

Integrating information in the brain's EM field

Integrating information in the brain's EM field: the
semi field theory of consciousness
Johnjoe McFadden

Интеграция информации в электромагнитном поле мозга:
СЭМИ-теория сознания
Джонджо Макфадден

Faculty of Health and Medical Sciences, University of Surrey, Guildford, Surrey GU2 5XH,
UK

*Correspondence address. Faculty of Health and Medical Sciences, University of Surrey,
Guildford, Surrey GU2 5XH, UK. Tel: +44 1483 686494, E-mail:
j.mcfadden@surrey.ac.uk

†

Johnjoe McFadden, <https://orcid.org/0000-0003-2145-0046>

Факультет здравоохранения и медицинских наук, Университет Суррея, Гилфорд,
Суррей GU2 5XH, Великобритания

*Адрес для почтовых отправок. Факультет здравоохранения и медицинских наук,
Университет Суррея, Гилфорд, Суррей GU2 5XH, Великобритания. Тел: +44 1483
686494, E-mail:

j.mcfadden@surrey.ac.uk

†

Джонджо Макфадден, <https://orcid.org/0000-0003-2145-0046>

Neuroscience of Consciousness, 2020, 6(1): niaa016

doi: 10.1093/nc/niaa016

Research article

Abstract

A key aspect of consciousness is that it represents bound or integrated information, prompting an increasing conviction that the physical substrate of consciousness must be capable of encoding integrated information in the brain. However, as Ralph Landauer insisted, 'information is physical' so integrated information must be physically integrated.

Резюме

Ключевым аспектом сознания является то, что оно представляет собой связанную или интегрированную информацию, вызывающую растущее убеждение, что физический субстрат сознания должен быть способен кодировать интегрированную информацию в мозгу.

Однако, как настаивал Ральф Ландауэр, «информация является физической», поэтому интегрированная информация должна быть физически интегрирована.

I argue here that

nearly all examples of so-called 'integrated information', including neuronal information processing and conventional computing, are only temporally integrated in the sense that outputs are correlated with multiple inputs: the information integration is implemented in time, rather than space, and thereby cannot correspond to physically integrated information.

I

point out that only energy fields are capable of integrating information in space.

Я утверждаю здесь, что почти все примеры так называемой «интегрированной информации», включая обработку нейронной информации и обычные вычисления, интегрируются только во времени в том смысле, что выходные данные коррелируют с несколькими входными данными: интеграция информации осуществляется во времени, а не в пространстве, и поэтому не может соответствовать физически интегрированной информации.

Я утверждаю, что только энергетические поля способны интегрировать информацию в пространстве.

I describe the conscious electromagnetic

information (cemi) field theory which has proposed that consciousness is physically integrated, and causally active, information encoded in the brain's global electromagnetic (EM) field.

I here extend the theory to argue that consciousness implements algorithms in space, rather than time, within the brain's EM field. I describe how the cemi field theory accounts for most observed features of consciousness and describe recent experimental support for the theory.

Я описываю теорию сознательного электромагнитного информационного (СЕМІ) поля, предполагающую, что сознание представляет собой физически интегрированную и причинно-активную информацию, закодированную в глобальном электромагнитном (ЭМ) поле мозга.

Здесь я расширяю теорию, чтобы доказать, что сознание реализует алгоритмы в пространстве, а не во времени, в электромагнитном поле мозга.

Я описываю, как теория СЕМІ поля объясняет наиболее наблюдаемые особенности сознания, и описываю недавние экспериментальные подтверждения теории.

I also describe several

untested predictions of the theory and discuss its implications for the design of artificial consciousness. The cemi field theory proposes a scientific dualism that is rooted in the difference between matter and energy, rather than matter and spirit.

Я также описываю некоторые непроверенные предсказания теории и обсуждаю её последствия для дизайна искусственного сознания. Теория поля СЕМІ предлагает научный дуализм, который коренится в различии между материей и энергией, а не материей и духом.

Introduction

'Love is a smoke made with the fume of sighs'
William Shakespeare, Romeo and Juliet

'What's the best way to fix a bicycle that has a rope caught in its spokes?'
Gary Marcus 'Deep Learning: A Critical Appraisal' (Marcus 2018)

Введение

«Любовь — это дым, сделанный из перегара вздохов»
Уильям Шекспир, Ромео и Джульетта

«Как лучше всего починить велосипед, зацепившийся за веревку своими спицами?»
Гэри Маркус «Глубокое обучение: критическая оценка» (Маркус, 2018 г.)

The 'binding problem' is that of understanding 'our capacity to integrate information across time, space, attributes, and ideas' (Treisman 1999) within a conscious mind. The problem is often posed in terms of understanding how the disparate components of a visual scene —colours, textures, lines, motion, etc.— that are processed in distinct regions of the brain are yet brought together to form a unified conscious percept. However, binding is a general feature of consciousness in all its modes.

«Проблема связывания» заключается в понимании «нашей способности интегрировать информацию во времени, пространстве, атрибутах и идеях» (Treisman 1999) в сознательном уме. Проблема часто ставится с точки зрения понимания того, как разрозненные компоненты визуальной сцены — цвета, текстуры, линии, движение и т. д. — которые обрабатываются в отдельных областях мозга, все же объединены вместе, чтобы сформировать единое сознательное восприятие. Однако связывание является общей чертой сознания во всех его режимах.

The first text quotation above contains four discordant nouns, one denoting an emotion, the second a dark vapour, the third a noxious smell and the fourth, an utterance. Yet, Shakespeare's genius bound each word into a single line of poetry that effortlessly evokes, in the conscious mind of the reader or listener, a singular, integrated, yet complex insight into the most tender of human emotions.

Первая текстовая цитата выше содержит четыре неблагозвучные существительные, одно обозначающее эмоцию, второе — мрачную пар, третье - ядовитый запах и четвертое - произнесение.

Тем не менее, гений Шекспира связывал каждое слово в одну строку поэзии, которая легко пробуждает в сознании читателя или слушателя единственное, интегрированное, но сложное понимание в самые нежные человеческие чувства.

In the second quotation, artificial intelligence (AI) researcher and pioneer of Deep Learning, Gary Marcus, laments the fact that AI currently lacks this ability, as illustrated by the intractability of problems, such as untangling a rope from the wheel of a bicycle that is, nevertheless, grasped and solved by any infant on her first exposure to the task.

Во второй цитате исследователь искусственного интеллекта (ИИ) и пионер глубокого обучения, Гэри Маркус, сетует на то, что ИИ в настоящее время не хватает этой способности, о чем свидетельствует неразрешимость проблем, например, распутывание веревки с колеса велосипеда, которую, тем не менее, схватывает и решает любой младенец при первом знакомстве с задачей.

Our subjective experience is that this kind of problem, which involves planning and executing several sequential steps, is nonetheless instantly grasped and solved in its entirety, as integrated information.

Наш субъективный опыт показывает, что такого рода проблемы, которые предполагают планирование и выполнение нескольких последовательных шагов, тем не менее мгновенно схватываются и решаются целиком, как интегрированная информация.

This intuition is borne out by many studies that demonstrate that the binding provided by consciousness is indeed required to solve general intelligence problems, particularly sequential tasks that require working memory, such as memory trace conditioning (Carter et al. 2006), multi-step calculations (Dehaene and Cohen 2007), goal-directed behaviour and strategic planning (Dehaene and Naccache 2001), learning over

time (Fuster 1991), language (but not word) comprehension (Hagoort and Indefrey 2014), social intelligence and interactions (Dunbar et al. 2010; Lieberman 2012) and creativity (Kaufman et al. 2010).

Эта интуиция подтверждается многими исследованиями которые демонстрируют, что привязка, обеспечиваемая сознанием, действительно требуется для решения общих задач интеллекта, особенно последовательных задач, требующих оперативной памяти, таких как формирование следов памяти (Carter et al., 2006), многошаговые вычисления (Dehaene and Cohen, 2007), целенаправленное поведение и стратегическое планирование (Dehaene and Naccache, 2001), изучение время (Fuster 1991), понимание языка (но не слов) (Hagoort and Indefrey 2014), социальный интеллект и взаимодействие (Dunbar et al., 2010; Lieberman, 2012) и творчества (Kaufman и другие. 2010).

As has been pointed out by several researchers (Tononi and Edelman 1998; Treisman 1999; Edelman and Tononi 2008), conscious binding requires the integration of complex information in the brain. The problem is to understand how the brain achieves this integration.

Как отмечают некоторые исследователи (Тони и Эдельман, 1998; Трейсмэн, 1999; Эдельман и Тонони 2008), сознательное связывание требует интеграции комплексной информации в мозгу. Проблема в том, чтобы понять как мозг достигает этой интеграции.

Results

What do we mean by physically integrated information?

'Philosophy is a battle against the bewitchment of our intelligence by means of our language'. Wittgenstein (2009, p. 109).

