая может быть аппроксимирована синусоидальной нейтринной типа зависимостью (17); когда такой ядро распадается, окрестность экстремальной точки выделяется в форме нейтрино. Рис. 17 дает схематическое представление о роли нейтрино в распаде нейтрона. (Мы же не касаемся здесь проблемы различия между нейтринными и антинейтринными синхроформациями.) Из схемы видно, что нейтрино должно сопутствовать распадам, за которые ответственны слабые взаимодействия, коль скоро в них вовлечены керны с немонотонной фазовой зависимостью.

Ядро нейтронной синхроформации может трактоваться так, как если бы оно состояло из трех элементарных структур, а именно: электрона, протона и нейтрино (рис. 17). Эти частицы и возникают в результате распада нейтрона. Нейтронная синхро-

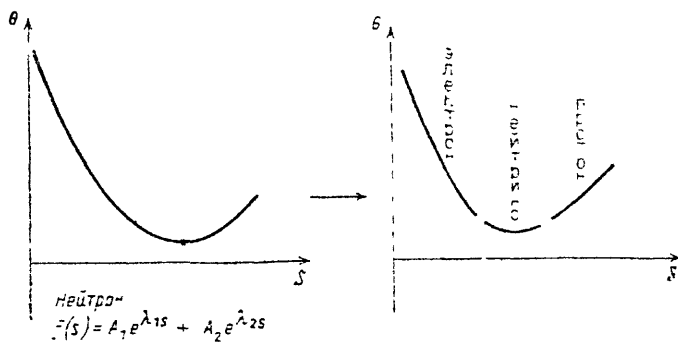


Рис. 17. Обусловленный дезинтеграцией порождающего ядра распад нейтрона на электрон, нейтрино и протон

структура имеет две основные немонотонные точки: краевую, которая в основном определяется p -структурой, и внутреннюю, которая определяется n -структурой. Таким образом, масса нейтронной конфигурации является массой, порожденной в основном p -структурой, т. е. массой протона и дополнительным малым вкладом второй немонотонной точки.

Время жизни свободного нейтрона по масштабам микромира можно считать довольно большим. Нестабильность нейтрона не объясняется внутренней динамикой процессов синхронизации. Здесь могут быть рассмотрены по крайней мере две логически возможные причины: постепенное накопление факторов деградации или случайная неудачная репродукция в периодических пульсациях. Эта ситуация может быть исследована с позиций теории надежности (см., например: [40]). Если случайный отказ в воспроизведении есть причина нестабильности нейтронных синхроформаций, тогда мы будем иметь постоянную скорость отказов и соответственно экспоненциальную кривую распада. В случае постепенного накопления дефектов скорость отказов будет нарастать и соответственно кривая распада синхроформаций будет более гладкой.

Сильное взаимодействие имеет место в том случае, если синхроформации не удаляются друг от друга на расстояние большее, чем радиус пульсации. В этом случае синхроформации имеют общие кластеры синхровозбуждений, которые взаимно обуславливают процессы изменения их конфигураций; хотя эти синхроформации порождены разными ядрами, процессы взаимных трансформаций объединяют их вместе.

Исследование процессов коллективных взаимодействий в совокупности формаций, синхроактивности которых перекрываются, — очень сложная проблема. Здесь мы ограничимся лишь некоторыми эвристическими аргументами в пользу предлагаемой интерпретации сильных взаимодействий.

1. **Хорошо определенная сфера действия.** Сильное взаимодействие не может простираться за радиус пульсации синхроформации и действует только между ближайшими соседями. Диапазон сильного взаимодействия — 10^{-15} дает оценку радиуса пульсации как расстояния, проходимого синхровозбуждениями со скоростью света за время p периода пульсации.

2. **Применимость к адронам.** В качестве коллективно активной перекрывающихся кластеров сильные взаимодействия могут иметь место только в адронах, поскольку адронные кластеры имеют достаточно высокую для поддержания их взаимного влияния плотность синхровозбуждений. В случае же лептонов она значительно ниже и может оказаться недостаточной для поддержания их коллективной активности.

3. **Изоспиновая симметрия.** В контексте нашей модели такие элементарные частицы, как протон и нейтрон, имеют одну и ту же структуру главного кластера их синхроформаций. Отсюда следует, что протоны и нейтроны эквивалентны с точки:

зрения сильных взаимодействий. Наша модель показывает также, почему нейтроны тяжелее протонов: нейтроны имеют второй дополнительный кластер синхровозбуждений, который и обуславливает их добавочную массу. Он же разрушает отрывающийся край ядра как носителя электрического заряда. И действительно, электрический заряд не работает внутри радиуса пульсации.

4. Дефект массы. Масса синхроформации определяется количеством генерируемых синхровозбуждений. Масса совокупности ядер, имеющих общие кластеры синхровозбуждений, может быть отличной от суммы масс этих ядер по отдельности.

Нам бы хотелось здесь особо подчеркнуть, что структура элементарных частиц в том виде, в каком она качественно представлена в нашей модели: ядро, окруженное кластером синхровозбуждений, согласуется с экспериментальными данными по рассеянию электронов на протонах. В этих экспериментах было обнаружено, что электроны часто рассеиваются на большие углы, так как если бы они сталкивались с маленькими жесткими точечными фрагментами вещества внутри протона. Эти рассеивающие точечные центры внутри протонов могут быть их геликондальными ядрами, которые и генерируют эти синхроформации.

КОНЦЕПЦИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ВАКУУМА
И ЭФФЕКТЫ НАРУШЕНИЯ СИММЕТРИИ
В КЛЕТОЧНО-АВТОМАТНОЙ МОДЕЛИ

5.1. ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Физический вакуум является фоном для всех физических явлений во Вселенной. Никакое дальнейшее развитие физической картины мира невозможно без развития наших знаний о свойствах вакуума, без нашего углубленного понимания его структуры, а также характера его взаимосвязи с физическим миром в целом. Это понимание в свою очередь тесно связано с осознанием ограниченности наших возможностей оперирования такими физическими понятиями, как пространство, время, энергия и т. д., с осознанием ограниченности уровня физического описания Вселенной.

В конце XIX в. физики уделяли много внимания проблеме вакуума, которая выступала перед ними в конкретной форме проблемы эфира как особой среды, в которой должны распространяться электромагнитные волны. Многие выдающиеся физики того времени предлагали свои модели эфира. И хотя эти модели были по преимуществу механическими, это не мешало им обладать значительным эвристическим потенциалом. Об этом свидетельствует пример открытия Максвеллом уравнений, описывающих поведение электромагнитного поля и носящих теперь его имя. Известно также, что и создание общей теории относительности во многом стимулировалось именно критическим рассмотрением моделей эфира. В наше время концепция физического вакуума тесно связана с физикой высоких энергий, ее теоретическими представлениями, которые развиваются в рамках так называемой стандартной модели (СМ) и квантовой хромодинамики (КХД).

Стандартная модель, используя сведения об элементарных частицах, породила концепцию кварков как составляющих частей адронов. Усложненные свойства кварков описываются КХД, которая использует такие необычные понятия, как ненаблюдаемость, конфайнмент, асимптотическая свобода, цвет, глюоны, а также большое число произвольных параметров.

КХД предсказывает высокую плотность энергии вакуума. Это приводит к неразрешимому противоречию с ожидаемым теоретическим значением космологической постоянной. Разница, которая составляет около 120 порядков, очевидно, слишком велика, чтобы ее можно было устранить какой-либо нерадикальной

* П. 5.1—5.6 настоящей главы были написаны в соавторстве с В. Краснопольским (прим. автора).

подгонкой параметров. Разрешение этой проблемы требует кардинального изменения взгляда на физический мир и, по-видимому, должно оказать значительное влияние на многие области физики и астрономии. В любом случае «неспособность объединить крайне малую плотность энергии вакуума, или, что эквивалентно, малость космологической постоянной, рассматривается многими теориями элементарных частиц как одна из наиболее важных проблем физики» [41].

Экспериментальные свидетельства и теоретические рассмотрения свойств симметрии показывают существование кварковых составляющих адронов. Однако развитый взгляд на анатомию элементарных частиц не обязательно представляет единственно возможную интерпретацию идей стандартной модели. Общепринятая интерпретация идеи СМ использует преобладающую в современной физике парадигму, согласно которой физические объекты «строятся» из более мелких компонент, которые взаимодействуют, обмениваясь некоторыми носителями силы. Развитие всей картины физического мира основано на рекурсивном применении этой парадигмы. Эта картина, однако, не совсем последовательна, лептоны, как кажется, не имеют далее развитой внутренней структуры, в то время как адроны ее имеют. Более того, надо иметь в виду, что на определенном уровне любая рекурсия такого рода может завершиться. Во всяком случае, принцип неопределенности говорит нам о том, что на квантовомеханическом уровне достигается предел рекурсивно-аналитического описания природы, поскольку основные физические величины теряют свою операциональную определенность. Эти и ряд других связанных с СМ трудностей имеют концептуальный, а не технический характер. По нашему мнению, они означают, что сфера субъядерной физики является как раз тем уровнем, на котором следует изменить ее парадигму. Рассмотрим эту возможность в контексте нашей модели. Естественно при этом, что все внутренние симметрии стандартной модели должны быть сохранены и в рамках настоящего рассмотрения. Излагаемая далее точка зрения основывается на предлагаемой нами клеточно-автоматной модели физического вакуума.

5.2. КЛЕТОЧНО-АВТОМАТНЫЙ ПОДХОД И РАЗВИТИЕ КОНЦЕПЦИИ ЭФИРА

«Логическое отсечение» парадигмы рекурсивного структурирования материального мира осуществляется в рамках клеточно-автоматного подхода. Этот подход обеспечивает естественное окончание бесконечной рекурсии и приводит к новой концепции физического вакуума. Он также позволяет естественно ограничить область применимости некоторых физических понятий. Как уже упоминалось выше, Эйнштейн полагал, что существование эфира вполне допустимо, если он не обладает свойством «увлекаемости».

Развиваемая нами клеточно-автоматная модель, как показано выше, может имитировать весьма сложные коллективные эффекты в динамической системе, например явления распространения частицеподобных стабильных образований. Уже после появления наших работ на эту тему клеточно-автоматный подход к моделированию физической вселенной обсуждался в работе [42]. В работе [6] подчеркивалось, что жизнеспособность этого подхода осложняется основной проблемой: как локальные клеточно-автоматные преобразования могут представить нелокальные свойства микромира.

5.3. ВОЗМОЖНЫЕ ЧЕРТЫ КЛЕТОЧНО-АВТОМАТНОЙ МОДЕЛИ ФИЗИЧЕСКОГО ВАКУУМА

Предлагаемая нами клеточно-автоматная модель позволяет, в частности, преодолеть упомянутую проблему квантовомеханической нелокальности. Напомним, что исходными элементами модели являются объединенные в сети кольцевые счетчики. Состояние каждого элемента в сети характеризуется фазой Θ , для которой выполняются операции по модулю 2π . Структура этой сети соответствует сети, аппроксимирующей цифровое решение уравнения параболического типа. Это уравнение, аналогичное уравнению теплопроводности, имеет диффузионное решение, имеющее с формальной точки зрения бесконечную скорость распространения (реально скорость высока, но не бесконечна; см., например, обсуждение этой проблемы в работе [43]). Это быстрое диффузионное распространение фазы Θ может быть ответственно за дальнедействующую квантовую корреляцию в контексте рассматриваемой клеточно-автоматной модели.

