

СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ I ЧАСЫ МОЗГА

1:00	Разновидности времени.....	11
2:00	Лучшая на свете машина времени.....	27
3:00	День и ночь.....	45
4:00	Шестое чувство.....	69
5:00	Временные образы.....	92
6:00	Время, динамика активности нейронов и хаос.....	115

ЧАСТЬ II ФИЗИЧЕСКАЯ И МЕНТАЛЬНАЯ ПРИРОДА ВРЕМЕНИ

7:00	Засаекаем время.....	143
8:00	Что же это за штука — время?.....	162
9:00	Опространствливание времени в физике.....	176
10:00	Опространствливание времени в нейробиологии.....	199
11:00	Мысленные путешествия во времени.....	217
12:00	Сознание: Связь прошлого и будущего.....	240
	Благодарности.....	262
	Комментарии.....	264
	Литература.....	289

Посвящается Ане

ЧАСТЬ I

ЧАСЫ МОЗГА

РАЗНОВИДНОСТИ ВРЕМЕНИ

Единственное, что у нас действительно есть, это время;
оно есть даже у тех, у кого больше ничего нет.

БАЛЬТАСАР ГРАСИАН*

время
человек
год
путь
день

Что общего в этих словах?

Возможно, вы узнали в них пять наиболее часто употребляемых слов английского языка¹. Но обратите внимание, что в начале списка стоит слово «время», а потом еще два слова, обозначающих единицы времени. Это говорит о том, что понятие времени играет в нашей жизни чрезвычайно важную роль. Мы говорим о времени не только тогда, когда хотим узнать, который сейчас

* Бальтасар Грасиан — испанский писатель и философ XVII в. —
Прим. ред.

час. Мы постоянно говорим о том, как бы *экономить время, убить время, использовать время, сохранить время...* Мы говорим о *потерях времени, о времени ложиться спать, об оттягивании времени, о хороших временах, о путешествиях во времени, о дополнительном времени, свободном времени* и, конечно, о моем любимом *обеденном времени*.

А ученые и философы толкуют о *субъективном времени, объективном времени, собственном времени, координированном времени, звездном времени, эмерджентном времени, о восприятии времени, о времени кодирования, об относительности времени, о клетках времени, о растяжимости времени, о времени реакции, о модели пространства и времени* и даже о *синхронизации времени*.

При этом забавно, что хотя слово «время» относится к числу наиболее часто употребляемых слов, общепринятого определения этого понятия не существует. Известно, что уже 1600 лет назад христианский философ Блаженный Августин подметил сложность определения времени: «Что такое время? Если меня об этом не спрашивают, я знаю, что это такое. Но если я попытаюсь ответить на этот вопрос, у меня нет ответа».

На свете не так много вопросов, которые обладают такой глубиной и сложностью, как вопрос о сути времени. Философы размышляют над тем, что такое время, и над тем, является ли эта категория характеристикой одного конкретного момента или целого измерения. Физиков волнует, что у времени есть только одно направление, их интересует возможность перемещений во времени, а некоторые и вовсе сомневаются в существовании времени. Нейробиологи и психологи пытаются понять, что значит «чувствовать» ход времени, как мозг определяет время, и почему люди обладают уникальной способностью предвидеть развитие ситуации во времени. Кроме того, понятие времени занимает важнейшее место в концепции свободы воли: свободен ли наш путь в будущее или предопределен прошлым?

Цель данной книги – проанализировать эти вопросы и по возможности найти на них ответы. Но приступая к решению этой задачи, необходимо признать, что возможность ответить на вопросы относительно времени определяется природой того органа, который ставит перед нами эти вопросы. Хотя заключенная

в черепную коробку желеобразная масса, состоящая из 100 млрд клеток, представляет собой самое сложное устройство во всей вселенной, это устройство не было «спроектировано» для понимания природы времени — как ваш компьютер не был спроектирован для создания собственного программного обеспечения. Таким образом, по мере изучения проблемы времени мы постоянно будем осознавать, что наши представления и теории о времени отражают особенности строения и ограниченность возможностей нашего мозга.

ОТКРЫТИЕ ВРЕМЕНИ

Время — понятие сложное, сложнее понятия *пространства*.

Это верно, что у пространства больше измерений: для определения положения какой-либо точки в пространстве требуется указать три координаты (например, широту, долготу и высоту), тогда как любой момент времени задается лишь одним числом. Поэтому в каком-то смысле *пространство* сложнее, но я имею в виду, что человеческому мозгу понять смысл *времени* намного труднее, чем смысл *пространства*.