Полученные результаты

Что мы подразумеваем под физически интегрированной информацией?

«Философия — это битва против чар нашего разума посредством нашего языка». Витгенштейн (2009, стр. 109).

What do we mean by 'integrated information'? To answer this question, we must first agree on a definition of information. I will here use that described by Claude Shannon and known as

'Shannon information' (Shannon 1948); which is essentially a measure of correlation between the degrees of freedom of a sender and receiver of a message, measured in bits.

Что мы подразумеваем под «интегрированной информацией»?

Чтобы ответить этот вопрос, мы должны сначала договориться об определении информации.

Здесь я буду использовать то, что описано Клодом Шенноном и известно как «Информация Шеннона» (Shannon 1948); что по сути является мерой соотношения между степенями свободы отправителя и получателя сообщения, измеряемые в битах.

Neuronal

firing rates thereby encode information about the outside world because some of its degrees of freedom are correlated with degrees of freedom of the outside world. I note that, in some theories of consciousness, causation is required in addition to correlation (Landauer 1991; Tononi et al. 1998).

Нейрональные темпы импульсации, соответственно, кодируют информацию о внешнем мире потому что некоторые из его степеней свободы коррелируют со степенями свободы внешнего мира.

Отмечу, что в некоторых теориях сознания, причинность требуется в дополнение к корреляции (Ландауэр, 1991; Тонони и др., 1998).

Next, we must agree on how to distinguish conscious from non-conscious mental activity.

I will follow the approach pioneered by Dehaene and colleagues who insisted that 'subjective reports are the key phenomena that a cognitive neuroscience of consciousness purport to study' (Dehaene and Naccache 2001).

So, bringing these two definitions together, then conscious neuronal information (the sender) is that information encoded in the brain that correlates with the information encoded in the subjective reports (the receiver) of a conscious observer.

Далее, мы должны договориться о том, как отличить сознательную от неосознанной психической деятельности. Я буду следовать подходу, предложенному Дехане и его коллегами, которые настаивали на том, что «субъективные отчеты являются ключевым феноменом, который когнитивная нейронаука сознания должна изучать» (Dehaene and Naccache 2001).

Таким образом, если объединить эти два определения, то сознательная нейронная информация (отправитель) — это та информация, которая закодирована в мозг, который коррелирует с информацией, закодированной в субъективные сообщения (приемник) сознательного наблюдателя.

However, a great deal of information, as degrees of freedom

in the brain, may be correlated with subjectively reported information, including the motion of ions through neuronal membrane, the motion of neurotransmitters within the synaptic cleft, the opening and closing of ion channels, blood flow or electromagnetic (EM) field perturbations generated by the motion of electrically charged particles.

Однако большое количество информации в виде степеней свободы в мозге, может коррелировать с субъективно сообщаемой информацией, включая движение ионов через мембрану нейрона, движение нейротрансмиттеров в синаптических щелях, открытие и закрытие ионных каналов, кровотоков или возмущения электромагнитного (ЭМ) поля, создаваемые движением электрически заряженных частиц.

Each of these neuronal microstates knows, in the Shannon sense of its state being correlated with, some aspect(s) of the visual scene or subjective reports of that scene. Which is a likely physical substrate for the integrated information that must be encoded by conscious minds?

Каждое из этих нейрональных микросостояний знает, в Шенновском понимании, что его состояние коррелирует с некоторыми аспектами визуальной сцены или субъективными сообщениями об этой сцене. Что является вероятным физическим субстратом для интегрированной информации, которая должна быть закодирована сознательным умом?

Before answering this question, it is first necessary to define what we mean by integrated information. This might appear to be an easy task as the term is widely used, so much so that there is evidenced by the United Nations Expert Group on the Integration of Statistical and Geospatial Information (<http://ggim.un.org/UNGGIM-expert-group/>), the International Society of Information Fusion (<http://isif.org/>), Information Integration Theory (Anderson 2014), data integration systems (Genesereth et al. 1997), numerous statistical and data mining methods that seek to integrate information from multiple sources (Maimon and Rokach 2005), as well as the integrated circuits of computers

Прежде чем ответить на этот вопрос, необходимо сначала определить, что мы подразумеваем под интегрированной информацией. Это может показаться легкой задачей, поскольку этот термин широко используется настолько, что об этом свидетельствует Группа экспертов ООН по Интеграции статистической и геопространственной информации (<http://ggim.un.org/UNGGIM-expert-group/>), Международное общество информационного синтеза (<http://isif.org/>), информационная интеграция теория (Anderson 2014), системы интеграции данных (Genesereth и другие. 1997), многочисленные статистические методы и методы интеллектуального анализа данных,

которые стремятся интегрировать информацию из нескольких источников (Maimon и Рокач 2005), а также интегральные схемы компьютеров.

However, as the physicist, Rolf Landauer, famously insisted, 'information is physical' (Landauer 1991) so integrated information, if it exists at all, must be encoded by a physically integrated substrate.

Однако, как известно, физик Рольф Ландауэр утверждал, что «информация физична» (Landauer 1991), поэтому интегрированная информация, если она вообще существует, должна быть закодирована физически интегрированным субстратом.

Moreover, if it is to have an output then it needs to be causally competent (Pawłowski et al. 2009): the integrated information must, as an integrated unit, change something physical. Yet, none of the above examples of integrated information are physically integrated.

Более того, если требуется, чтобы она имела выход, то она должна быть каузально компетентной (Pawłowski et al. 2009): интегрированная информация должна, как интегрированная единица, изменять что-то физическое. Тем не менее, ни один из приведенных выше примеров интегрированной информации физически не интегрирован.

Their information is causally integrated in time, rather than physically integrated in space, as I will now illustrate with a familiar problem from philosophy.

Их информация причинно интегрирована во времени, а не физически интегрирована в пространстве, как я сейчас проиллюстрирую знакомой проблемой из философии.

Ryle (2009) insisted that it is a category error to suppose that structures, such as the University of Oxford, have material existence. To make his point, he imagined a visitor to Oxford who visits the library and colleges but then asks 'But where is the University?'

The visitor's error is to assume that the university is a member of the category of material objects, rather than an institution which exists causally only in the minds of the students, staff and visitors to the university.

Райл (2009) настаивал на том, что имеется ошибка категорирования в предположении о том, что структуры, такие как Оксфордский университет, имеют материальное существование. Чтобы доказать свою точку зрения, он представил посетителя Оксфорда, который посещает библиотеку и колледжи, но затем спрашивает: «А где

Университет?»

Ошибка посетителя состоит в том, чтобы предположить, что университет относится к категории материальных объектов, а не учреждениб, которое существует каузально только в сознании студентов, сотрудников и посетителей университета.

Ryle calls this kind of mistake a 'category error'. An analogous argument can be made for integrated information.

University institutions, such as registry, finance, the libraries, exam boards, colleges or executives, integrate and process vast amounts of varied information ranging from student entry criteria, applicant qualifications, book catalogues, exam performance, timetables or salaries.

Райл называет этот вид принять «ошибку категории». Аналогичный аргумент можно привести для интегрированной информации.

Университетские учреждения, такие как регистратура, финансы, библиотеки, экзаменационные комиссии, колледжи или руководители, интегрируют и обрабатывают огромное количество разнообразной информации, начиная от критериев поступления студентов, квалификаций соискателей, каталоги книг, результаты экзаменов, расписания или зарплаты.

However, this integration, like the institution itself, is causal, rather than physical, in the sense that downstream effects, such as the posting of offers of university places, depend on a multiplicity of upstream informational causes, such as the arrival of application forms and their scrutiny by academics and administrators. The integration is via a causal chain of operations in time, rather than physical integration in space.

Однако, эта интеграция, как и сам институт, является каузальной, а не физической, в том смысле, что последующие эффекты, такие как размещение предложений университетских мест, зависят от множества восходящих информационных причин, таких как поступление форм заявок и их проверка научными сотрудниками и администраторами.

Интеграция осуществляется через причинно-следственную цепочку операций во времени, а не физическую интеграцию в пространстве.

This form of temporal integrated information is also a universal feature of computation, such as those performed by Boolean logic gates and instantiated in Turing machines, such as modern computers.

For example, the single bit output of an

AND logic gate integrates the two bits of information encoded in its two inputs (Fig. 1a) to output a single bit that represents an integration of the gate's inputs.

Эта форма интегрированной во времени информации также является универсальной особенностью вычислений, таких как те, которые выполняются посредством Булевых логических вентилях, созданных на машинах Тьюринга, таких как современные компьютеры.

Например, однобитовый вывод логического вентиля "И" объединяет два бита информации, закодированной на двух его входах (рис. 1а) для вывода одного бита, представляющего интеграции входов.

In reality, the integration is causal in the sense that the state of the output bit at time t_2 is dependent on both input bits at time t_1 . Of course, the single output bit cannot encode both input bits: it is not physically integrated information. Note also that, once a signal has been transmitted from input to output via, for example, a current or voltage change, then the inputs are free to accept new data.