Как было показано выше, уравнение (5) может иметь такие решения, которые избегают диффузионной деградации, типичной для уравнений параболического типа, что вызвано периодичностью фазовой переменной Θ и ограничением на первую производную от Θ . Введение нами решений в форме двигающихся с постоянной скоростью спиралевидных волн — продвигающихся кернов — в этой модели являются основой для интерпретации элементарных частиц как стабильных коллективных фазовых возбуждений, генерируемых этими кернами.

Как упоминалось, наличие зеркальной асимметрии кернов, определяемой направлением вращения линий равной фазы, позволяет интерпретировать одно из решений как материю, а другое — как антиматерию. Из приведенного ранее рассмотрения следует также, что различие между лептонами и адронами состоит в поведении экспоненты, описывающей решение характеристического уравнения для кернов: лептоны следует ассоциировать с малыми и убывающими, а адроны — с резко изменяющимися экспонентами. Эти отличия приводят к различному поведению окружающих керны вторичных синхровозбуждений.

Тот факт, что структура лептонов более проста по сравнению с адронами, можно объяснить тем, что в первом случае фаза на фронте продвигающегося ядра близка к нулю, в то время как во втором случае она возрастает, порождая более сложное поведение.

Согласно развиваемому в нашей модели подходу соотношения симметрии в микромире связаны с симметрией набора базисных генераторов коллективных возбуждений, а не с внутренней специальной симметрией составляющих элементарные частицы компонент. Таким образом, отпадает необходимость рассматривать кварки как некоторые обособленные друг от друга в обычном пространстве сущности. Конечно, это только качественная картина. Как мы уже неоднократно упоминали, предложенная модель находится на начальной стадии; чтобы получить количественные предсказания, нам надо определить конкретные свойства и параметры клеточно-автоматной модели. В то же время область ее возможных параметров в принципе ничем не ограничена, а мы не имеем достаточно информации, чтобы выбрать подходящие значения. Но даже на этой стадии модель позволяет дать альтернативное описание известных физических явлений, кроме того, она может быть использована как эвристическая концепция.

5.4. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ МЕЖДУ УРОВНЕМ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ И ФИЗИЧЕСКИМ УРОВНЕМ

Итак, в данной модели элементарные частицы материи рассматриваются как стабильные коллективные возбуждения фаз генерируемые спиралевидными ядрами в сети клеточных автоматов. Теперь весьма важно прояснить взаимоотношения между уровнями клеточно-автоматного и физического описаний реальности. Если мы, следуя стандартной парадигме, рассмотрим примитивные ячейки и их сеть как следующий (субъядерный) уровень физического мира, мы получим дискретный аналог КХД или теорию нелокальных скрытых параметров со всеми присущими им проблемами. Однако если мы встанем на другую точку зрения, то нам, возможно, удастся увидеть пути, ведущие к решению хотя бы некоторых из этих проблем. Другая точка зрения заключается в следующем: 1) элементарные ячейки и их сеть не являются физическими объектами в традиционном понимании; они конституируют особый, качественно новый уровень Вселенной, «лежащий в основе» физического уровня; 2) топология клеточно-автоматной сети порождает пространство, а циклы элементарных счетчиков порождают пространство, которые развиваются далее в физическое пространство и время; 3) физический вакуум является посредством передающим слоем между физическим уровнем Вселенной (уровнем элементарных частиц) и уровнем клеточных автоматов

(кернаподобные коллективные возбуждения), уровень этих возбуждений «лежит» в основе физического уровня Вселенной); 4) именно физический вакуум есть то место, где клеточно-автоматное пространство и протоявремя развиваются в физическое пространство — время и где керноподобные коллективные возбуждения генерируют элементарные частицы, следуя общим свойствам симметрии сети клеточных автоматов, которые в свою очередь развиваются в известные нам физические симметрии Вселенной. Представляется, что такая парадигма дает больше возможностей для разрешения упомянутых выше парадоксов и проблем. В следующем разделе мы покажем, как эта новая парадигма позволяет нам по-новому интерпретировать существующие экспериментальные факты.

5.5. ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ФАКТОВ

Постулат о ненаблюдаемости кварков и соответственно свойство конфайнмента были введены в стандартную модель после множества безуспешных экспериментальных попыток обнаружить их в свободном виде. В то же время имеется целый ряд косвенных экспериментальных свидетельств, которые принято рассматривать как свидетельства, подтверждающие кварковую модель.

Практически большинство из этих экспериментов связано с процессами лептон-адронного рассеяния при высоких энергиях. Эти эксперименты определенно показывают, что в элементарных частицах имеются точечные составляющие (партоны), которые обычно отождествляются с пространственно-разделенными кварками. Развиваемый нами клеточно-автоматный подход, конечно, не отвергает существующие эксперименты или физические концепции, он позволяет лишь по-новому их истолковать.

С точки зрения клеточно-автоматного подхода столкновение двух частиц является столкновением двух коллективных возбуждений в сети клеточных автоматов. Характерное время внутренних процессов в коллективном возбуждении, которое создает элементарную частицу, может быть оценено следующим образом. Электроны могут чувствовать различные состояния кварков протона только при высокоэнергетическом $e-p$ -рассеянии. При высоких энергиях время, которое электрон проводит вблизи протона, имеет тот же порядок, что и время, необходимое свету, чтобы пересечь протон, т. е. около 10^{-24} с.

При высокоэнергетических столкновениях такие весьма короткие временные интервалы могут быть наблюдаемы. Это означает, что относительное время синхронизации внутренних процессов в двух сталкивающихся возбуждениях может воздействовать на результаты реакции. Можно почувствовать такие детали происходящего процесса в ядрах и во вторичных возбуждениях. Таким образом, в этом случае продукты реакции могут нести в себе информацию о временной зависимости фаз в

сталкивающихся ядрах, а их состояния могут зависеть от разности этих фаз. Если, наконец, одна из сталкивающихся частиц является адроном, то разность фаз может изменяться от 0 до 2π (см. выше). Те или иные значения этой разности фаз могут распознаваться как различные кварковые состояния адрона. В этом случае, если обе частицы являются лептонами, разность фаз при любых условиях весьма мала и не может поэтому вызвать подобных эффектов.

Итак, в рамках клеточно-автоматного подхода кварки рассматриваются не как разделенные в пространстве составляющие адронов, а как различные внутренние состояния коллективных возбуждений, которые порождают адроны на физическом уровне.

Спиралевидные ядра возбуждений могут играть роль точечных объектов внутри протонов и нейтронов (партоны). Окружающие их вторичные синхровозбуждения можно рассматривать как глюоны. Так, например, при высокоэнергетических $e-p$ -столкновениях электроны могут сталкиваться с различными состояниями ядра не в различных местах, а в различные моменты времени.

Новая клеточно-автоматная парадигма акцентирует внимание на временных отношениях и отделяет уровень физического описания от клеточно-автоматного не только в пространственном, но и временном отношениях: с точки зрения клеточно-автоматной модели пульсации состояний ядра с частотой порядка 10^{24} с^{-1} не приводят на физическом уровне к таким явлениям, как, например, электромагнитное излучение.

Это предположение не противоречит существующим экспериментальным данным. Высокоэнергетические космические протоны, которые наблюдались в космических лучах, имели максимальные частоты порядка 10^{24} с^{-1} . Среднее время жизни всех известных частиц превышает 10^{-23} с .

Первоначально значение симметрий элементарных частиц определялось посредством некоторого набора меток — чисел, посредством которых эти частицы различались. В стандартной модели эти числа интерпретируются через внутренние кварковые структуры частиц, но эта общая симметрия не зависит от реальности существования кварков как малых частицеподобных составляющих, пространственно разделенных внутри элементарных частиц.

5.6. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ ВЫВОДЫ

Клеточно-автоматная парадигма, как представляется, свободна от груза избыточных гипотетических построений, присутствующих в существующем описании свойств элементарных частиц. С точки зрения этой парадигмы картина субъядерного мира могла бы быть существенно упрощена. Во-первых, в ее рамках снимается проблема ненаблюдаемости свободных кварков, а следовательно, преодолеваются и те трудности, которые поро-

дили сложные построения КХД. Во-вторых, она упрощает модель физического вакуума. В ней нет пространственного взаимодействия между кварками, во многом ответственного за высокую энергию вакуума, а значит, есть возможность снять противоречие с малой величиной космологической постоянной [51].

Для того чтобы описать явления, связанные с малыми расстояниями и временными интервалами, стандартная модель и КХД вводят новый уровень описания физического мира, который лежит под уровнем элементарных частиц. Это уровень кварков, глюонов и т. п. Стандартная модель сталкивается на этом уровне со множеством проблем, все более усложняясь в попытках их решения.

С точки зрения новой парадигмы сложности и проблемы стандартной модели и КХД указывают на то, что объекты, с которыми они имеют дело (элементарные частицы), устроены не так, как они пытаются их представить. Сложность этих теорий может быть результатом очень простого факта — природа устроена иначе.

5.7. ЭФФЕКТЫ НАРУШЕНИЯ СИММЕТРИИ В КЛЕТочно-АВТОМАТНОЙ МОДЕЛИ ФИЗИЧЕСКОГО МИРА

5.7.1. ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Идеальная симметрия не является операционально определенным понятием. Очевидно, симметричный процесс может начаться только в том случае, если эта симметрия окажется нарушенной каким-то, пусть незначительным, несовершенством. Как отмечал в свое время П. Кюри, «именно асимметрия есть то, что создает явление» (цит. по: [44]). Вне контекста рассмотрения начала процесса фактором нарушения симметрии, как правило, пренебрегают, рассматривая его как незначительную помеху.

Типичный пример представляет проблема мертвой точки в кинематических устройствах, превращающих возвратно-поступательное движение во вращательное, в которых для начала процесса необходимо малое возмущение.

Тем не менее оказались неожиданными открытия ряда «неидеальностей» в симметриях Природы: сначала зеркального предпочтения, свойственного материальному миру (несохранение четности — P), а затем и незначительного отличия между материей и антиматерией (нарушение зарядового сопряжения и четности — CP). Последствия того факта, что законы Природы не являются полностью зеркально-симметричными, принимаются весьма неохотно [45]. Возможно, что расшифровка «этого тайного послания Природы» [46] является предметом скорее метатеории, нежели физического мира, и поэтому вполне вероятно, что теоретическая физика рассматривает процессы наруше-

ния изначальной симметрии в качестве «спонтанных». Как отмечено в [47], альтернативная возможность связана с допущением изначальной неполной симметрии тех механизмов, которые лежат в основе мироздания.

Однако здесь возникает вопрос о том, каким образом постоянный асимметричный фактор может быть интегрирован в контекст очевидно совершенной симметрии остальной части физики.

В данном разделе проблема нарушения симметрии в фундаментальной физике рассматривается на основе клеточно-автоматного подхода. Однородная сеть элементов, развивающихся в соответствии с локальным правилом перехода, порождает перемещающиеся активные образования — возбуждения, отделенные от генерирующего их фона. Поэтому в среде этих возбуждений такие атрибуты физических явлений, как абсолютное положение, абсолютное направление и абсолютное равномерное движение становятся ненаблюдаемыми и невозможно найти какие-либо следы абсолютной системы координат. Механизм нарушения симметрии для этих возбуждений происходит от шума лежащего фона, будучи внутренне встроен в правила взаимосвязей сигналов преобразования. Внутри такой конфигурации может существовать направление более предпочтительное с точки зрения возможности нарушения симметрии. Можно предположить, что распады, нарушающие *CP*-симметрию, должны происходить преимущественно вдоль этого направления. Это приводит к неожиданному выводу о том, что некоторые признаки абсолютной системы координат в физическом мире могут оказаться экспериментально наблюдаемыми.