Рассмотрим в качестве примера позвоночных животных, поскольку устройство нервной системы человека во многом аналогично устройству нервной системы всех позвоночных. Позвоночные животные способны ориентироваться в пространстве, создавать собственные внутренние карты окружающего мира и в каком-то смысле «понимать» концепцию пространства. Животные перемещаются на дальние расстояния с совершенно четкой целью достичь определенного места; они помнят, где спрятали еду; и даже детеныши домашних животных знают, что если за диван упало что-то вкусное, диван можно обойти слева, справа, сверху или снизу. Нам известно, что в мозге млекопитающих существует чрезвычайно сложная карта окружающего пространства; об этом нам рассказали находящиеся в гиппокампе так называемые *клетки места*, о существовании которых ученые знают уже более 40 лет. Клетки места — это нейроны, которые возбуждаются, когда животное оказывается в определенном

месте — в конкретной точке пространства. Все вместе эти клетки формируют в головном мозге сеть, отражающую структуру окружающего пространства — как система GPS, только гораздо более гибкая. Например, наши внутренние карты, по-видимому, постоянно обновляются по мере изменения границ помещений или перестановки предметов.

Но животные не только перемещаются в пространстве, но и «видят» его². Стоя на вершине горы, мы видим небо над головой, лес под ногами и ленту реки, впадающей в океан, — все на своих местах в пространстве. Мы можем также «слышать» пространство — то есть локализовать участок пространства, из которого доносится звук. Осязательная способность (соматосенсорная функция) позволяет получать информацию не только о положении и форме предметов, но и о положении важнейших измерительных инструментов — наших собственных конечностей.

Со временем все обстоит иначе. Животные не могут физически перемещаться во времени. На дороге времени нет перекрестков, разветвлений, съездов или поворотов. Возможно, именно по этой причине нет заметного эволюционного давления, которое заставило бы животных создавать карту времени и ориентироваться в нем с такой же легкостью, как в пространстве. Далее мы поговорим о том, что животные умеют определять время и предвидеть различные события, но у нас нет оснований утверждать, что наши братья позвоночные понимают разницу между прошлым, настоящим и будущим в такой же степени, как они понимают разницу между движением вверх, вниз, влево или вправо. Наши органы чувств напрямую не регистрируют течение времени³. В отличие от трафальмадорцев из фантастического романа Курта Воннегута «Бойня номер пять», мы не можем видеть сквозь время, одним взглядом охватывая прошлое, настоящее и будущее.

Мозг всех животных, включая человека, лучше оснащен для того, чтобы перемещаться, ориентироваться и разбираться в пространстве, чем во времени. Одна из теорий, объясняющих осознание человеком понятия времени, утверждает, что для восприятия времени мозг использует те же сети нейронов,

с помощью которых он воспринимает и оценивает пространство (глава 10). Как мы увидим далее, возможно, именно по этой причине в культуре многих народов для обсуждения времени используются пространственные метафоры (был *длинный* день; мы с надеждой смотрим *вперед*; *задним* числом я понимаю, что лучше было промолчать).

Для ученых концепция времени тоже сложнее концепции пространства. Различные сферы науки, как и люди, проходят через несколько стадий развития: они созревают и меняются по мере роста. И одним из признаков взросления многих областей науки является постепенное обращение к изучению вопроса времени.

Первой истинной наукой, безусловно, была геометрия. Отправной точкой для ее развития стали работы Евклида в III в. до н.э. Геометрию часто называют «разделом математики, изучающим свойства точек, линий, поверхностей и твердых тел и связей между ними»⁴. Евклидова геометрия замечательна не только тем, что является одной из наиболее изящных и трансформируемых теорий в истории науки, но и тем, что этот высокий статус она получила при полном отсутствии внимания к вопросу времени. Геометрию следовало бы называть «пространствометрией» — изучением вещей, которые «заморожены» во времени и никогда не меняются. Именно по этой причине геометрия была одной из первых истинно научных дисциплин — все оказывается гораздо проще, если можно игнорировать фактор времени.

Математический аппарат греческих ученых и философов не был приспособлен для изучения временных изменений. Более того, в античный период люди гораздо лучше умели измерять расстояние, чем время. Сегодня ситуация изменилась, и мы измеряем время с гораздо большей точностью, чем расстояние (глава 7). Только через почти 2000 лет после Евклида математика и физика стали по-настоящему оперировать понятием времени. Важный шаг в этом направлении был сделан в конце XVI в., когда скучавший в пизанском соборе Галилео Галилей заметил, что люстра под потолком совершает полное колебание за одно и то же время вне зависимости от амплитуды колебания (позднее выяснилось, что период колебаний все же слегка увеличивается

с увеличением амплитуды)⁵. Возможно, это вымышленная история, однако, изучая изменения положения предметов во времени, Галилей способствовал рождению динамики. Но, как и греки, Галилей не имел возможности математическим образом описать связь между силами, скоростью и ускорением. Математический аппарат для описания временных изменений — *методы исчисления*⁶ — позднее создали Ньютон и Лейбниц. Используя эти методы, Ньютон смог сформулировать законы, управляющие падением яблока и вращением планет.