На самом деле интеграция причинно в том смысле, что состояние выходного бита в момент времени t_2 равно зависит от обоих входных битов в момент времени t_1 . Конечно, единичный выходной бит не может кодировать оба входных бита: это не физически интегрированная информация. Обратите также внимание на то, что пока сигнал передается от входа к выходу через, например, ток или изменение напряжения, то входы могут принимать новые данные.

So, by the time the signal has reached the output (t_2), its state may no longer be correlated with the inputs. There is therefore no physical state that corresponds to the integration of information performed by the gate. This does not, of course, prevent the gate from participating in any complex algorithmic operation that can be considered to integrate information in the sense of the conventional temporal use of the term.

Так, к моменту, когда сигнал достигнет выхода (t_2), его состояние может больше не коррелировать с исходными данными. Поэтому нет физического состояния, соответствующего интеграции информации, выполняемой вентиляем.

Это, конечно, не мешает вентилю участвовать в какой-либо сложной алгоритмической операции, которую можно рассматривать как интеграцию информации в смысле обычного временного использования термина.

Consider, for example, a computer connected to a camera and running an image recognition program whose job is to identify photographs of the actress Jennifer Aniston amongst hundreds of electronic images presented to the camera.

Рассмотрим, например, компьютер, подключенный к камере и работающий с программой распознавания изображений, задача которой состоит в том, чтобы идентифицировать фотографии актрисы Дженнифер Энистон среди сотен электронных фотографий, представляемых на камеру.

By the time the complex series of computations that analyse and integrate features such as hair colour, eye colour, shape of nose, chin, complexion, orientation of the image, etc., have reached a gate that finally commits the program to deliver an audio output of 'this is Jennifer Aniston', the input logic gates may have gone on to the next photograph.

К тому времени, когда сложная серия вычислений, которые анализируют и объединяют такие характеристики, как цвет волос, цвет глаз, форма носа, подбородок, цвет лица, ориентация изображения и т.д. достигнут логического вентиля, после которого программа выдаст аудиовыход «это Дженнифер Энистон», входные логические вентили, возможно, перешли к следующей фотографии.

There can therefore be no physical state that corresponds to the integrated information at any single point in time. The integration exists as a correlation in time, not as a physical integration in space.

Следовательно, не может быть физического состояния, соответствующего интегрированной информации в любой точке одновременно. Интеграция существует как корреляция во времени, а не как физическая интеграция в пространстве.

Do neurons integrate information?

It is important to stress that no EM field theory of consciousness denies that much or most brain information processing proceeds via conventional neuron/synapse transmission. However, the same argument described above for integrated circuits, applies to the processing of complex information along complex neuronal pathways.

Интегрируют ли нейроны информацию?

Важно подчеркнуть, что теория электромагнитного поля сознания не отрицает, что большая часть обработки мозговой информации происходит посредством обычной передачи нейронов/синапсов.

Однако, тот же аргумент, описанный выше для интегральных схем, применяется к обработке сложной информации вдоль сложных нервных путей.

They, like logic gates, input sensory information, such as photographs, and process that information along chains of neuronal networks until they reach a group of neurons, or even a single neuron that fires to generate a verbal output of 'this is Jennifer Aniston'.

Они, как и логические вентили, вводят сенсорную информацию, например фотографии, и обрабатывают эту информацию по цепочкам нейронных сетей, пока не достигнут группы нейронов или даже одного нейрона, который срабатывает, чтобы генерировать вербальный выход «это Дженнифер Энистон».

Nevertheless, just as for logic gates, once a neuron has done its job of processing its many inputs to generate the single output of a firing rate, it is free to accept new data. Downstream neurons involved in the triggering motor output need not be correlated with the simultaneous state of input neurons or neurons involved in the processing of that sensory information by the time the output signal is generated.

Тем не менее, как и для логических вентилей, как только нейрон выполнил свою работу по обработке своих многочисленных входных данных, чтобы сгенерировать единственный выходной сигнал частоты возбуждения, он может свободно принять новые данные. Нисходящие нейроны, участвующие в запуске двигательного импульса, не должны коррелировать с одновременным состоянием входных нейронов или нейронов, участвующих в обработке этой сенсорной информации к моменту генерации выходного сигнала.

A hypothetical neuron that prompts the final output of a verbal report is also no more physically linked to its sensory inputs such, as in the retina or ear, than it is to a subject's digestive system or skull. And even neurons that respond to highly processed and integrated information, such as the famous Jennifer Aniston neuron (Quiroga et al. 2005), only encode a single firing rate that cannot represent anything more than a tiny fraction of the information present in conscious percept.

Гипотетический нейрон, который выдаёт окончательный словесный отчет также более не связан физически с его сенсорными входами, например, с сетчаткой или ухом, в большей степени, чем с пищеварительной системой или черепом субъекта. И даже нейроны, реагирующие на сильно обработанную и интегрированную информацию, такие как знаменитый

нейрон Дженнифер Энистон (Quiroga et al. 2005) кодирует только одну частоту срабатывания, которая не может представлять ничего, кроме крошечной части информации, присутствующей в сознательном восприятии.

Its firing rate is, of course, all that any single neuron can know. Neurons integrate information but, as for logic gates, the integration is temporal, not physical, as the information to be integrated is separated in both space and time. Also, the so-called integrated information is far more complex than a single neuron's coding capacity. This kind of temporal integration cannot correspond to 'our capacity to integrate information across time, space, attributes and ideas' (Treisman 1999).

Скорость его срабатывания — это, конечно, все, что может знать любой отдельный нейрон.

Нейроны интегрируют информацию, но, так же как и логических вентили, интеграция носит временной, а не физический характер, поскольку интегрируемая информация разделена как в пространстве, так и во времени.

Также так называемая интегрированная информация намного сложнее, чем кодирующая способность отдельного нейрона. Такого рода временная интеграция не может соответствовать «нашей способности интегрировать информацию через время, пространство, атрибуты и идеи» (Treisman 1999).

Of course, a huge number of firing neurons may fire in response to Jennifer Aniston's face or some other potentially integrated conscious percept.

It may be that each of these firing neurons encodes different aspects of the conscious percept—perhaps the particular colour of the actress' eyes, the shape of her nose or the texture of her hair.

Конечно, огромное количество возбужденных нейронов может активироваться в ответ на лицо Дженнифер Энистон или какое-либо другое потенциально интегрированное сознательное восприятие.

Может быть, каждый из этих активированных нейронов кодируют различные аспекты сознательного восприятия — возможно, особый цвет глаз актрисы, форму её носа или текстуру её волос.

One could imagine a network of such neurons that, together, encode and 'integrate' the conscious percept. But how do the firing neurons integrate their information? From the perspective of functionality, they need not even be physically connected so long as they, collectively, deliver their signals to a motor neuron(s) that execute(s) the verbal report 'that is Jennifer Anniston's face'. In reality, they need be

no more physically connected to each other than are the different colleges of the University of Oxford. All that is required is a causal chain.

Можно представить сеть таких нейронов, которые вместе кодируют и «интегрируют» сознательное восприятие. Но как активирующиеся нейроны интегрируют свою информацию? С точки зрения функциональности они не должны даже быть физически связанными, пока они вместе передают свои сигналы моторному нейрону(ам), которые выполняют(ют) вербальное сообщение «это лицо Дженнифер Энистон». На самом деле они должны быть физически связаны друг с другом не больше, чем разные колледжи Оксфордского университета. Все, что требуется, это причинно-следственная цепочка.

Nevertheless, nerves are, of course, physical connected, but, in the example, those encoding Jennifer Anniston's face are no more physically connected to each other than they are to any other neurons or even cells of the body, particularly as matterbased signals, such as hormones, neurotransmitters or action potentials, do not attenuate with distance.

Тем не менее, нервы, конечно, связаны физически, но, в приведённом примере те, которые кодируют лицо Дженнифер Энистон, не более физически связаны друг с другом, чем с любыми другими нейронами или даже клетками тела, особенно в виде сигналов, основанных на материи, таких как гормоны, нейротрансмиттеры или потенциалы действия, не затухающие с расстоянием.

If physical connectedness was sufficient for consciousness, then we would be aware of all of the information encoded in our entire body at all times. Neural networks, on their own, cannot be responsible for physically integrating conscious information because, like integrated circuits, they integrate information only temporally, not physically.

Если бы физической связанности было достаточно для сознания, то мы бы вообще осознавали всю информацию, закодированную во всем нашем теле одновременно. Нейронные сети сами по себе не могут нести ответственность за физическую интеграцию сознательной информации, потому что, как и интегральные схемы, они интегрируют информацию только во времени, а не физически.

Integrating information in space, rather than in time

Интеграция информации в пространстве, а не во времени

There are, however, physical systems that encode information integrated over space in a single moment of time.