Сказанное можно проиллюстрировать следующим наглядным примером. Рассмотрим прямоугольную сетку улиц без светофоров и представим себе наблюдателя, который видит пересекающиеся перекресток автомобили. Если перекресток пересекают только отдельные автомобили, система представляется наблюдателю однородной. Наблюдение за парами автомобилей, время от времени появившихся на перекрестке, показывает, что в определенных ситуациях система обнаруживает право-левую асимметрию. Хотя при этом наблюдатель вправе сделать вывод, что зеркальный образ этой системы также вполне реален. Теперь представим себе более редкую ситуацию одновременной встречи на перекрестке четырех автомобилей. В этом случае, чтобы обеспечить функционирование системы в целом, необходимо ввести дополнительное правило нарушения симметрии. Самое простое решение состоит во введении приоритетов в декартову систему координат. Таким образом, из наблюдений над подобными ситуациями можно установить существование привилегированных направлений, характерных для данной системы.

5.7.2. ДЕТЕРМИНИРОВАННОЕ НАРУШЕНИЕ СИММЕТРИИ И САМОСОГЛАСОВАННОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ АКСИОМЫ ВЫБОРА

Всякая точно определенная процедура так или иначе сталкивается с проблемой, как сделать произвольный выбор из множества альтернатив. Эта проблема, в частности, возникает в ситуации самосогласованного выхода системы из однородного исходного состояния. Обычно возможность сделать произвольный выбор считается сама собой разумеющейся. Классический пример бурдана ослы, который погиб от голода, будучи неспособным выбрать между находящимися перед ним двумя одинаковыми охапками сена, обычно вызывает улыбку. В действительности же за такой выбор могут быть ответственны те неощутимые асимметричные различия, которые не учтены в данной теоретической модели и которые проявляются в качестве эффектов «спонтанного нарушения симметрии».

Фундаментальность проблемы произвольного выбора выявляется особо отчетливо в тех случаях, когда влияние окружающей среды не может быть ответственным за спонтанное нарушение симметрии. С подобной ситуацией сплошь и рядом приходится сталкиваться в компьютерной технологии, которая предполагает идеализированную дискретную структуру, отделенную от шумового фона реального мира. На исходном уровне Природы в целом ситуация аналогична, поскольку здесь какой-либо внешний фон отсутствует по определению. В этих случаях проблема нарушения симметрии должна быть разрешена явно детерминистическим образом.

В чисто математических построениях реализация требований нарушения симметрии основывается на фундаментальной аксиоме выбора, введенной Цермело в 1904 г. (см., например: [48]). Цермело бы: первым, кто заметил, что многие математические утверждения неявно опираются на допущение: «для данного набора непустых множеств всегда возможно указать определенного представителя от каждого множества». Это допущение можно сформулировать несколькими эквивалентными способами, один из которых выражен теоремой Цермело, утверждающей, что каждое множество может быть вполне упорядочено. Для конечных множеств это следствие аксиомы выбора сводится к следующему простому утверждению: «конечное множество с механизмом, выполняющим процедуру произвольного выбора, может быть полностью упорядочено».

Утверждение, согласно которому детерминированное нарушение симметрии в дискретной структуре может быть реализовано посредством отношения полного упорядочения, выглядит вполне ясным, хотя и малoinформативным. Привлечение столь высоких математических абстракций, как аксиома выбора, к рассмотрению данного вполне конкретного вопроса, оправдывается возможностью формулировки менее очевидного обратного

утверждения. А именно что любой действующий механизм, способный реализовать детерминированное нарушение симметрии, должен каким-то образом основываться на отношении полного упорядочения. Следовательно, ведущий механизм системы должен содержать отношение упорядочения в каждой из своих исполнительных частей. Эти требуемые упорядочивающие отношения могут с трудом распознаваться на более высоком уровне представления системы, особенно если ведущий механизм скрыт за представлением непрерывной аппроксимации. Теория, игнорирующая проблемы самосогласования в функционировании системы, является неполной и вынуждена полагаться на фактор спонтанного нарушения симметрии, который «может быть оставлен как таинство, должное исчезнуть, когда станет известно больше экспериментальных фактов или когда можно будет найти лучшую теорию» [44].

Рассмотрим поучительный пример операционного механизма ассоциативной памяти (или памяти с адресацией по содержанию). Ассоциативная память — это запоминающее устройство, в котором доступ к элементам данных осуществляется по их содержанию, а не по их расположению. Это приводит к проблеме выбора индивидуального элемента данных в случае многозначного ответа на заданный критерий доступа. Из приведенного выше рассмотрения можно сделать вывод, что механизм разрешения многозначного ответа в ассоциативной памяти может быть действующим, если и только если он обеспечивает полное упорядочение. Действительно, если множество информационных элементов полностью упорядочено, тогда элементы каждого из его подмножеств можно извлечь в согласии с этим упорядочением; с другой стороны, если некий механизм способен извлечь элемент из произвольного подмножества, тогда условия теоремы Цермело выполнены, и таким образом множество этих информационных элементов может быть полностью упорядочено. Следовательно, ассоциативная память не может быть основана только на использовании доступа к информации по ее содержанию, но должна использовать какой-либо дополнительный встроенный в нее адресный механизм. Этот механизм является критически необходимым для инициализации ассоциативной запоминающей системы, т. е. для ее самосогласованного выхода из основного однородного состояния. Впоследствии механизм адресации по существу можно игнорировать, поскольку многозначный ответ можно разрешать, запрашивая содержимое организованных по словам элементов памяти.

Указанный пример типичен для организации дискретных структур. Система, обладающая совершенной симметрией, не может начать функционировать, пока она не будет содержать некоторую процедуру, устанавливающую неоднородность за счет нарушения симметрии или обеспечивающую произвольный выбор. В системе с централизованным управлением эта процедура может выполняться извне. В случае децентрализованного

управления требование самосогласованного выхода из однородного состояния подразумевает, что дискретная структура должна иметь встроенное в нее упорядочивающее отношение. В ходе эволюции системы малая изначальная неоднородность может усилиться, так что окончательно функционирование системы может почти полностью основываться на достигнутом таким образом ее изменении. Тем не менее отброшенный на этом этапе самосогласованный механизм может еще потребоваться в некоторых исключительных ситуациях. Наблюдения над этим, вероятно редкими, случаями могут обнаружить ряд подробностей в организации этого механизма. Основные черты предлагаемого понятия самосогласования и нарушения симметрии обнаруживаются в рассматриваемой нами клеточно-автоматной модели.

573 СООБРАЖЕНИЯ СИММЕТРИИ В КЛЕТЧНО АВТОМАТНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ФИЗИЧЕСКОГО ВАКУУМА

Как уже отмечалось, взгляд на физический вакуум как на особую форму клеточного автомата стимулируется способностью клеточного автомата создавать «из ничего» различные формации с необычным поведением, сходным с поведением элементарных частиц материи.

Другая интересная особенность клеточно-автоматной модели состоит в том, что ее возбуждения материализуются «из ничего» в соответствии с инфляционным сценарием Большого взрыва. Предположим, что исходное состояние системы имело случайное распределение фаз счетчиков. Затем какой-то изолированный счетчик получил возможность сохранять свою фазу независимо от влияния соседей. В результате эта фаза начнет распространяться по всей системе за счет очень быстрого диффузионного процесса. В качестве некоего побочного эффекта этот процесс порождает спиральные волновые решения, что можно интерпретировать как возникновение элементарных частиц материи. Главной проблемой в этой картине является вопрос о том, как ее очевидная центральная симметрия может привести к асимметрии физического вакуума. Этот процесс проиллюстрирован на рис. 18 и будет обсужден ниже.

Способность какой-либо теории объяснять множество известных явлений или даже предсказывать новые эффекты является не более чем демонстрацией описательных возможностей данной конструкции, но не может рассматриваться как окончательное утверждение истинности этой теории. Это становится особенно очевидным, когда теоретическая конструкция основывается на ряде свободных параметров, которые затем соответствующим образом подстраиваются под результаты экспериментальных наблюдений. Несмотря на свою простоту и потенциальную ясность в представлении сложных явлений, клеточно-авто-

матный подход всегда может быть поставлен под сомнение со стороны других, более изощренных, теоретических построений. В конкуренции с другими теориями клеточно-автоматный подход может приобретать все большее доверие, расширяя свою объяснительную область, охватывая все больший круг явлений, хотя все это не может гарантировать ему окончательную истинность. Истина может быть установлена скорее с помощью одного-единственного факта, который фальсифицирует конкурирующую теорию [49]. Отличительная особенность клеточно-автоматной концепции состоит в том, что она объясняет относительность физических явлений в рамках активностей, возникающих из некоего абсолютного фона. С точки зрения обычной физики учет абсолютной системы отсчета не имеет никакого смысла, потому что согласно принципу относительности она не обнаруживается ни в каких физических явлениях. Однако в обычной физике метатеоретическая проблема исходного нарушения симметрии остается в конечном счете необъясненной. Что же касается клеточно-автоматного подхода, то он дает этому «спонтанному» процессу строго детерминистическую трактовку. В настоящем разделе мы обсудим идею решающего эксперимента, который может обнаружить определенные атрибуты абсолютной системы отсчета в связи с возможностью клеточно-автоматного механизма нарушения симметрии и тем самым «фальсифицировать» альтернативную концепцию.

Клеточно-автоматная модель оперирует процессами трансформации сигналов, поступающих к ее элементам от их соседей. Актуальная реализация этих процессов требует, чтобы эти сигналы извлекались в определенном порядке. Обычно клеточные автоматы используют правила симметрии, согласно которым сигналы на выходе инвариантны при любых перестановках входных сигналов. Так, например, в популярном клеточном автомате Конвэя «Жизнь» правила трансформации для данного элемента определены числом активированных соседних элементов в его окружении. Тем самым проблема упорядочения сигналов преобразования устраняется как операционно несущественная. В такой модели детерминистическое нарушение симметрии не возникает, а всякая неоднородность в функционировании клеточного автомата обусловлена только неоднородностью в начальных (граничных) условиях. Это означает, что клеточно-автоматная модель с симметричным правилом перехода не может служить исходным средством объяснения явлений в физическом вакууме.

В нашей клеточно-автоматной модели основной механизм — взаимная синхронизация цифровых счетчиков — выглядит совершенно симметричным. Однако правило перехода, встроенное в процесс счета, приобретает динамический аспект, который делает его чувствительным к упорядочению сигналов преобразования, а потому схема их приоритезации оказывается в операциональном отношении весьма существенной.

«Запуск» системы требует выбора между лево- и правовращающимися геликондальными волновыми решениями. Эти две возможные дуальные формы клеточно-автоматной активности могут быть соотнесены с материей и антиматерией. Свойства этих активностей инвариантны при операциях зеркального отражения и реверсии вращения порождающих кернов. В физическом мире это соответствует инвариантности при операциях зарядового сопряжения (C), а также — четности (P). Однако из-за требования самосогласованности в физическом мире остаются некоторые асимметрии и в некоторых редких случаях CP -инвариантность может нарушаться также.