Ньютон верил в абсолютное время, которое «по самой своей сущности протекает само по себе, без всякого отношения к чему-либо внешнему». Он считал, что время универсально для всех точек пространства. Вселенная Ньютона была детерминированной: состояние такой системы в любой момент времени, как в прошлом, так и в будущем, теоретически можно установить, исходя из настоящего. Но история науки на этом не остановилась. Для нас наиболее важно отметить два момента. Во-первых, ученые постепенно начали приходить к (печальному для некоторых) заключению, что даже если вселенная подчиняется прекрасным законам Ньютона, *на практике* не представляется возможным предсказать будущее (или изменить прошлое). Работы многих ученых, включая французского математика Анри Пуанкаре и американского метеоролога Эдварда Лоренца, показали, что минимальные различия в состоянии системы в настоящий момент могут приводить к абсолютно разным результатам в будущем (самый известный пример — *эффект бабочки* в предсказаниях погоды). Такая ситуация называется *хаосом*, и мы увидим, что именно эта ситуация наблюдается, когда речь заходит об изучении самой сложной известной динамической системы — человеческого мозга (глава 6). Вторым важным шагом было устранение Альбертом Эйнштейном ньютоновского понятия абсолютного времени. Эйнштейн показал, что вопреки человеческой интуиции время — параметр относительный (глава 9). Мы поговорим об этом подробнее, сейчас лишь замечу, что по мере взросления физики проблема времени постепенно стала всеобъемлющей и основополагающей (возможно, с некоторыми исключениями).

Забавно, что периодически происходят попытки полностью вытеснить параметр времени из физики⁷ и вернуться к геометрически статичной вселенной, которую физик Джулиан Барбур называет *Платонией*: намек на идею Платона о том, что геометрические формы являются реальными сущностями, находящимися в безвременном пространстве.

ВРЕМЯ И НЕЙРОБИОЛОГИЯ

Многие другие области науки тоже проходят через аналогичные стадии созревания. Например, современная биология зародилась в XVIII в., как описательная и статичная классификация живых организмов, но постепенно, по мере взросления, биология включила в себя концепцию времени в форме динамических и эволюционных представлений. Здесь роль Галилея сыграл Дарвин: он увидел, что все виды организмов на Земле находятся в постоянном «движении» — мутируют, исчезают и эволюционируют.

Нейробиология и психология тоже эволюционировали и постепенно включили в себя проблему времени. Можно все что угодно говорить о псевдонауке френологии, но специалисты в этой области признают важность восприятия времени. Они связывают нашу способность чувствовать время с участками лобных долей, находящимися между зонами, ответственными за *модуляцию* и *локализацию* (рис. 1.1). В одном трактате по френологии говорится, что «функция этой способности заключается в регистрации течения времени, длительности и очередности событий и т. д. Она также позволяет запоминать даты, поддерживать такт в музыке и танце, а также способствует пунктуальности и выполнению принятых на себя обязанностей»⁸.

Один из создателей современной психологии, Уильям Джеймс, также признавал важность концепции времени для понимания функционирования мозга. Восприятию времени он посвятил целую главу своего знаменитого трактата «Принципы психологии», опубликованного в 1890 г. Как ни странно, после него этот вопрос затрагивался лишь в нескольких важных книгах по психологии или нейробиологии⁹. В целом на протяжении большей

понимания того, как мозг воспринимает время. Но в целом на проблему времени редко обращали внимание. Возьмите, к примеру, библию современной нейробиологии — учебник «Основы нейробиологии» — и попытайтесь в предметно-именном указателе найти наиболее часто встречающееся слово английского языка. Его там нет. Но если вы попытаетесь найти слово «пространство», вы встретите его многократно в самом разном контексте¹⁰.

Психология и нейробиология — новые научные направления, так что они только начинают в полной мере оценивать роль временного и динамического фактора. Психолог Ричард Иври из Калифорнийского университета в Беркли писал в 2008 г.: «Еще поколение назад исследования восприятия времени были ограниченными и включали в себя лишь поведенческие реакции с явными временными закономерностями. Но недавно интерес к изучению восприятия времени появился вновь, и исследователи начали заниматься широким спектром явлений, протекающих во времени»¹¹.

В качестве примера, отражающего этот сдвиг, рассмотрим отношение к одному из важнейших вопросов психологии и нейробиологии: *как мозг хранит воспоминания?* Поскольку воспоминания касаются опыта из прошлого, память в обязательном порядке связана со временем. Но при этом проблему памяти редко рассматривали во временном контексте. Только в XXI в. ученые начали полностью отдавать себе отчет в том, что «информация о прошлом имеет смысл только в том случае, если позволяет предвидеть, что произойдет в будущем»¹². Механизм памяти эволюционировал не для того, чтобы мы могли предаваться воспоминаниям. Единственная эволюционная функция памяти заключается в том, что она позволяет животным предсказывать, что и когда может произойти, и как следует реагировать, если что-то произойдет. Благодаря таким концептуальным сдвигам и множеству методологических достижений, нейробиология и психология гораздо больше внимания начали уделять вопросу времени. Более того, мы начинаем осознавать, что без понимания механизмов восприятия и отсчета времени в мозге мы не сможем понять, как функционирует человеческий мозг.