We know this form of information as force fields. The most obvious is the gravitational field that, at any point on the Earth's surface, provides a force that effectively integrates the magnitude and distribution of local masses such as those of the Earth, Moon and Sun.

Однако существуют физические системы, которые кодируют информацию, интегрированную по пространству в единый момент времени. Мы знаем эту форму информации как силовые поля. Наиболее очевидным является гравитационное поле, которое в любой точке земной поверхности создает силу, эффективно интегрирующую величину и распределение местных масс, таких как массы Земли, Луны и Солнца.

Similarly, the EM field at any point in space represents an integration of information concerning the type, distribution and motion of local charges.

Точно так же электромагнитное поле в любой точке пространства представляет собой интеграцию информации о типе, распределении и движении местных зарядов.

In contrast to the temporal integration described above, force fields physically integrate complex information that may be simultaneously downloaded from any point in the field. This is apparent to anyone who views a TV show that has been transmitted from a single transmitter to their smartphone, alongside a thousand other people who may simultaneously view the same program on their phones in a thousand different locations. Moreover, an EM field can, like an integrated circuit, compute.

В отличие от временной интеграции, описанной выше, силовые поля физически интегрируют сложную информацию, которая может быть одновременно загружена из любой точки поля.

Это очевидно для любого, кто смотрит телепередачу, которая была передана с одного передатчика на их смартфон, наряду с тысячей других людей, которые могут одновременно просматривать одну и ту же программу на своих телефонах в тысяче разных мест. Более того, ЭМ поле может, подобно интегральной схеме, вычислять.

Consider for example, the arrangement of iron filings sprinkled over a magnet. A conventional computer could calculate their configuration by inputting the initial random configurations of the filings into an algorithm that implements either Maxwell's equations or the equations of quantum electrodynamics to output their final equilibrium configuration.

Рассмотрим, например, расположение железных опилок, разбросанных по магниту. Обычный компьютер может вычислить

их конфигурацию путем ввода начальных случайных конфигураций расположения в алгоритм, который реализует либо уравнения Максвелла или уравнения квантовой электродинамики для вывода их окончательной равновесной конфигурации.

Yet the EM field at each point in space, generated by the electron spin of iron atoms within the magnet, instantly computes this solution. In this sense, the field represents an algorithm in space, rather than the algorithms in time that are implemented by Turing machines.

Тем не менее ЭМ поле в каждой точке пространства, создаваемое спином электрона атомов железа внутри магнита мгновенно вычисляет это решение. В этом смысле поле представляет собой алгоритм в пространстве, а не алгоритмы во времени, которые реализуются Машинами Тьюринга.

And, most importantly, the information involved in the computation is simultaneously available in the space of the magnet and its surroundings. It is spatially, rather than temporarily, integrated information. The EM field's information is complex information that is physically bound.

И, самое главное, информация, задействованная в вычислении, одновременно доступна в пространстве магнита и его окружения. Получается, скорее, пространственно, чем временно, интегрированная информация. Информация электромагнитного поля представляет собой сложную информацию, которая физически связана.

Magnets can also encode visual information. The artist, Andrzej Lenard, paints magnetic pictures, such as the portrait of Robert Downey Jr (Fig. 2 from <https://www.youtube.com/watch?v¼PHzz81yapcc>).

Магниты также могут кодировать визуальную информацию. Художник Анджей Ленард рисует магнетические картины, например, портрет Роберта Дауни-младшего (рис. 2 с сайта <https://www.youtube.com/>). смотреть? [v¼PHzz81yapcc](https://www.youtube.com/watch?v¼PHzz81yapcc)).

Note that the magnetic field-encoded information would be present whether the iron filings were there or not. The coding of the image would exist in space as invisible integrated information. This kind of coding is, I argue, much closer to the physical reality of our thoughts, than a firing neuron. However, it is static, rather than dynamic, and, unlike

the signal from a WIFI router, the visual information is locally discrete rather than distributed throughout the space of the image.

Обратите внимание, что закодированная магнитным полем информация присутствует независимо от того, имеются железные опилки или нет.

Кодирование образа существовало бы в пространстве как невидимая интегрированная информация.

Я утверждаю, что такой вид кодирования

гораздо ближе к физической реальности наших мыслей, чем импульсации нейронов.

Однако оно статично, а не динамично, и, в отличие от сигнала роутера WIFI, визуальная информация локально дискретна, а не распределена по всему пространству изображения.

Figure 1b illustrates how dynamic EM field information can integrate information and function as a logic gate.

The figure

illustrates an EM field AND gate with two inputs and a single output, each encoding either a zero or one. The inputs are dipoles that act as EMF transmitters that oscillate between two states.

На рис. 1b показано, как информация динамического электромагнитного поля может интегрировать информацию и функционировать как логический вентиль. На рисунке показан логический вентиль "И" электромагнитного поля с двумя входами и одним выходом, каждый из которых кодирует либо ноль, либо единицу.

Входы – диполи, которые действуют как передатчики ЭМП, которые колеблются между двумя состояниями.

For ease of presentation, Fig. 1b illustrates the different inputs represented as firing (oscillating corresponding to input $\frac{1}{4}$ 1) or non-firing (not oscillating, input $\frac{1}{4}$ 0) states. The output is then an EMF receiver that implements the AND rule to output a signal. Note that the receiving node can be located anywhere in the space of the field.

So, and most importantly, the entire

AND computation is distributed throughout the space of the overlapping field of the inputs.

Для простоты представления на рис. 1б показаны различные входы, представленные как срабатывание (колебания, соответствующие входу = 1) или без срабатывания (не колеблется, вход = 0).

Выход затем является приемником электромагнитного поля, который реализует правило И для вывода сигнала. Обратите внимание, что принимающий узел может

находиться где угодно в пространстве поля. И так, и самое главное, всё И вычисление распределено по всему пространству перекрывающееся поле входов.

The computation and integration of input information is implemented in space, rather than time. It is physically integrated information processing.

Вычисление и интегрирование входной информации осуществляется в пространстве, а не во времени. Это физически интегрированная обработка информации.

Combinations of EMF transmitters and receivers that implement different logical functions could, in principle, implement any complex algorithm, for example, an algorithm that recognizes images of Jennifer Aniston. In contrast to the above static magnetic image of Robert Downey Jr, this EM field algorithm would be distributed throughout the space of the field; such that, like a WIFI signal, it could be downloaded from any point in the space of the field.

Комбинации передатчиков и приемников ЭМП, реализующих разные логические функции, в принципе могли бы реализовать любой сложный алгоритм, например, алгоритм распознавания образов Дженнифер Энистон. В отличие от приведенного выше статического магнитного изображения Роберта Дауни-младшего, этот алгоритм электромагнитного поля будет распределен по всему пространству поля; чтобы, как и сигнал WIFI, его можно было загрузить из любой точки пространства поля.

In this sense, the field possesses features in common with holograms that similarly store distributed information. But in the case of the cemi field, the information exists as an algorithm in space, rather than time. It is physically integrated information. Field-implemented algorithms such as these, but in the brain, are, I argue, the physical substrate of conscious thoughts.

В этом смысле поле имеет общие черты с голограммами, аналогичным образом хранящими распределенную информацию. Но в случае cemi-поля информация существует как алгоритм в пространстве, а не во времени. Это является физически интегрированной информацией. Алгоритмы, реализуемые на основе полей, подобных этим, но в мозгу, являются, как я утверждаю, физическим субстратом осознанных мыслей.

It is, however, important to recognize that, although EM fields are maximally connected—the universe has a single EM field EM – waves travel at the speed of light across huge distances. However, their strength is subject to an inverse square (electric component) or cube (magnetic component) law so that the EM field perturbation of a single neuron rapidly falls off with distance.

Однако важно понимать, что хотя ЭМ поля максимально связаны — во Вселенной есть единственное электромагнитное поле – волны распространяются со скоростью света на огромные расстояния. Однако их сила зависит от обратного квадрата (электрическая составляющая) или кубический (магнитная составляющая) закона так, что возмущение электромагнитного поля отдельного нейрона быстро падает с расстоянием.

In my earlier paper, I estimated that the EM field electrical perturbation from the firing of a single neuron extends into a volume of only about 80 mm encompassing a maximum of about 200 neurons (McFadden 2002a).

В моей более ранней статье я оценил, что электрические возмущения электромагнитного поля от возбуждения одного нейрона простираются в объеме всего около 80 микрон, охватывая максимум около 200 нейронов (McFadden 2002a).

So, in contrast to matter-based signals that do not attenuate with distance, signals passing through the cemi field will tend to act only locally, unless boosted by chains of synchronization (see below).

Таким образом, в отличие от сигналов, основанных на материи, которые не затухают с расстоянием, сигналы, проходящие через СЕМИ поле, будут иметь тенденцию действовать только локально, если не будут усиливаться цепочками синхронизации (см. ниже).