В общем предполагается, что физические законы инвариантны при комбинации преобразований CP и операции обращения времени T . И так как CP -инвариантность может иногда нарушаться, это предполагает, что инвариантность по отношению к операции обращения времени может нарушаться также. «Это нарушение остается одной из наиболее интригующих загадок в физике» [50]. С точки зрения этой проблемы важно заметить, что в предлагаемой клеточно-автоматной модели задержка в обработке одновременно пришедших сигналов вследствие их выстраивания по приоритетам может выглядеть так, как если бы она имела своей причиной именно более позднее прибытие некоторых из них. И этот процесс не может быть обращен, поскольку невозможно различить, чем именно вызвана задержка в обработке сигналов — запаздыванием в поступлении или процессом установления приоритетов между ними. Тем самым очевидно, что описываемый механизм нарушения симметрии неразрывно связан с необратимостью процесса клеточно-автоматных вычислений.

5.7.4. ДЕТЕРМИНИЗМ ПРОТИВ «СПОНТАННОСТИ» В НАРУШЕНИИ СИММЕТРИИ

В представленном сценарии инициализации системы в контексте клеточно-автоматной модели нарушение ее очевидной центральной симметрии включает в себя два аспекта (рис. 18). Первый связан с распространением сферического диффузионного решения, которое должно поделиться на два отдельных геликондальных керна. Второй касается определенного предпочтения в отношении одного из этих кернов в смысле ориентации его вращения, в результате которого один определенный тип керна оказывается доминирующим.

На любом данном этапе диффузионный процесс, имеющий один точечный источник, может быть представлен в виде последовательности концентрических сфер, имеющих равные значения распространяющейся переменной. Рассмотрим последовательность круговых поперечных сечений на соседних сферах (рис. 18). Такая конфигурация может рассматриваться как зародыш геликондальных волновых решений, коль скоро постоя-

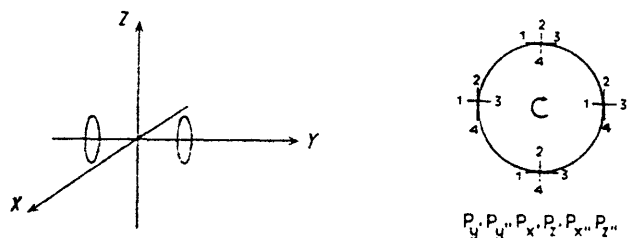
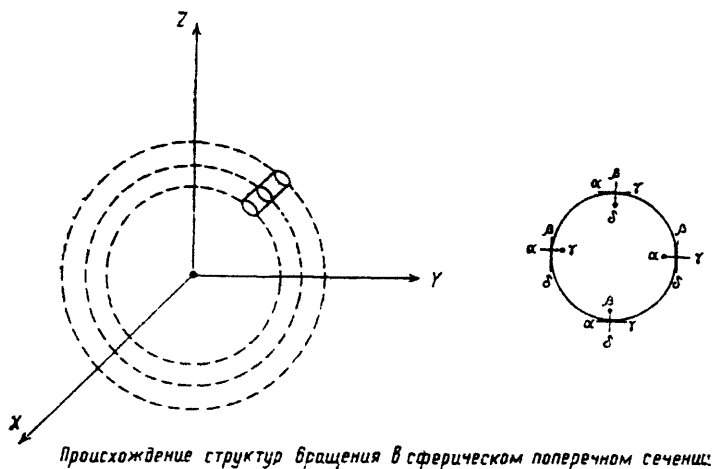


Рис. 18. Два аспекта нарушения центральной симметрии

ство переменной на окружности каждого поперечного сечения нарушено, так что эта конфигурация приобретает левую или правую спиральную ориентацию. Это нарушение может быть результатом различия приоритетных условий вдоль разных координатных осей. Предположим, что клеточно-автоматные сигналы упорядочены в приоритетную последовательность $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ (см. рис. 18). Постоянство переменных вдоль окружности будет нарушено этой очередностью из-за различий значений переменных внутри и вне поперечного сечения. Ориентация — правая или левая — будет зависеть от конкретного порядка приоритетности сигналов. Однако каким бы этот порядок ни был, в своей регулярной структуре он будет иметь своего зеркального двойника.

Для того чтобы гарантировать преобладание определенной регулярной структуры вращения, требуются дополнительные источники нарушения симметрии. Последние могут быть обнаружены в небольших нарушениях непрерывности в протоколе очередности вокруг исходной точки. Вдали от нее порядок приоритетов будет оставаться фиксированным, полностью сохраняя

некоторые черты асимметрии. Недавние астрономические исследования обнаружили ясно выраженную дипольную структуру в крупномасштабном строении Вселенной, в частности в микроволновом фоновом излучении [51]. С точки зрения развиваемого здесь клеточно-автоматного подхода эта дипольная анизотропия является не неким побочным эффектом, связанным со случайными флуктуациями в начальных условиях. Большого взрыва, а скорее следствием действия постоянного фактора, отражающего привилегированный статус определенной оси координат в той или иной структуре приоритетов. Рис. 18 иллюстрирует возможность усиления определенного направления вращения в контексте заданной приоритетной структуры вдоль оси Y . Воздействие со стороны этой структуры приоритетов на вращение может выглядеть как возрастающее или убывающее в зависимости от того, с какой стороны смотреть на эту ось. И коль скоро подобные воздействия могут влиять на формирование излучения, такая ситуация может быть интерпретирована, как если бы она была обусловлена доплеровским эффектом.

Обычно присущая динамической системе внутренняя асимметрия, требуемая для ее самосогласованного существования, не может быть полностью скрыта среди явно совершенной симметрии развивающихся активностей. Некоторые следы этой асимметрии в предполагаемой клеточно-автоматной модели физического вакуума могут быть обнаружены в связи с выделенным направлением, определяемым протокольной структурой приоритетов. Усиление возможностей вращения вдоль такого направления может привести к разрыву распространяющегося ядра, что в свою очередь может интерпретироваться как обусловленный слабым взаимодействием распад частиц.

Влияние нарушенной симметрии в структуре приоритетов на распады, обусловленные слабыми взаимодействиями, может быть обнаружено при определенных условиях, например в нарушающих CP -инвариантность распадах нейтральных каонов. Распад нейтральных каонов происходит одним из двух возможных способов. В большинстве случаев он происходит «нормальным» образом, как если бы не было никакого различия между веществом и антивеществом, т. е. с сохранением CP -инвариантности. Однако в некоторых редких случаях CP -инвариантность в каонных распадах нарушается, указывая тем самым на небольшое различие между материей и антиматерией. Поскольку влияние нарушающего симметрию арбитражного фактора является малоощутимым свойством обоих зеркальных решений, в большинстве аспектов их динамическое поведение виртуально идентично. Тонкость различий материи и антиматерии предполагается, что они могут обнаруживаться в полной мере в ситуациях, в которых слабый фактор нарушения симметрии может проявляться в наибольшей степени. Поэтому нарушающий CP -симметрию распад имеет наибольшую вероятность обнару-

жения именно вдоль оси Y , где протокол приоритетов благоприятствует в наибольшей степени реализации определенной структуры вращения.

Наиболее убедительную непосредственную демонстрацию предполагаемого существования абсолютно выделенного направления можно реализовать с помощью экспериментального устройства, сохраняющего определенную ориентацию на гироскопически стабилизированной платформе. Цель состоит в том, чтобы с помощью такого рода устройства попытаться зафиксировать рост числа распадов, нарушающих CP -симметрию. Косвенную проверку этого предсказания можно провести, рассматривая возможные девиации распределения распадов, нарушающих CP -симметрию от случайного распределения, представляемого законом Пуассона. Простейшая возможность здесь состоит в поиске временной периодичности в последовательностях распадов, нарушающих CP -симметрию. Эта периодичность должна коррелировать с изменением ориентации экспериментальной установки в абсолютной системе отсчета вследствие движения Земли, в основном благодаря ее суточному вращению.

Другая возможность проверки может быть связана с поиском корреляций во временной и пространственной локальности. В той мере, в какой явление нарушения CP -симметрии связано с выделенным направлением в пространстве, оно случается с относительно низкой частотой. Фактически экспериментально наблюдаемая частота нарушения CP -симметрии приблизительно равна одному распаду на тысячу. Следовательно, если это событие действительно соотносится с пространственной анизотропией, оно должно случаться в границах выделенного направления в фиксированном угле размерами около $4/1000$ стерadian. Это соответствует конусу вокруг этого направления с углом примерно $3,6^\circ$. Временной интервал, требуемый для того, чтобы выйти из этого конуса в результате вращения Земли, будет равен примерно 14 мин. Следовательно, оказывается возможным наблюдать увеличение корреляций в нарушающих CP -симметрию каонных распадах в той мере, в какой они случаются последовательно в течение достаточно ощутимого временного интервала, скажем, в течение 10 мин. Аналогичным образом для двух детекторов, расположенных ортогонально друг к другу, нарушающие CP -симметрию распады не должны одновременно наблюдаться. Эффект пространственной анизотропии в таких распадах, если он имеет место, должен находиться в соответствии с той же абсолютной ориентацией, которая определяет и дипольное структурирование Большого взрыва.

Развитая модель «спонтанного» нарушения симметрии основана на регулярной детерминистической процедуре, а не на некоем скрытом стохастическом процессе. Эта процедура отвергает концепцию шумового фона «по ту сторону» физического мира. Следующий разумный шаг состоит в рассмотрении дополнительных следствий предлагаемой гипотезы для других стоха-

стических феноменов фундаментальной физики, особенно для радиоактивного β -распада в слабых взаимодействиях. Обычно распады различных частиц, за которые ответственны слабые взаимодействия, например распад нейтрона, характеризуются весьма большими временами жизни. Здесь мыслимы две основные логические возможности: (1) информация о моменте β -распада посредством определенного синхропроцесса каким-то образом аккумулируется внутри самой частицы и (2) момент распада зависит от воздействия со стороны. Экспоненциальное распределение моментов β -распада предполагает скорее импровизированность этих событий и тем самым вроде бы говорит в пользу второй возможности. Однако, если отвергнуть существование шумового фона «по ту сторону» физического мира, предлагаемая альтернативная гипотеза могла бы служить объяснением, в частности, для процессов, связанных со слабыми взаимодействиями. Фактически предлагаемая детерминистическая процедура, объясняющая явления нарушения симметрии вращательными возможностями распространяющихся ядер, открывает возможность некоторого воздействия на их дезинтеграцию. Усиление возможности вращения в контексте абсолютно выделенного направления может быть раскрыто в эксперименте того же типа, который был выполнен в свое время Вулеем и его сотрудниками по обнаружению нарушения симметрии в процессах β -распада. В этом случае скорость β -распадов атомных ядер может оказаться зависимой от их абсолютной ориентации.

МОЗГ И ЕГО ВОЗМОЖНОСТИ В ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ. НОВАЯ ПАРАДИГМА

6.1. ВВОДНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

В последние годы появляется все больше свидетельств, говорящих о том, что объяснение работы головного мозга невозможно без радикальных изменений в современной научной картине мира. Мы переходим теперь к обсуждению данной проблемы в контексте нашей модели клеточных автоматов. Как уже неоднократно говорилось в предыдущих главах, данная модель представляет материальные формации в виде особого рода распространяющихся волновых решений. Помимо этого, сеть распределенных клеточных автоматов порождает быстро распространяющиеся диффузные активности, которые могут участвовать в процессах обработки информации, в частности на основе голографических принципов. Забегая вперед, скажем, что одним из поразительных следствий подобной возможности является то, что познавательный информационный процессор может существовать вне мозга, используя в качестве голографической среды клеточно-автоматный фон физического мира.