Note however, and very importantly, that, in contrast to temporally integrated information, an algorithm in space can function only when its computational nodes fire synchronously so that their inputs are simultaneously available to all the components of the network. Therefore, a key prediction of the proposal that consciousness is distributed EM field-based algorithms is that conscious information will be correlated with synchronously firing neurons.

Заметим, однако, и это очень важно, что, в отличие от интегрированной во времени информации, алгоритм в пространстве может работать только тогда, когда его вычислительные узлы срабатывают синхронно, чтобы их входы были одновременно доступны всем компонентам сети. Таким образом, ключевое предсказание предположения о том, что сознание распространяется на основе алгоритмов электромагнитного поля, заключается в том, что сознательная информация будет коррелировать с синхронно возбуждающимися нейронами.

EMF transmitters and receivers in the brain

It has been known since the 19th century that the brain generates its own EM field, which can be detected by electrodes inserted to the brain. Its source is electrical dipoles within the neuronal membranes caused by the motion of ions in and out of those membranes during action potentials and synaptic potentials.

Передатчики и приемники ЭМП в головном мозге

С 19 века известно, что мозг генерирует собственное электромагнитное поле, которое можно обнаружить с помощью электродов, вставленных в мозг. Его источником являются электрические диполи внутри мембран нейронов, вызванные движением ионов внутрь и наружу этих мембран во время потенциалов действия и синаптических потенциалов.

The periodic discharge of neurons — firing or action potentials — generates EMF waves that propagate out of the neuron and into the surrounding inter-neuronal spaces where they overlap and combine to generate the brain's global EM field that is routinely measured by brain scanning techniques such as electroencephalography (EEG) and magnetoencephalography (MEG). The human brain therefore possesses around 100 billion EMF transmitters.

Периодическая разрядка нейронов — возбуждение или потенциалы действия — генерируют волны ЭМП, которые распространяются от нейрона в окружающие межнейронные пространства, где они перекрываются и объединяются, чтобы генерировать глобальное электромагнитное поле мозга, которое обычно измеряется методами сканирования мозга, такими как электроэнцефалография (ЭЭГ) и магнитоэнцефалография (МЭГ). Таким образом, человеческий мозг содержит около 100 млрд передатчиков ЭМП.

The human brain also possesses at least 100 billion EMF receivers as each neuron is bounded by a membrane embedded with thousands of voltage-gated ion channels whose firing is triggered by EM field fluctuation across the membrane.

Человеческий мозг также обладает по меньшей мере 100 миллиардами приёмников электромагнитных полей, так как каждый нейрон ограничен встроенной мембраной с тысячами потенциалзависимых ионных каналов, срабатывание которых запускается флуктуациями электромагнитного поля через мембрану.

Although these channels are generally assumed to respond only to large fluctuations of tens of millivolts across the membrane, much larger than the global EM field strength, EM field potential changes of less than 1 mV across the neuronal membrane are nevertheless capable of modulating neuronal firing (Schmitt et al. 1976).

Хотя обычно предполагается, что эти каналы отвечают только на большие флуктуации в десятки милливольт на мембране, намного превышающим общую напряженность ЭМ поля, потенциальные изменения ЭМ поля менее 1 мВ на нейронной мембране, тем не менее, способны модулировать возбуждение нейронов (Шмитт и др., 1976).

Moreover, for neurons poised close to the critical firing potential, the opening of just a single ion channel may be sufficient to trigger firing (Arhem and Johansson 1996). This degree of sensitivity suggests that very tiny changes in membrane potential, of similar strength to spontaneous fluctuations in the brain's endogenous EM field, may influence the firing of neurons that are already close to firing.

Более того, для нейронов, находящихся вблизи критического потенциала возбуждения, открытия только одного ионного канала может быть достаточно, чтобы вызвать срабатывание (Архем и Йоханссон, 1996).

Такая степень чувствительности предполагает, что очень незначительные изменения в мембранном потенциале, сила которого аналогична спонтанным колебаниям эндогенного электромагнитного поля мозга, может влиять на возбуждение нейронов, которые уже близки к возбуждению.

The cemi field theory of consciousness

The conscious electromagnetic information (cemi) field theory claims that the brain's EM field is the physical substrate of consciousness. It was first outlined in a book published in 2000 in which I proposed that the brain's 'EM field ... integrate[s] information from all of the calculations ... performed by ... [its] logic gates (McFadden 2000).

CEMI-теория сознания

Теория сознательного электромагнитного информационного (CEMI) поля утверждает, что электромагнитное поле мозга является физическим субстратом сознания. Впервые она была изложена в книге, опубликованной в 2000 г., где я предположил, что «ЭМ-поле мозга ... интегрирует информацию из всех вычислений ... выполняемых ... [его] логическими вентилями» (Макфадден 2000).

The theory was further developed in

two papers published in 2002 (McFadden 2002a,b). Similar theories were proposed around the same time by neurobiologist Pockett (2000, 2002), the neurophysiologist John (2001, 2002) and the neurophysiologists Fingelkurts and Fingelkurts (2008) and Fingelkurts et al. (2001).

Дальнейшее развитие теория получила в двух статьях, опубликованных в 2002 г. (McFadden 2002a,b). Подобные теории были предложены примерно в то же время нейробиологом Покеттом (2000, 2002), нейрофизиологом Джоном (2001, 2002) и нейрофизиологами Фингелькуртсом и Фингелькуртсом (2008) и Фингелькуртсом и др. (2001).

In 2013, I provided an update on the cemi field theory incorporating more recent experimental evidence (McFadden 2013a) as well as arguing that the theory accounts for the gestalt properties of meaning, in an accompanying paper (McFadden 2013b). In 2014, Adam Barrett similarly argued that the brain's EM field integrates neuronal information to provide the substrate of consciousness (Barrett 2014).

В 2013 году я представил обновленную информацию о теории поля CEMI, включающую более свежие экспериментальные данные (McFadden 2013a), а также аргументировал, что теория объясняет гештальт-свойства смысла, в сопроводительной статье (McFadden 2013b). В 2014 году Адам Барретт аналогичным образом утверждал, что электромагнитное поле мозга интегрирует нейронную информацию, чтобы обеспечить субстрат сознания (Barrett 2014).

The idea that the seat of consciousness is simply the brain's EM field may initially sound outlandish but is no more extraordinary than the claim that the seat of consciousness is the matter of the brain.

Идея о том, что местоположение сознания — это просто электромагнитное поле мозга, может поначалу показаться диковинной, но она не более экстраординарна, чем утверждение, что местоположение сознания — это материя мозга.

All it involves is going from the right to the left hand side of Einstein's famous equation, $E = mc^2$ thereby replacing the notion that consciousness is encoded by matter of the brain, with that of proposing that it is encoded by the energy of the EM fields generated by the motions of its charged matter.

Все, что для этого нужно, это движение справа налево знаменитого уравнения Эйнштейна, $E = mc^2$, тем самым заменяя представление о том, что сознание закодировано материей мозга, предполагая, что оно кодируется энергией электромагнитных полей, создаваемых движением его заряженной материи.

(Note that, by illustrating this idea with Einstein's equation, I am not, of course, proposing any interconversion of matter and energy in the brain.) Matter and energy are equally physical; but, instead of being composed of material, the cemi field theory proposes that our thoughts are composed of the brains EM field energy.

(Обратите внимание, что, иллюстрируя эту идею уравнением Эйнштейна, я, конечно, не предполагаю какого-либо взаимопревращения материи и энергии в мозгу.) Материя и энергия в равной степени физичны; но вместо того, чтобы состоять из материи, теория СЕМІ-поля предполагает, что наши мысли состоят из энергии электромагнитного поля мозга.

This is a kind of dualism, but it is scientific dualism based on the physical difference between matter and energy, rather than a metaphysical distinction between matter and spirit.

Это своего рода дуализм, но это научный дуализм, основанный на физическом различии между материей и энергией, а не метафизическое различие между материей и духом.

Although, as I have argued, shifting from matter to energy of the brain is conceptually trivial, when searching for an appropriate substrate in the brain that can physically integrated complex information, the move draws an immediate payoff, as it effortlessly solves the binding problem.

Хотя, как я уже говорил, переход от материи к энергии мозга концептуально тривиален, при поиске в мозгу подходящего субстрата, который может физически интегрировать сложную информацию, этот шаг приносит немедленную отдачу, поскольку он легко решает проблему привязки.

Whereas information encoded in the matter of neurons is, as I have argued, always localized and discrete both in space and time, information in the field, as illustrated in Fig. 1b, is always integrated yet distributed, in the sense that it may be downloaded from any point within the field.

Принимая во внимание, что информация закодированная в материи нейронов, как я уже говорил, всегда локализована и дискретна как в пространстве, так и во времени, информация в поле, как показано на рис. 1b, всегда интегрирована, но распределена, в том смысле, что её можно загрузить из любой точки внутри поля.