Прогресс в понимании функционирования мозга до недавнего времени состоял главным образом в уяснении механизмов работы сенсорных операций «вход — выход». Что же касается «промежуточных» когнитивных информационных процессов между входом и выходом, которые составляют суть механизма работы головного мозга, то о них известно гораздо меньше. Существующие представления не обеспечивают эвристической основы для создания более или менее удовлетворительных моделей функционирования мозга даже с привлечением таких еще неизученных физических явлений, как, например, квантовая гравитация. Однако, по-видимому, подобные объяснения влекут за собой необходимость отхода алгоритмической точки зрения на реализуемые мозгом информационные процессы [47]. Но подобную гипотезу трудно принять, во-первых, потому что идеальные математические конструкции в противоположность эмпирическим представлениям естествознания являются достаточно жесткими и, во-вторых, потому что отход от алгоритмической платформы практически не оставляет никаких рациональных средств для подхода к проблеме организации функционирования мозга. Все выглядит так, как если бы не было никаких альтернатив простейшему допущению, согласно которому мозг есть не более чем компьютер, пусть и обладающий сверхвысокой эффективностью.

Осюда следует, что понять функционирование мозга в кон-

теоретически существующей парадигмы — значит выявить его главные информационный процессор. Однако разработка этой парадигмы имеет ограниченный успех в связи лишь с некоторыми конкретными вычислительными схемами и до сих пор не привела к какой-либо целостной и взаимосогласованной картине функционирования мозга. На наш взгляд, объяснение исключительных возможностей мозга как информационного процессора непосредственно зависит от радикальных сдвигов в его понимании на уровне общей системной организации в целом. Будучи самой сложной частью Природы, человеческий мозг предполагает такой механизм, для представления которого требуются теоретические понятия и образы, не укладывающиеся в рамки существующей парадигмы всего мироздания в целом. Пытаясь понять мозг путем постепенных усовершенствований существующей парадигмы, мы обрекаем себя на сизифов труд. Что может сказать современная наука о высших функциях мозга и о природе разума помимо того, что уже было сказано о них древними философами?

Далее представим гипотетическую клеточно-автоматную конструкцию, которая радикальным образом меняет нашу точку зрения на организацию мозга. Хотя она и выглядит странной, формирующаяся на ее основе новая парадигма проливает свет на то возможное направление, на котором может быть найдено объяснение функционирования мозга.

6.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОТЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА

Поскольку мозг по своей организации предполагается вычислительной машиной, он может выступать в качестве предмета конкретного инженерного анализа. Адекватно спроектированное техническое устройство всегда является определенным компромиссом между спецификацией и экономным решением. В случае мозга это предполагает нахождение единого операционального механизма для всех его колоссальных способностей. Последние включают в себя гигантскую процессорную мощность, виртуально неограниченную память, удивительную устойчивость к дефектам и надежность, разнообразие функций при гибком динамичном сочетании централизованного и децентрализованного управления. Далее мы дадим краткий перечень хорошо известных фактов, касающихся основных характеристик работы мозга.

Процессорная мощность

Процессорная мощность системы нейронов мозга может быть грубо оценена числом событий, которые могут произойти в этой системе за одну секунду. Число нейронов $\sim 10^{10}$, время их переключения $\sim 10^{-2}$ с, так что число событий в секунду составля-

ет $\sim 10^7$. Эта цифра сравнима с числом операций в секунду в большой параллельной компьютерной системе, приближающейся к терафлопному барьеру. Отдельная проблема состоит в вопросе, какая именно часть вычислительной мощности системы, так же как и множества процессоров, может быть в действительности использована. Оставляя этот вопрос в стороне, мы видим, что информационно-процессорная мощность системы нейронов не превосходит сколько-нибудь существенным образом ту, которая в настоящее время становится все более доступной благодаря успехам современной микроэлектронной технологии.

Емкость памяти

Емкость долговременной человеческой памяти потенциально неограниченна и составляет по некоторым оценкам $2,8 \cdot 10^{20}$ бит [52]. Для запоминания в мозге объемом примерно 10^3 см³ требуется запоминающее устройство с плотностью информации $3 \cdot 10^{17}$ бит/см³. Однажды зафиксированная в мозге информация, как предполагается, удерживается постоянно. И действительно, образы со временем не тускнеют и могут быть воспроизведены спустя годы.

Надежность и дефектоустойчивость

Благодаря сходству протекающих в них физико-химических процессов с теми, что имеют место в твердотельных компонентах электронных устройств, отказы индивидуальных нейронов могут быть также примерно оценены как 10^{-7} ч⁻¹. Такая оценка предполагает выход из строя в течение примерно 100 лет около 10% нейронов головного мозга. Однако существует множество и других внешних и внутренних причин повреждения нейронов. И несмотря на все это, человеческий мозг, по крайней мере его высшие познавательные функции и мыслительные способности, не демонстрирует каких-либо отчетливо выраженных признаков деградации в процессе нормального старения или в случаях его обширного повреждения. Обычная техника защиты от отказов, предполагающая обнаружение и изоляцию дефектов, не применима к реализации такой гибкой структуры.

Опыт разработки компьютерных устройств показывает, что обеспечить структурную надежность системы весьма сложно. Речь идет о том, чтобы система продолжала нормально функционировать, когда отдельные ее части выйдут из строя. Этого гораздо легче добиться в случае простой однородной структуры, например структуры, генерирующей избыточный код корректирующий ошибки. Поэтому надежность биологических объектов может возникать не в результате их структурной избыточности на физическом уровне, а вследствие обращения к клеточно-автоматному уровню. Кстати, сам клеточно-автоматный

уровень спроектирован как высокооднородная среда, способная автоматически корректировать сбои в своем функционировании.

Алгоритмическая эффективность

Человеческий мозг с легкостью выполняет величайшее разнообразие алгоритмов, имеющих самые разные вычислительные схемы, например: визуальное восприятие, распознавание речи, перевод с одного языка на другой, игра в шахматы, принятие решений в неопределенных ситуациях, реализует сложные умозаключения философского характера и т. д. Параллельные процессорные устройства, если они эффективны, то в высшей степени специализированны. Крайне маловероятно, чтобы масштабу мозга был сформирован на основе частичных вкладов разных вычислительных схем. Так, например, схема нейронной сети, эффективная для решения узкого класса задач распознавания, не может быть включенной в главные алгоритмические операции мозга. Алгоритмическая эффективность мозга должна обеспечиваться универсальной, структурно устойчивой вычислительной моделью.

Управление прерыванием

Способность прерывания является жизненно важной для информационно-процессорной системы, имеющей дело одновременно с рядом различных задач, особенно в среде с реальным временем. Осуществление прерывания предполагает решение ряда разнообразных задач: мониторинг запросов, идентификацию прерывания, остановку процесса и сохранение его статуса для возобновления в будущем, начало нового процесса и т. д.

Выполняя множество дел одновременно, человеческий мозг весьма эффективно обрабатывает запросы на остановку, независимо откуда они поступают — извне или изнутри. Рассмотрим, например, ситуацию человека, ведущего автомашину, одновременно слушающего при этом радио, беседующего с пассажирами и т. д. В то же самое время мозг этого человека должен прогнозировать возможные неожиданности, обрабатывать информацию физиологических функций его тела и многое другое. На самом деле тот факт, что эта информация по большей части обрабатывается «автоматически», предполагает большую гибкость в сочетании централизованного и децентрализованного управления. Централизованное управление для мозга означает, что выполнение операций основывается на состоянии памяти как целого, а не на локально получаемых сигналах. Свойства сознания решающим образом определяются эффективностью интеграции централизованного и децентрализованного управления.

Известно, что скорость протекания электромагнитных процессов в мозге относительно низкая. Поэтому, пытаясь понять строение мозга, его «замысел», как правило, сразу же вспоминают о принципах параллельного вычисления. Однако схема параллельного вычислительного процесса теряет свои очевидные потенциальные преимущества, когда она сталкивается с алгоритмическими и структурными препятствиями. Десятилетия интенсивных исследований показали, что продуктивность параллельной мультипроцессорной системы может лишь отчасти и далеко не во всех случаях превосходить продуктивность унипроцессорной системы. И этот факт мало зависит от архитектуры этих систем. Однако оценки эффективности работы параллельных компьютерных систем часто представляются в ложном свете [53].

Распространенная апелляция к мозгу с целью оправдания эффективности систем параллельных процессоров является некорректной. Поскольку формальный нейрон является алгоритмическим полным устройством, нет сомнений в том, что система нейронов способна выполнить любой алгоритм. Однако возникает вопрос, в состоянии ли такая система выполнить все требуемые алгоритмы в реальное время, т. е. в долю секунды. У нас нет оснований ожидать, что какое-либо, пусть даже и неизвестное, устройство из этих медленно действующих элементов могло бы обеспечить продуктивность вычислительной системы, которая хотя бы в одном отношении была сравнима с продуктивностью работы мозга. Алгоритмическую выполнимость различных вычислительных систем трудно оценить количественно, но тем не менее представляется очевидным, что продуктивность мозга превосходит продуктивность любой системы нейронов на много порядков. Повышение процессорной мощности, вообще говоря, связано с переходом к все более быстродействующим переключающим элементам. В самом деле, вся история компьютерной технологии свидетельствует о том, что прогресс в повышении производительности обработки информации обеспечивался преимущественно за счет роста скорости переключения элементов. Что же касается прогресса других характеристик информационных процессорных систем, то он обычно реализовался путем совершенствования их структурной организации, жертвуя при этом отчасти их продуктивностью.

В концептуальном проектировании систем обработки информации имеются три основные проблемы: архитектура, аппаратура и программное обеспечение. И невозможно себе представить какой-либо способ достижения тех крайне высоких вычислительных способностей, которыми в принципе обладает человеческий мозг, без наличия сверхбыстродействующей «аппаратуры». Поэтому использование совершенно новых, может быть,

еще неизвестных быстропротекающих явлений представляется совершенно необходимым для самого существования мозга.

6.4. ГОЛОГРАФИЧЕСКИЙ ПРИНЦИП ОРГАНИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОЗГА И ТРЕХМЕРНОСТЬ ПРОСТРАНСТВА ВОСПРИЯТИЯ *

Организация мозга может быть достаточно адекватно описана посредством голографического механизма [54]. Так, голографический механизм естественно объясняет такое фундаментальное свойство мозга, как ассоциативный поиск в присутствии шумовых искажающих помех. Эффективная голографическая память позволяет гораздо проще организовать программное обеспечение, поскольку реализация алгоритмов может быть сделана независимой от содержания. Будучи составленным из последовательности «атомарных» операций ассоциативного доступа к голографической памяти, алгоритм может воспроизводить каждую последующую операцию, используя с этой целью информацию, полученную ранее. И коль скоро эти атомарные операции отличимы и самодетерминированы, они могут быть встроены в разные алгоритмы. Это весьма удобно также с точки зрения обеспечения возможностей прерывания при одновременном решении множества задач, не связанных непосредственно между собой.

Существует еще один аргумент в пользу голографического механизма функционирования мозга, связанный с так называемым «антропным принципом» [55]. Будучи первоначально сформулированным в контексте проблемы выбора космологических моделей среди множества возможных (с чисто физической точки зрения), антропный принцип имеет несколько формулировок, в сущности же в общем сводится к утверждению, что существование разумной жизни является ключевым условием существования и развития всего физического мира в целом. В свете дополнительных свидетельств тесной взаимосвязи мозга с устройством всего физического мироздания важно подчеркнуть, что именно голографический механизм приводит к требованию, согласно которому пространство восприятия должно быть трехмерным. А отсюда, исходя из антропного принципа, вытекает и трехмерность физического пространства. Остановимся теперь подробнее на вопросе размерности информационных структур в пространстве восприятия.

Информационное описание геометрической структуры объекта можно представлять в виде точечной решетки, на которой задают функцию какой-либо природы. Компонентой такой структуры n -мерного объекта является значение функции, снабжен-

* Данный раздел представляет собой сокращенное воспроизведение статьи автора, опубликованной в журнале «Биофизика», 1976, т. 21, № 6, с. 1109—1112.

ное n независимыми индексами. Для случая биологической памяти, если это необходимо, данную структуру в пределе можно трактовать и как непрерывную.

Размерность представляет собой топологический инвариант, и для того чтобы этот инвариант при отображении структуры объекта в память электронно-вычислительной машины или живого организма сохранялся, такое отображение должно быть «непрерывным» в том смысле, что «близкие» элементы объекта должны оставаться «близкими» в устройстве хранения информации. При этом элементами, близкими в устройстве хранения информации, следует считать такие, связь между которыми может быть осуществлена за достаточно малое время, так что в этом смысле близость оказывается характеристикой, вообще говоря, логического, а не физического отношения.

Малость промежутка времени, отводимого на установление связей, следует понимать в сопоставлении с некоторым характерным временем, затрачиваемым на определенные процедуры обработки информационного описания объекта. Например, в случае рассмотрения технических устройств памяти информационно-справочных систем имеет смысл говорить, что в них адекватно отображается размерность структуры объекта, когда время перехода между соседними элементами структуры может быть сделано сопоставимым с требуемым временем реакции системы. В случае биологической памяти при рассмотрении вопроса об адекватном отображении размерности объекта следует сопоставлять время, в течение которого должно быть обеспечено установление связей между элементами структуры, и разрешающей способностью для временного интервала между различными возбуждающими воздействиями.

Следует подчеркнуть, что рассмотрение ограничения времени для установления связей является важным принципиальным моментом в развиваемой концепции, поскольку без учета временного фактора любые структурные взаимоотношения элементов независимо от их расположения могут быть установлены посредством медленной операции: последовательного просмотра содержимого памяти. Для иллюстрации сошлемся, например, на необходимость соблюдения определенных временных ограничений для формирования двумерного изображения в телевизионном приемнике из имеющего одномерную природу сигнала в смысле непосредственного положения его элементов. В случае биологической памяти время установления связей между элементами объекта не должно сколько-нибудь заметно превышать минимальный разрешающий интервал между возбуждающими воздействиями, ибо тогда восприятие этих связей, а следовательно восприятие размерности образа, будет нарушено.

Адекватное отображение размерности объекта при его размещении в запоминающем устройстве вычислительной машины способствует эффективному выполнению процедур информационного поиска.

Обычное адресное запоминающее устройство по своей природе приспособлено для отображения одномерных объектов, элементы которых размещаются в соответствии с упорядочением по одному параметру. Для установления связей между элементами при отображении многомерных объектов нужно применять специальную программную организацию на основе так называемых списковых структур.

В ассоциативном запоминающем устройстве, допускающем возможность выборки информации по содержанию, при использовании значений индексов в качестве критериев поиска можно удобно представить объект произвольной размерности, если отвлечься от несущественных для данного рассмотрения технических деталей.

Теперь об отображении размерности информационных структур в устройствах хранения информации, основанных на принципах голографии.

Согласно голографической модели работа памяти основывается на волновых процессах в возбудимой запоминающей среде. Фиксация входных сигналов происходит в результате взаимодействия вызываемых этими сигналами волновых процессов, которое приводит к пространственной перестройке среды, так что при подаче одного из сигналов волновой процесс, соответствующий другому сигналу, может быть восстановлен.

Хотя голографическая гипотеза связывается в основном с процессами памяти можно предположить, что подобным образом распределенное кодирование информации используется также во внутренних механизмах восприятия при непосредственном воздействии зрительных, слуховых или иных ощущений [56].

При рассмотрении волновых процессов фундаментальную роль играет принцип Гюйгенса. Этот принцип, выдвинутый в первоначальном виде как правило построения фронта распространяющейся световой волны, был впоследствии уточнен и использован для объяснения различных оптических явлений. В абстрактной форме принцип Гюйгенса представляется как определенное свойство гиперболических дифференциальных уравнений с частными производными, описывающих процессы распространения возмущений [57]. Свойство это заключается в том, что при распространении возмущения в n -мерном пространстве область, определяющая зависимость состояния каждой точки в данный момент времени, есть многообразие $n-1$ или меньшего числа измерений. Таким образом, возмущенное состояние в процессе своего распространения локализуется в пределах четко выраженного фронта, так что после прохождения фронта через некоторую точку возмущение в ней исчезает.

Оказывается, что решения, согласующиеся с принципом Гюйгенса, существуют только для нечетных n , больших или равных 3; для $n=1$ и для четных n все решения противоречат принципу Гюйгенса. Трехмерное пространство имеет важную отличительную особенность, состоящую в том, что в этом случае

возможна передача сигналов с большой точностью. Указанное обстоятельство — одно из важнейших физических соображений, привлекаемых для объяснения трехмерности реального пространства [58].

Представляется, что процессы волнового типа, лежащие в основе функционирования биологической памяти, должны протекать в соответствии с принципом Гюйгенса в указанном смысле. Это условие — распространение возбуждения, локализуемого в пределах узкого фронта, — необходимо по следующим причинам. Во-первых, оно обеспечивает экономность функционирования памяти с энергетической точки зрения. Во-вторых, при этом энграммы — следы, фиксирующие запоминаемую информацию, образующиеся в результате пересечения распространяющихся возбужденных областей, — оказываются более компактными. В-третьих, лишь когда возбужденные области составляют незначительную долю от объема всей запоминающей среды, имеется возможность для одновременной обработки многих сигналов.

Рассмотрим, какова максимальная величина размерности структур, которые могут отображаться устройством хранения и обработки информации голографического типа. Будем опираться на индуктивное определение размерности, данное Пуанкаре [21], согласно которому размерность многообразия равна n , если оно может быть разделено на две несвязные компоненты посредством многообразия размерности $n-1$, при этом точка имеет размерность 0, линия — 1, поверхность — 2 и т. д.

В каждый отдельный момент времени в запоминающей среде удерживается информационная структура, имеющая размерность, равную размерности фронта распространяющегося возбуждения, так что когда этот фронт является двумерным, то непосредственно нельзя отобразить связи элементов объектов большей размерности. При развитии процесса во времени посредством распространяющихся возбужденных областей, имеющих размерность 2, можно воспроизвести последовательность сечений трехмерной структуры. Последовательность временных сечений размерности 2 позволяет одновременно фиксировать связи элементов в трехмерных информационных структурах. Такого рода представление раскрывает механизм гипотезы Пуанкаре [21] о том, что восприятие трехмерного образа осуществляется на основе восприятия во времени двумерных образов. Что касается восприятия информационных структур большей размерности, то в соответствии с изложенным это представляется весьма затруднительным в силу того, что в нейронной среде, функционирующей на основе распространения двумерных возбужденных областей, нельзя в течение достаточно короткого промежутка времени удерживать информационные связи объекта, имеющего размерность больше, чем 3, т. е. информационная структура, обладающая размерностью большей,

чем 3, не может быть отображена как «непрерывная» совокупность в том смысле, как было отмечено выше.

Возникает вопрос, насколько свойство трехмерности пространства восприятия является универсальным и возможно ли воспринимать образы в пространстве с большим числом измерений. Для функционирования биологической памяти, коль скоро оно основывается на волновых процессах, существенно наличие свойства, обуславливающего распространение возбуждения в соответствии с принципом Гюйгенса. Это свойство, как было отмечено, в наиболее строгом смысле присуще волновым процессам, описываемым дифференциальными уравнениями в частных производных гиперболического типа в трехмерном пространстве; интересно заметить, что существует известная гипотеза Адамара о том, что других уравнений, обладающих данным свойством, нет [57]. Математическое описание поведения возбудимых сред является весьма сложным, и неясно, в какой степени пространственно-временной процесс в нейронной среде может быть связан с данным свойством, чтобы можно было утверждать, что функционирование голографической модели биологической памяти возможно лишь для случая трехмерного пространства.

Имеется по крайней мере один пример, указывающий на возможность распространения возбуждений с четким фронтом не в трехмерном пространстве; он относится к двумерной среде — сердечной мышце. Распространение возбуждений в этой среде, согласно принципу Гюйгенса, было постулировано в работе [59], наличие возбуждений с четким фронтом наблюдалось при моделировании в ряде исследований [60].

По-видимому, за счет усложнения переклещательных характеристик элементов и процесса их взаимодействия могут быть обеспечены условия существования активных сред, в которых распространение возбуждения любой размерности происходит в соответствии с принципом Гюйгенса. Такая гипотетическая среда, будучи даже размещенной в физическом трехмерном пространстве, могла бы с логической точки зрения адекватно отображать информационные структуры с большей размерностью. Однако поскольку процессы волнового типа некоторым образом должны быть связаны с указанным свойством дифференциальных уравнений в частных производных, то представляется вполне вероятным, что наиболее простые условия существования возбудимой среды, необходимой для рассмотренного механизма функционирования биологической памяти, имеют место в случае, когда пространство восприятия оказывается трехмерным.

6.5. ПРОБЛЕМА РЕАЛИЗАЦИИ

Основная проблема голографической модели мозга заключается в отсутствии подходящего для нее конкретного волнового механизма. Электромагнитные волны на эту роль непосредст-

ленно не годятся. Другие, предлагавшиеся до сих пор, типы волновых активностей, наподобие волн ионного смещения [61], оказываются слишком медленными. В данной работе, как уже неоднократно подчеркивалось, предполагается, что в природе должны существовать быстрые волноподобные механизмы. И одним из оснований для этого является сам факт существования человеческого мозга. Такая постановка вопроса, хотя и в неявном виде, вошла в обиход научного познания уже довольно давно. Так, у А. Эддингтона можно встретить замечание, что гравитационные волны, возможно, распространяются со скоростью мысли [62].

Экспериментальные свидетельства реальности действия на расстоянии на сей день дают нам дальние корреляции в квантовых системах, регистрируемые посредством нарушения неравенства Белла (см., например: [63]). Быстрый механизм распространения предполагается, в частности, также и в инфляционном сценарии Большого взрыва, согласно которому вначале был краткий период необычайно быстрого расширения, когда пространственно-временной организующий фактор распространился через всю наблюдаемую Вселенную за время порядка 10^{-36} с [28].

Мы предполагаем, что голографический механизм функционирования мозга связан с процессами быстрого распространения действия на расстоянии в физической Вселенной. Для того чтобы сделать указанное предположение более правдоподобным, необходимо иметь хотя бы некоторые представления об аппаратном принципе такого рода механизма. В противном случае это предположение может справедливо рассматриваться как еще одна разновидность из множества плохо обоснованных метафизических спекуляций. Во всяком случае, моделирование функционирования мозга требует в свою очередь углубленного рассмотрения физических явлений.