Since, in this case, 'the field' is the brain's global EM field, it also provides a feasible physical substrate for the notions of working memory and/or the global workspace that have been proposed in many other theories of conscious (Baars 2005). And, as illustrated in Fig. 1(b) EM fields may also implement algorithms.

Поскольку в данном случае «поле» — это глобальное электромагнитное поле мозга, оно также обеспечивает возможную физическую основу для понятия рабочей памяти и/или глобального рабочего пространства, которые были предложены во многих других теориях сознания (Baars 2005). И, как показано на рис. 1(b), электромагнитные поля также могут реализовать алгоритмы.

This capacity, known as 'field computing' (MacLennan 1999) sometimes as quantum-like computing (Khrennikov 2011), has several features in common with quantum computing such as ease of implementation of mathematical functions such as Fourier transforms, compared to digital computers.

Эта способность, известная как «полевые вычисления» (MacLennan 1999), иногда как квантовоподобные вычисления. (Хренников, 2011), имеет несколько общих черт с квантовыми вычислениями, таких как простота реализации математических функций, таких как преобразование Фурье, по сравнению с цифровыми компьютерами.

Moreover, as illustrated in Fig. 1b, this form of field computing—algorithms in space rather than in time—could only be implemented by neurons (either EMF transmitters or receivers) that fire synchronously.

So, the theory predicts that, if consciousness is implementing field computing, then consciousness should be highly correlated with the synchrony of neural firing rather than firing rates.

Более того, как показано на рис. 1б, эта форма полевого вычисления — алгоритмов в пространстве, а не во времени — может реализуются только нейронами (либо передатчиками ЭМП, либо приемниками), которые срабатывают синхронно.

Итак, теория предсказывает, что если сознание реализует полевые вычисления, то сознание должно быть сильно коррелировано с синхронностью нейронного возбуждения, а не скоростью возбуждения.

Several decades ago, work conducted by Wolf Singer and colleagues demonstrated that neurons in the monkey brain fire synchronously when the animal attends to the stimulus (Kreiter and Singer 1996). Many additional studies confirmed and extended these findings to many different experimental systems.

Несколько десятилетий назад работа, проведенная Вольфом Сингером и его коллегами, показала, что нейроны в мозгу обезьян активируются синхронно, когда животное обращает внимание на стимул (Kreiter and Singer, 1996). Многие дополнительные исследования подтвердили и распространили эти результаты на множество различных экспериментальных систем.

For example, work in David Leopold's laboratory at Max Planck Institute for Biological Cybernetics, in Tübingen, Germany (Wilke et al. 2006) investigated awake monkeys trained to respond to a visual stimulus—the removal of a red dot from a target area—by pulling a lever (to receive their fruit juice reward).

Например, работа в лаборатории Дэвида Леопольда в Институте биологической кибернетики Макса Планка в Тюбингене, Германия (Wilke et al., 2006) исследовала бодрствующих обезьян, обученных реагировать на зрительный стимул — удаление красной точки с целевой области — потянув за рычаг (чтобы получить награду за фруктовый сок).

The researchers monitored both neuron spiking and changes in local EM field potentials in V1, V2 and V4 regions of the monkey's visual cortex. They demonstrated that spiking of neurons in cortical areas V1 and V2 was totally uncorrelated with the monkey's perception of the target; however, low frequency (alpha range, particularly 9–30 Hz) modulation of local field potentials—presumed to be generated by synchronously firing neurons—in these same regions did correlate with perception. It seems that though neuron firing rate in the primary visual cortex does not see the stimulus, synchronicity of neuron firing does indeed see the target.

Исследователи отслеживали как спайки нейронов, так и изменения локальных потенциалов электромагнитного поля в областях V1, V2 и V4 зрительной коры обезьяны. Они продемонстрировали, что спайки нейронов в областях коры V1 и V2 совершенно не коррелированы с восприятием цели обезьяной; однако низкочастотная (альфа-диапазон, особенно 9–30 Гц) модуляция потенциалов локального поля, предположительно генерируемая синхронно возбужденными нейронами, в этих же областях коррелировала с восприятием.

Кажется, что, хотя частота срабатывания нейронов в первичной зрительной коре не видит стимула, синхронность срабатывания нейронов действительно видит цель.

Many subsequent studies have also demonstrated that neural synchrony also correlates with conscious perception in humans. For example, neural synchrony patterns were found to correlate with conscious recognition by subjects exposed to optical illusions (Lutz et al. 2002).

Многие последующие исследования также продемонстрировали, что нейронная синхрония также коррелирует с сознательным восприятием у людей. Например, было обнаружено, что нейронные синхронные паттерны коррелируют с сознательным распознаванием субъектами, подвергшимися оптическим иллюзиям (Lutz et al., 2002).

More recent work has demonstrated that conscious auditory perception is correlated with long-range synchrony of gamma oscillations (Steinmann et al. 2014). Synchronization between the anterior and posterior cortex has been shown to correlate with consciousness levels of patients who have suffered traumatic brain injury (LeonCarrion et al. 2012).

Более поздняя работа продемонстрировала, что сознательное слуховое восприятие коррелирует с дальней синхронностью гамма-колебаний (Steinmann et al., 2014). Было показано, что синхронизация между передней и задней корой коррелирует с уровнями сознания пациентов, перенесших черепно-мозговую травму (LeonCarrion et al., 2012).

Of course, there may be several different and often contradictory signals being simultaneously projected into the cemi field by networks or clusters of synchronizing neurons. Even so, what is distinctive about the cemi field in contrast to many other theories of consciousness is that, because EM fields are always unified, there is only ever one EM field in the brain.

Конечно, может быть несколько разных и часто противоречащих друг другу сигналов, одновременно проецируемых в СЕМІ поле сетями или кластерами синхронизирующихся нейронов. Несмотря на это, отличие теории полей СЕМІ от многих других теорий сознания заключается в том, что, поскольку электромагнитные поля всегда едины, в мозгу существует только одно электромагнитное поле.

The dominant information in consciousness will then be the one that is associated with the strongest EM field perturbation capable of modulating neural firing within that singular field. This has been demonstrated in numerous studies, for example this 2005 study (Doesburg et al. 2005) demonstrated that increased gamma-band synchrony predicts switching of conscious perceptual objects in classic binocular rivalry.

Тогда доминирующей информацией в сознании будет информация, связанная с сильнейшим возмущением электромагнитного поля, способным модулировать возбуждение нейронов в этом единственном поле.

Это было продемонстрировано в многочисленных исследованиях, например, это исследование 2005 года (Doesburg et al. 2005) продемонстрировало, что повышенная синхронность гамма-диапазона предсказывает переключение сознательных объектов восприятия в классическом бинокулярном соперничестве.

Similar switches in

EEG or MEG patterns have been shown to predict conscious percepts in numerous studies (Sterzer et al. 2009) opening the possibility of 'mind-reading' by decoding brain EM field signals.

Подобные переключатели паттернов ЭЭГ или МЭГ предсказывают сознательные восприятия (Sterzer et al. 2009), что было показано в многочисленных исследованиях, открывая возможность «чтения мыслей» путем декодирования сигналов электромагнитного поля мозга.

In

nearly all of these studies, the conscious percept corresponds to the dominant EM field signal suggesting that competition between rival percepts is resolved through positive feeding back loops within re-entrant circuits leading to what Dehaene calls a 'global ignition' or 'avalanche' of the dominant signal (Dehaene 2014).

Почти во всех этих исследованиях сознательное восприятие соответствует доминирующему сигналу электромагнитного поля, предполагая, что конкуренция между соперничающими восприятиями разрешается за счет положительных петель обратной связи внутри контуров повторного входа, что приводит к тому, что Дехане называет «глобальное зажигание» или «лавина» доминирующего сигнала (Dehaene 2014).

Therefore, in contrast to other theories of consciousness, such as global workspace or Integrated Information Theory

(IIT), that use arbitrary or ill-defined thresholds for access to consciousness, the semi field relies on a measurable physical parameter—the strength of EM field perturbations that are capable of modulating neural firing—to differentiate between conscious and non-conscious brain information.

Поэтому, в отличие от других теорий сознания, таких как глобальное рабочее пространство или Теория интегрированной информации (ИИТ), которые используют произвольные или плохо определенные пороги для доступа к сознанию, теория полей СЭМИ опирается на измеримый физический параметр — силу возмущений электромагнитного поля, которые способны модулировать возбуждение нейронов — для различения сознательной и бессознательной информации мозга.

From a neuronal perspective there appears to be no obvious reason why synchrony should make a difference to neural processing: neurons deliver the same information and perform the same informational processing, whether or not they are firing synchronously.

С точки зрения нейронов, по-видимому, нет очевидной причины, по которой синхронность должна иметь значение для нейронной обработки: нейроны передают одну и ту же информацию и выполняют одинаковую информационную обработку, независимо от того, синхронно они активируются или нет.