Предлагаемая нами новая парадигма для описания функционирования работы мозга основывается на представлении физического мира в виде клеточного автомата.

Однако для объяснения функционирования работы мозга новая интерпретация физических явлений в рамках клеточно-автоматного подхода не является первоочередной задачей. Более важно, что эта интерпретация вводит в рассмотрение новый волноподобный феномен. Напомним, что существенная особенность нашего клеточно-автоматного подхода состоит в том, что он предполагает также существование высокоскоростного операционального механизма, находящегося как бы «за кулисами» физического мира и не влияющего на значение предельной скорости распространения света. Этот механизм связан с диффузионными процессами распространения фазы в сети самосинхронизирующихся дискретных счетчиков и может служить объяснением феноменов действия на расстоянии, таких как гравитация, а также квантовые корреляции. Мы предполагаем, что

Быстрые волноподобные решения диффузионного типа представляют собой также то недостающее звено, которого не хватает в голографической модели мозга. Возможность связи между диффузионными процессами и голографией была показана в [61].

Однако здесь возникает существенный вопрос о месте накопления голографической информации. Вспомним, что материальные формы физического мира представлены распространяющимися волновыми решениями, перемещающимися в решетке клеточно-автоматной среды. Разумно предположить, что голографическое запоминание информации должно быть организовано в узлах клеточно-автоматной решетки. Такая организация в принципе уже обсуждалась в связи с оптическим запоминающим устройством на твердом теле [64]. Она дает возможность в полной мере реализовать все преимущества основанной на голографическом механизме ассоциативной памяти. Весьма необычный аспект предлагаемой новой парадигмы функционирования мозга состоит в том, что согласно ей основная обработка информации происходит вне мозга. В таком случае функциональная роль материальных формаций мозга состоит в организации доступа к этим процессорным средствам. С устройством доступа к информации вне мозга становится гораздо понятнее одно из самых загадочных свойств человеческой памяти — неограниченная информационная емкость и надежность. Становится гораздо легче обеспечить надежность функционирования системы по отношению к дефектам и отказам, поскольку все, что требуется от мозга в этом случае, — это не обеспечение обработки информации в режиме защищенности от дефектов (что само по себе является очень сложной задачей), а всего лишь обеспечение устойчивости по отношению к дефектам устройства доступа к внешним средствам обработки информации, что гораздо проще.

Бесспорно, конечно, что кажущееся вполне естественным с точки зрения здравого смысла убеждение, по которому мыслительные процессы у человека должны совершаться «внутри головы», так сказать «под шляпой», психологически трудно преодолеть даже человеку, достаточно хорошо знакомому, например, с философской системой Гегеля. Поэтому, помимо ссылок на разные философские системы, представляется уместным сослаться также на аналогию (возможно, для некоторых не очень глубокую) с процессами, которые протекают в проводнике с электрическим током. Всякий, кто изучал физику электромагнитных явлений, знает, что, хотя носители заряда движутся внутри проводника, «самые главные» явления — электрические и магнитные поля, связанные с током, — разворачиваются в пространстве вокруг проводника, да и сама энергия, передаваемая по линии с током, движется вне ее, на что указывает значение вектора \vec{U} мова — Пойнтинга, равное нулю внутри провода.

Итак, согласно новой парадигме клеточно-автоматная сеть, лежащая в основе физической Вселенной, должна служить в качестве общего запоминающего устройства для всего многообразия мозгов в мире. Образно говоря, мозг сам по себе есть скорее «терминал», чем «компьютер». В пользу этой возможности говорит тот факт, что паттерны электрической активности и энергетической диссипации не зависят существенно от реализуемых в мозгу типов информационных процессов. Конечно, коль скоро мы апеллируем к неизвестному физическому явлению, может показаться проще попытаться дать объяснение организации мозга, оставаясь в его физических границах. Однако в контексте нашей клеточно-автоматной интерпретации материального мира подобная возможность маловероятна. В свою очередь объем мозга в 1000 см^3 слишком мал для размещения достаточно емкого запоминающего устройства. Так, согласно результатам [64] голографический механизм с длиной волны примерно 1μ может обеспечить запоминание 10^{12} бит/см^3 . Это гораздо меньше приведенной выше оценки $3 \cdot 10^{17} \text{ бит/см}^3$. Увеличение плотности информации в голографической памяти может быть достигнуто за счет уменьшения длины волны. Однако на этом пути на уровне материальных форм возникают проблемы установления связей между сенсорными структурами.

Для организма информационно-процессорная активность вне мозга может выполнять функцию источника информации. Внутреннее состояние мозга не является некоей *tabula rasa*; некоторые способности мозга не могут быть им приобретены в процессе его развития. Конкретный пример этой ситуации представляет эффект фантомной конечности, которая воспринимается мозгом, без сенсорного стимула на входе [65]. И все же, для того чтобы принять столь радикальный сдвиг парадигмы во взглядах на функционирование мозга, необходимо, хотя бы в принципе, ответить на вопрос о том, как эта конструкция может одновременно служить огромному количеству пользователей, таких как множество человеческих мозгов. Заметим, что число пользователей может быть фактически даже большим, чем число мозгов, потому что разные части мозга могут иметь независимый доступ к внешнему голографическому механизму. Это обстоятельство могло бы объяснить интеграцию различных сенсорных сигналов, аналогичную той, которая имеет место при перекрытии визуальных образов от разных глаз или комбинации стимулов, получаемых от разных входов. Дело в том, что нейронные связи просто не имеют достаточной полосы пропускания для такого рода процессов обработки информации. Кроме того, есть основания полагать, что и высшие животные также должны использовать тот же самый голографический механизм. Предположительно, способность доступа к этому внешнему голографическому механизму и определяет различия между одушевленными и неодушевленными объектами природы.

Организация многопользовательской среды с голографическим механизмом может основываться на сравнительно недавно введенном в обиход принципе множественного доступа с делением кода [66]. Множественность доступа в данном случае организуется путем приписывания каждому пользователю своего уникального кода. Пользователи, передавая свои сообщения, модулированные этим кодом, могут получать асинхронный и с минимальной интерференцией доступ к общей голографической среде. Каждый мозг тогда должен иметь свой уникальный код доступа, аналогично тому как каждый индивид имеет свою уникальную иммунологическую реакцию или же свой неповторимый рисунок на коже пальцев. Уникальный код доступа может быть важнейшей составной частью биологической уникальности индивида.

Основная функция нейронного аппарата мозга состоит в таком случае в том, чтобы модулировать и демодулировать сообщения внешней голографической среды, используя для этого свой особый код доступа. Неизбежные неидеальности в реализации таких уникальных кодов могут в свою очередь привести к столь же неизбежным кросскорреляциям в содержаниях настоящих или прошлых пользователей. Будучи редкими и субъективными, эти кросскорреляции проникают на уровень материального мозга в виде отдельных случайных феноменов экстрасенсорного восприятия и тому подобных необычных явлений.

Операции модуляции и демодуляции с целью доступа к информации в заломинирующем устройстве могут выполняться нейронной вычислительной сетью. Речь идет о сенсорных операциях «вход — выход». Эти операции используют медленные электрохимические процессы, а потому требуют для своего выполнения весьма ощутимых отрезков времени в доли секунды. Высший уровень познавательной деятельности мозга обусловлен информационно-процессорными возможностями внешнего голографического механизма памяти, к которой он имеет доступ.

6.6. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Экс-чемпион мира по шахматам Михаил Таль однажды сказал, что выиграть в шахматы очень просто: для этого надо играть сильнее, чем ваш противник. Перефразируя эту мысль, можно сказать, что естественный интеллект сильнее, чем искусственный, просто потому, что он использует гораздо более мощные компьютерные ресурсы. Как весьма выразительно и кратко сказано в [67], «два человеческих глаза выполняют больший объем обработки зрительной информации, чем все имеющиеся в мире суперкомпьютеры». Однако все, что нейронная система человеческого мозга может предложить для решения проблемы видения, — это сотня или около того циклов в секунду. Независимо от того, как конкретно эти операции могут быть

выполнены — например посредством параллельных вычислительных процессов, — нейронный механизм сам по себе просто не в состоянии реализовать уникальные познавательные способности мозга. Всякое конструктивное их объяснение должно исходить из признания существования очень быстрых вычислительных механизмов.

Для того чтобы обнаружить этот еще неизвестный механизм сверхскоростной обработки информации в самой природе, необходимо более глубокое проникновение в сущность физических явлений за пределами того описания физической реальности, которое предлагает нам современная физика.

Новая парадигма представляет нам мозг как устройство, которое обеспечивает сенсорные средства «вход — выход», в то время как его главный познавательный информационный процессор выполняет свои функции вне его, в голографической многопользовательской среде. Механизм такой организации функционирования мозга обусловлен исходной клеточно-автоматной моделью фундаментальных физических и психических явлений. В случае последних весьма важно еще раз подчеркнуть, что клеточно-автоматная модель проливает свет и на такие весьма тонкие аспекты реальности, как действие на расстоянии посредством очень быстрого волноподобного распространения диффузионной активности. Одна из трудностей в приращении новой парадигмы с нашей интуицией состоит в принятии идеи делимости времени. С точки зрения человеческого восприятия гораздо легче принять делимость на мельчайшие части материальных объектов и пространственных отрезков, чем идею деления временного интервала, поскольку смысл последней должен быть связан с некоторым видом функциональности. Время в материальном мире есть то, что показывается часами — определенным физическим периодическим процессом. Длительность физических процессов связана с «тиканием» цифровых счетчиков, клеточных автоматов. Замедление времени в движущихся системах, т. е. в перемещающихся клеточно-автоматных формах, есть объективный феномен, происхождение которого обусловлено расширением путей перехода, увеличивающих число клеточно-автоматных «тиканий», необходимых для выполнения того же самого физического процесса. Вычислительные операции в мозгу разворачиваются в контексте дискретных клеточно-автоматных «тиков», а не физических часовых циклов времени, воспринимаемого как непрерывная сущность на уровне материальных форм.

В этой работе предлагается гипотеза, согласно которой очень быстро распространяющаяся клеточно-автоматная гетивная диффузионного типа и представляет собой тот искомый волновой механизм, с помощью которого голографическая модель активности головного мозга реально обретает свой высокий объяснительный потенциал. Вышеуказанная диффузионная активность не влияет на световой предел распространения ма-

тевильных форм, а потому проявляется в физическом мире как действие на расстоянии. Временные характеристики процессов действия на расстоянии, «скорость мысли», могут быть оценены исходя из следующих соображений. Из инфляционного сценария Большого взрыва следует, что центрально-симметричный диффузионный процесс может распространяться через всю наблюдаемую Вселенную за время 10^{-30} с. Следовательно, человеческий мозг, в основе работы которого лежит такого рода процесс, должен был бы рассматриваться как компьютер, способный выполнять около 10^{30} операций в секунду обращения к памяти по содержанию. Однако, видимо, это не совсем так, поскольку материальные структуры не могут реально контролировать столь быстрый процесс. Как известно, производительность можно повысить либо за счет скорости, либо большей памяти. В данном случае, вероятнее всего, имеет место второе. Это еще один аргумент в пользу предложенной модели.