Of course, many theories of consciousness do incorporate neural synchrony by, for example, viewing it as a signature of the re-entrant neural connectivity characteristic of globally distributed neuronal circuits that are proposed to underpin consciousness (Tononi and Edelman 1998; Seth et al. 2004), or a consequence of coincidence detection within neurons involved in conscious thoughts.

Конечно, многие теории сознания включают нейронную синхронию, рассматривая ее, например, как признак реентерабельной нейронной связности, характерной для сознания глобально распределенных нейронных цепей, которые, как предполагается, лежат в основе сознания (Tononi and Edelman 1998; Seth et al. 2004) или являются следствием обнаружения совпадений внутри нейронов, участвующих в сознательных мыслях.

Yet neurons need not fire synchronously to distribute information globally and re-entrant circuits need not, necessarily, fire synchronously. Similarly, there seems to be no obvious reason why conscious neural processing requires coincidence detection any more than non-conscious neural processing as they both perform temporal information integration.

Тем не менее, нейроны не нуждаются в том, чтобы срабатывать синхронно, для распространения информации глобально, а схемы повторного входа не обязательно должны срабатывать синхронно.

Точно так же кажется, что нет очевидной причины, по которой сознательная нейронная обработка требует обнаружения совпадений больше, чем бессознательная нейронная обработка, поскольку они оба выполняют временную интеграцию информации.

So, synchrony, per se, is neither a necessary nor sufficient requirement for consciousness in matter-based neuronal models of consciousness. As far as I am aware, it is only in the EM field theories that synchrony plays an obligatory role in consciousness information processing.

Таким образом, синхронность сама по себе не является ни необходимым, ни достаточным требованием для сознания в нейронных моделях сознания, основанных на материи.

Насколько мне известно, только в теориях электромагнитного поля синхрония играет обязательную роль в обработке информации сознанием.

Note however that the EM field theories of consciousness are entirely compatible with the observation that highly synchronized brain activity, such as is typical for epileptic seizures, disrupt consciousness. Conscious brain states necessarily encode complex information that correlates with features of the outside world.

Обратите внимание, однако, что теории электромагнитного поля сознания полностью совместимы с наблюдением, что высокосинхронизированная активность мозга, типичная для эпилептических припадков, нарушает сознание. Сознательные состояния мозга обязательно кодируют сложную информацию, коррелирующую с особенностями внешнего мира.

Widespread neuronal synchrony—such as experienced during an epileptic seizure—is empty of informational content that correlates with the outside world and is thereby only consistent with a non-conscious state.

Широко распространяющаяся нейронная синхрония, например, переживаемая во время эпилептического припадков, лишена информационного содержания, которое коррелирует с внешним миром и, таким образом, соответствует только бессознательному состоянию.

‘Free will’ as the output node of the cemi field

The cemi field theory differs from some other field theories of consciousness (Pockett 2000, 2002) in that it proposes that consciousness—as the brain’s EM field—has outputs as well as inputs.

In the theory, the brain’s endogenous EM field influences brain activity in a feedback loop (note that, despite its ‘free’ adjective, the cemi field’s proposed influence is entirely causal (McFadden 2002a)) acting on voltage-gated ion channels in neuronal membranes to trigger neural firing

«Свобода воли» как выходной узел поля семі

Семі-теория поля отличается от некоторых других полевых теорий сознания (Pockett 2000, 2002) в том, что предполагает, что сознание — как электромагнитное поле мозга — имеет выходы, также как входы.

В теории эндогенное ЭМ-поле мозга влияет на активность мозга в петле обратной связи (обратите внимание, что, несмотря на его «свободное» прилагательное,

предполагаемое влияние semi-поля является полностью каузальным (McFadden 2002a)), действуя на потенциалзависимые ионные каналы в мембранах нейронов, вызывая возбуждение нейронов.

This assertion is supported by abundant theoretical work and experimental data. Experimental evidence for the brain's endogenous EM field influencing neural firing was scanty when I first described the theory in 2000 (McFadden 2000) and 2002 (McFadden 2002a,b), but included evidence that transcranial magnetic stimulation (TMS), which generate EM fields in the brain of similar magnitude to the brain's endogenous EM fields can influence behaviour (Beckers and Hombberg 1992; Amassian et al. 1998; Hallett 2000; McFadden 2002a).

Это утверждение подтверждается многочисленными теоретическими работами и экспериментальными данными.

Экспериментальные доказательства того, что эндогенное ЭМ-поле мозга влияет на возбуждение нейронов, были скудными, когда я впервые описал эту теорию в 2000 (McFadden 2000) и 2002 (McFadden 2002a,b) годах, но включала доказательства того, что транскраниальная магнитная стимуляция (ТМС), которая генерирует электромагнитные поля в мозге, аналогичные по величине эндогенным электромагнитным полям мозга, может влиять на поведение (Beckers и Хомберг, 1992 г.; Амассиан и др. 1998 год; Халлет 2000; Макфадден 2002a).

In 2013 (McFadden 2013a), I summarized more recent experimental evidence obtained from several lab demonstrating that artificially generated external EM fields, of similar strength to those of endogenous brain EM fields, do indeed change firing patterns in whole animals, brain tissue slices and neuronal cells (Fujisawa et al. 2004; Frohlich and McCormick 2010; Anastassiou et al. 2011).

В 2013 году (McFadden 2013a) я суммировал более свежие экспериментальные данные, полученные из нескольких лабораторий, демонстрирующих, что искусственно генерируемые внешние ЭМ-поля, сходные с силой с эндогенными ЭМ-полями, действительно изменяют паттерны возбуждения у цельных животных, в срезах мозга и отдельных нейронах (Fujisawa et al. 2004; Frohlich и McCormick 2010; Anastassiou et al. 2011).

Since then, a wealth of additional experimental evidence has accumulated which clearly demonstrates that the brain's endogenous EM fields do indeed play a role in communicating between brain neurons (Qiu et al. 2015; Anastassiou and Koch 2015; Han et al. 2018); prompting some researchers to propose 'that our visual experience may at least some times be coming through in waves.' (Mathewson et al. 2011).

С тех пор накопилось множество дополнительных экспериментальных данных, которые ясно демонстрируют, что эндогенные электромагнитные поля мозга действительно играют роль в коммуникации между нейронами мозга (Qiu et al., 2015;

Anastassiou и Кох 2015; Хан и др. 2018 г.); что побудило некоторых исследователей предположить, что «наш визуальный опыт может хотя бы иногда проходить в волнах» (Mathewson et al. 2011).

In summary, there is now, at the very least, abundant evidence that, as well as standard synaptic transmission, brain neurons also communicate through endogenous EM fields.

It is a small step from this realization to the cemi field theory, which proposes that the action of the brain's (conscious) endogenous EM field on neural firing rates is experienced as conscious thoughts that influence our actions.

Таким образом, в настоящее время имеется, по крайней мере, множество доказательств

что, помимо стандартной синаптической передачи, нейроны мозга также общаются через эндогенные электромагнитные поля. Остаётся совсем небольшой шаг от этого осознания до теории поля СЕМІ, которая предполагает, что действие (сознательного) эндогенного электромагнитного поля мозга на скорость возбуждения нейронов переживается как сознательные мысли, которые влияют на наши действия.

Curiously, the kind of influence proposed for the brain's EM field in the cemi field theory is very similar to the role proposed for consciousness by William James more than a century ago.

Любопытно, что тип влияния, предполагаемый для электромагнитного поля мозга в теории СЕМІ-поля, очень похож на роль, предложенную для сознания Уильямом Джеймсом более века назад.

James proposed that the cortex is delicately balanced with a 'hair-trigger' such that the slightest jar or accident could set it firing erratically, yet 'if consciousness can load the dice, can exert a constant pressure in the right direction, can feel what nerve processes are leading to the goal, can reinforce and strengthen these and at the same time inhibit those that threaten to lead astray, why, consciousness will be of invaluable service.' (James 1988, p. 26)

Джеймс предположил, что кора головного мозга тонко уравновешена со «спусковым крючком», так что малейший толчок или случайность может вызвать беспорядочное срабатывание, но «если сознание может загрузить кости, может оказывать постоянное давление в правильном направлении, может чувствовать, какие нервные процессы ведут к цели, может усиливать и укреплять их и в то же время сдерживать тех, кто угрожает сбить с пути, поэтому сознание окажет неоценимую услугу» (Джеймс, 1988, стр. 26).

I now discuss how the cemi field theory solves most of the puzzling features of consciousness.

Теперь я расскажу о том, как теория СЕМІ-поля решает большинство загадочных особенностей сознания.

The difference between conscious and non-conscious brain states

One of the most profoundly puzzling features of the brain is that it operates simultaneously in both conscious and non-conscious streams, at least in man.