Такая колоссальная вычислительная мощность может быть достаточной для объяснения всех свойств мозга, включая и те, которые связаны с самыми высшими его функциями, подобно эмоциям, сознанию, а также способности мыслить, что бы это ни означало. Новая парадигма дает также «инженерные» основания для разработки философских проблем, касающихся трансцендентальных информационных феноменов. Наконец, нельзя не упомянуть также, хотя бы кратко, еще об одном, прикладном, аспекте новой парадигмы. Нет, в данном случае имеются в виду вовсе не телепатия и/или ясновидение. Речь идет о весьма актуальной и жизненно важной проблеме экологического характера, проблеме так называемого «электронного смога». Суть ее состоит, коротко говоря, в следующем. В конце 70-х годов американскими исследователями было замечено явление повышенной заболеваемости раком (лейкемия и злокачественные опухоли мозга) у людей, проживавших поблизости от линий высоковольтных электропередач. Статистическая корреляция была зафиксирована достаточно надежно. Однако ее объяснение столкнулось с большими трудностями. Дело в том, что электромагнитные силы от линий электропередач, как и от многих других источников тока промышленной частоты, в миллионы раз слабее, чем те, которые необходимы для того, чтобы вызвать заметное повреждение клетки организма. Этим обстоятельством в принципе можно объяснить неудачность всех предпринятых до сих пор попыток объяснить вредное биологическое воздействие низкочастотных электромагнитных полей. Более того, некоторые специалисты в настоящее время высказывают мнение, согласно которому объяснение этого воздействия найдется за пределами обычной физики [68].

Так это или нет — покажет будущее. Но нам все же хотелось бы здесь в заключение обратить внимание на ту эвристически ценную возможность альтернативного — не энергетически-силового, а информационного — подхода к проблеме элек-

тройственного загрязнения окружающей среды, которая содержится в предложенной нами кинематографической модели реальности, объединяющей в себе как ее физические, так и информационные аспекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Wolfram S. Cellular automata as models of complexity//Nature. 4 October 1984. V.311. P. 419—424.
2. Toffoli T. Cellular automata as an alternative to (rather than approximation of) differential equation in modelling physics//Physica 10D. 1984. P. 117—127.
3. Margolis N. Physics-like models of computation//Physica 10 D. 1984. P. 81—95.
4. Реббин К. Решеточная теория удержания кварков//В мире науки. 1983. № 4. С. 36—48.
5. Poundstone W. The recursive universe. N. Y., 1985.
6. Feynman R. P. Simulating physics with computers//International J. of Theoretical Physics. 1982. V. 21, N. 6/7. P. 466—488.
7. Minsky M. Cellular vacuum//International J. of Theoretical Physics. 1982. V. 21, N 6/7. P. 537—551.
8. Vichniac G. Y. Simulating physics with cellular automata//Physica. 10 D. 1984. P. 96—116.
9. Kadanoff L. R. On two Levels//Physics Today. 1986. September. P. 7—9.
10. Эйнштейн А. Эфир и теория относительности//Собр. науч. трудов. М., 1965. Т. 1. С. 682.
11. Datzoff A. L'ether et la relativite restreinte//Comptes Rendes. 1957. V. 245. P. 827—829.
12. Belinfante F. J. A Survey of hidden-variable theories. Pergamon Press. 1973.
13. Goldberg S. In defense of ether: the British response to Einstein's Special Theory of Relativity, 1905—1911//Historical Studies in the Physical Sciences. Second Annual Volume University of Pennsylvania, Philadelphia. 1970.
14. Studies in the History of Ether Theories//Collection of papers. Cambridge Univ. Press, 1981.
15. Lord Kelvin. Baltimore lectures on molecular dynamics and the wave theory of light. John Hopkins Univ. Baltimore, 1904.
16. Berkovich S. Y. Quantum mechanics as information processing in a network of phase-interlocked coupled oscillators//Institute for Information Science and Technology, Department of EL and CS, George Washington Univ. Report GWU—HST 84—28. 1984.
См. также:
Berkovich S. Y. Spacetime and matter in cellular automaton framework//Nuclear Physics B (Proc. Suppl). 1989. V. 6. P. 452—454.
Berkovich S. Y. Cellular automaton modeling of the phenomena of fundamental physics//Proceedings of the 19th Annual Pittsburgh Conference on Modeling and Simulation. 1989. V. 19, part 2. P. 895—906.
Berkovich S. Y. A Possible explanation of quantum mechanics behavior by a classical cellular automaton construction//M. Kafatos (editor). Bell's theorem, quantum theory, and conceptions of the universe. Kluwer Academic Publishers. 1989. P. 163—165.
17. Lindsey W. C., Ghazvinian F., Hagmann W. C., Dessouky K. Network Synchronization//Proceedings of the IEEE. 1985. October. V. 73. N 10.

18. Holt A. W. and Myers J. M. An approach to the analysis of clock networks//NASA Contractor Report Langley Research Center. Hampton, Virginia, 1982.
19. Курант Р., Гильберт Д. Методы математической физики. Т. 2. М., 1951.
20. Davis P. Accidental universe. Cambridge Univ. Press, 1983.
21. Poincaré A. Pourquoi l'espace a trois dimensions. Dernières Pensees. Flammarion, Paris, 1913.
22. Беркович С. Я. О размерности информационных структур в пространстве восприятия//Биофизика. 1976. Т. 21, № 6. С. 1109—1112.
23. Gardner M. The Ambidextrous universe. N. Y., 1964.
24. Джеммер М. Концепции массы в классической и современной физике. М., 1967.
25. Waldrop M. M. Dark matter, structure, and strings//Science. 1986. 26 September. V. 255, N 4771. P. 1386—1388.
26. Грин М. Б. Суперструны//В мире науки. 1986. № 11.
27. Tassie L. J. Cosmic strings, superstrings and the evolution of the Universe//Nature, 4 September, 1986. V. 323. P. 40—42.
28. Гут А., Стейнхардт Г. Инфляционная Вселенная//В мире науки. 1984. № 6.
29. Wheeler J. A., Zurek (editors). Quantum theory and measurement. Collection of papers. Princeton Univ. Press, 1983.
30. Tarozzi G., Alwyn van der Merwe (editors). Open questions in quantum physics. Dordrecht, 1985.
31. Bell J. S. On the Einstein—Podolsky—Rosen paradox//Physics. 1964. V. 1, N. 3. P. 195—200.
32. Clauser J. F., Shimony A. Bell's theorem: experimental test and implication//Rep. Prog. Phys. 1978. V. 41. P. 1881—1927.
33. Mermin N. D. Is the moon there when nobody looks? Reality and the quantum theory//Physics Today. April, 1985.
34. Aspect A., Dalibard J., Roger G. Experimental test of Bell's inequalities using time varying analyzers//Phys. Rev. Letters. 1982. V. 49, N 25.
35. Фейнман Р., Лейтон М., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике. Т. 9. М., 1968—1969.
36. Фейнман Р., Хиббс А. Квантовая механика и интегралы по траекториям. М., 1968.
37. Рязанов Г. В. Квантовомеханические вероятности как суммы по траекториям//ЖЭТФ. 1959. Т. 35 (8), № 1.
38. Ганмахер Ф. Р. Теория матриц. М., 1953.
39. Jaпossy L. Physical aspects of the wave-particle problem/Acta Physica. 1952. V. 1. P. 423.
40. Barlow R. E. and Proschan F. Mathematical theory reliability. N. Y., 1964.
41. Weinberg S.//Rev. Mod. Phys. 1989. V. 61. P. 1—23.
42. Pageles H. R. The Dreams of reason. The Computer and the rise of the sciences of complexity. N. Y., 1988.
43. Joseph D. D., Luigi Preziosi. Heat waves/Rev. Mod. Phys. 1969. V. 61. P. 41—73.
44. Rosen J. A Symmetry primer for scientists. N. Y., 1983. P. 167.
45. Вигнер Е. Этюды о симметрии. М., 1972.
46. Cronin J. W. CP symmetry violation—the search for its origin//Rev. Mod. Phys. 1981. V. 53, N. 3. P. 373—383.
47. Penrose R. The emperor's new mind. Concerning computers, minds and the laws of physics. N. Y., 1990.
48. Jech T. J. The axiom of choice. London, 1973.
49. Поппер К. Логика и рост научного знания. М., 1983.
50. Hunter L. R. Tests of time-reversal invariance in atoms, molecules and the neutron//Science. 5 April 1991. V. 252. P. 73—79.
51. Kashlinsky A., Jones B. J. T. Large-scale structure in the universe Nature. 28 February 1991. V. 349. P. 753—760.

72. Neuman John von. The computer and the brain. Univ. press. London. 1979.
53. Bailey D. H. Twelve ways to fool the masses when giving performance results on parallel computers. *Supercomputing Review*, V. 4, N. 54—55.
54. Pietsch P. Shufflebrain. The Quest for the Holographic mind. Boston. 1981.
55. Barrow J. D. and Tipler F. J. The antropic cosmological principle. Oxford univ. press. 1986.
56. Прибрам К. Язык мозга. М., 1972.
57. Курант Р. Современная математика для инженеров. М., 1958.
58. Мостепаненко А. М., Мостепаненко М. В. Четырехмерность пространства и времени. М.; Л., 1966.
59. Винер Н., Розенблют А. Кибернетический сборник. № 3. М., 1961.
60. Фомин С. В., Беркенблит М. Б. Математические проблемы в биологии. М., 1973.
61. Nobili R. Ionic waves in animal tissues//*Phys. Rev. A*. 1987. V. 35, N 4.
62. Edington A. The mathematical theory of relativity. Cambridge, 1960. P. 130.
63. Kafatos M. and Nadeau R. The Conscious universe. N. Y., 1990.
64. Heerden P. J. van. Theory of optical information storage in solids// *Applied optics*. 1963. V. 2, N 4.
65. Мелзак Р. Фантомные конечности//*В мире науки*. 1992. № 6.
66. Salehi J. A., Pack E. G. Holographic CDMA, Bell communication research, submitted for publication.
67. Gilder G. Hillis versus the law of the microcosm//*Upside magazine*. January 1992. P. 24—42.
68. Ezzell K. Power-Line Static. Debates rage over the possible hazards of electromagnetic fields//*Science News*. 28 September 1991. V. 140. P. 201—203.
69. Berkovich E., Berkovich S. Logical infeasibility of relative motion constructs//Preprint. The George Washington University, report GWU-IIST-92-29 October 1992.
70. Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел//*Собр. науч. трудов* М., 1965. Т. 1. С. 8.

БЕРКОВИЧ Семен Яковлевич

Клеточные автоматы как модель реальности:

**ПОИСКИ НОВЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ФИЗИЧЕСКИХ
И ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Зав. редакцией

Л. А. Николова

Редактор

Р. А. Бунатян

Художественный редактор

Ю. М. Добрянская

Технические редакторы

Т. А. Корнеева

Г. Д. Колоскова

Корректоры

Л. А. Айдиербелова

Л. С. Ключкова

ИБ № 6247

Сдано в набор 16.02.93. Подписано в печать 25.03.93.
Формат 60×90/16. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная.
Высокая печать. Усл. печ. л. 7,0. Уч.-изд. л. 7,0. Тираж 1000 экз.
Заказ № 424 Изд. № 2847.

Ордена «Знак Почета» издательство Московского университета
Московская типография № 8 РППО «Розбланкиздат»
107078, Москва, Каланчевский туп., 35