Разница между сознательным и бессознательным состояниями мозга

Одна из самых загадочных особенностей мозга заключается в том, что он действует одновременно как в сознательном, так и в бессознательном потоках, по крайней мере, у человека.

Most theories of consciousness attempt to account for this difference in terms of some arbitrary critical threshold in the degree of complexity (Seth et al. 2006), integration (Tononi and Edelman 1998; Tononi et al. 1998; Srinivasan et al. 1999), selection (Edelman and Tononi 2008), long distance integration (Dehaene et al. 2014) or access to some kind of hypothetical global workspace (Baars 1988; Dehaene et al. 1998), that is necessary for conscious awareness.

Большинство теорий сознания пытаются объяснить это различие с точки зрения некоего произвольного критического порога степени сложности (Сет и др., 2006), интеграции (Тонони и Эдельман, 1998; Тонони и др., 1998; Сринивасан и др., 1999), отбора (Эдельман и Тонони, 2008), удаленной интеграции (Дехане и др., 2014) или доступа к некоему гипотетическому глобальному рабочему пространству (Баарс, 1988; Дехане и др. 1998), что необходимо для бодрствующего сознания.

Yet these theories have difficulty accounting for why some highly complex and integrated neuronal activities, such as those involved in decoding grammatical rules within a sentence, are performed without awareness; whereas others that should be much simpler, such as those involved in long multiplication, can only be performed consciously.

Тем не менее эти теории с трудом объясняют, почему некоторые очень сложные и интегрированные нейронные действия, такие как те, которые связаны с расшифровкой грамматических правил в предложении, выполняются без осознания; тогда как другие, которые должны быть намного проще, например, связанные с длинным умножением, могут выполняться только сознательно.

In contrast to the threshold models above, once it is accepted that EM fields influence neural firing patterns (as evidenced in TMS and external EM field studies, described above)

then the evolutionary emergence of both conscious and nonconscious mental streams becomes inevitable. This follows because the impact of the brain's endogenous EM field on neuronal computations is likely to be both positive and negative.

В отличие от пороговых моделей, описанных выше, если признать, что электромагнитные поля влияют на паттерны возбуждения нейронов (как показано в исследованиях ТМС и внешних электромагнитных полей, описанных выше), тогда эволюционное появление как сознательных, так и бессознательных ментальных потоков становится неизбежным.

Это следует из того, что влияние эндогенного электромагнитного поля мозга на нейронные вычисления, вероятно, может быть как положительным, так и отрицательным.

Positive influences could result from phase-locking of multiple downstream EM field-sensitive neurons to the same stimulus; or rapid distribution of EM-field-encoded information to many regions of the brain (as in the global workspace model). Also, as argued above, 'field computing' may provide computation capabilities that are hard to emulate in the neuronal brain.

Положительное влияние может быть результатом фазовой синхронизации нескольких нижестоящих чувствительных к электромагнитному полю нейронов по отношению к одному и тому же стимулу; или быстрое распространение информации, закодированной в ЭМ-поле, во многие области мозга (как в глобальной модели рабочего пространства). Кроме того, как утверждалось выше, «полевые вычисления» могут предоставлять вычислительные возможности, которые трудно воспроизвести в нейронном мозгу.

Negative influences of EM fields would include all the varieties of undesirable 'feedback' familiar to both sound and electrical engineers.

Негативное влияние электромагнитных полей будет включать в себя все разновидности нежелательной «обратной связи», знакомой как звукорежиссерам, так и инженерам-электрикам.

Having both positive and negative influences on brain function, then the brain's EM field would have become visible to natural selection. Mutations in genes that enhanced sensitivity, perhaps by increasing synchronous firing, in neuronal circuits in which EM fields enhance fitness would have been positively selected; as would genes that decrease EM field sensitivity in neuronal circuits in which EM fields decreased fitness.

Обладая как положительным, так и отрицательным влиянием на функцию мозга, электромагнитное поле мозга стало предметом естественного отбора. Мутации в генах, повышающие чувствительность, возможно, за счет увеличения синхронного срабатывания в нейронных цепях, в которых электромагнитные поля

улучшают приспособленность, был бы положительно выбран; как и гены, которые снижают чувствительность к электромагнитному полю в нейронных цепях, в которых электромагнитные поля снижают приспособленность.

The brain would then have inevitably evolved into an EM fieldsensitive and conscious stream associated with synchronous neural firing; together with and an EM field-insensitive but nonconscious stream associated with asynchronously firing neurons. This is of course precisely what we find in the human mind.

Тогда мозг неизбежно превратился бы в чувствительный к электромагнитному полю и сознательный поток, связанный с синхронным нейронным возбуждением; вместе с нечувствительным к электромагнитному полю, но бессознательным потоком, связанным с асинхронно возбуждающимися нейронами. Это, конечно, именно то, что мы находим в человеческом разуме.

Indeed, once it is accepted that EM fields influence fitness both positively and negatively through their impact on neural firing rates—as seems evident from the evidence outlined above—the theory of natural selection predicts that brains will evolve in precisely this way.

В самом деле, если признать, что ЭМ-поля влияют на приспособленность как положительно, так и отрицательно за счет их воздействия на скорость возбуждения нейронов — что очевидно из приведенных выше данных, — теория естественного отбора предсказывает, что мозг будет развиваться именно таким образом.

The cemi field theory also naturally accounts for the fact that the non-conscious mind appears to operate as a parallel processor that can perform several tasks simultaneously, such as whistling a tune whilst riding a bicycle; whereas the conscious mind appears to operate as a serial computer incapable of, for example, reading whilst simultaneously engaging in a conversation.

Теория поля СЕМІ также естественным образом объясняет тот факт, что бессознательный разум действует как параллельный процессор, который может одновременно выполнять несколько задач, таких как насвистывать мелодию во время езды на велосипеде; в то время как сознательный разум, по-видимому, работает как последовательный компьютер, неспособный, например, к чтению и одновременному участию в беседе.

That the non-conscious mind can operate in parallel is not problematic. With 100 billion neurons at its disposal, it is easy to see how the brain can partition operations amongst them. The puzzle is to understand why conscious tasks always interfere with one another. As far as I am aware, this is not accounted for by any matter-based neuronal theory of

consciousness but is easily accounted for in the cemi field theory as the brain's conscious EM field, as already pointed out, is always singular.

То, что бессознательный разум может действовать параллельно, не является проблемой. Имея в своем распоряжении 100 миллиардов нейронов, легко понять, как мозг может распределять операции между ними. Загадка состоит в том, чтобы понять, почему сознательные задачи всегда мешают друг другу. Насколько мне известно, это не объясняется какой-либо нейронной теорией сознания, основанной на материи, но легко объясняется в теории СЕМІ, поскольку сознательное электромагнитное поле мозга, как уже указывалось, всегда сингулярно.

Just as tossing two stones into the same still pond will generate waves that interfere with each other; so two thoughts emerging within a brain's global EM field will always interfere with one another. So, within the cemi field theory, the brain naturally divides into a non-conscious neuronal parallel processor capable of implementing lots of independent tasks without interference; and a conscious EM field-based serial processor that can only do one thing at a time.

Точно так же, как бросание двух камней в один и тот же тихий пруд вызовет волны, которые будут интерферировать друг с другом; так что две мысли, возникающие в глобальном электромагнитном поле мозга всегда будут мешать друг другу. Итак, в рамках теории поля СЕМІ мозг естественным образом делится на бессознательный нейронный параллельный процессор, способный без помех выполнять множество независимых задач; и сознательный последовательный процессор на основе электромагнитного поля, который может делать только одну вещь за раз.

I should also point out that, in contrast to other theories of consciousness, such as IIT, although information integration is central to the cemi field theory, the theory does not predict that, as understood in its usual temporal or computational sense, information integration is either exclusive to, or maximal in, consciousness.

Я также должен отметить, что, в отличие от других теорий сознания, таких как IIT, хотя интеграция информации занимает центральное место в теории поля семі, теория не предсказывает, что в ее обычном временном или вычислительном смысле интеграция информации либо исключительна, либо максимальна в сознании.

In fact, it is perfectly possible that the simplest thoughts may sometimes dominate consciousness, consistent with the finding that meditative states are often associated with slower and more rhythmic patterns in EEG (Banquet 1973) and MEG (Dor-Ziderman et al. 2013).

На самом деле вполне возможно, что простейшие мысли могут иногда доминировать в сознании, что согласуется с открытием, что медитативные состояния часто связаны с

более медленными и более ритмичными паттернами ЭЭГ (Banquet, 1973) и МЭГ (Dor-Ziderman et al., 2013).

Conversely, the theory is also consistent with the finding that tasks that require a considerable degree of information integration, such as recognizing words, or whether one number is greater or less than another, may be performed without awareness; whereas more complex operations, such as multiplication or natural language understanding appear to require consciousness (Dehaene et al. 2006).

И наоборот, теория также согласуется с выводом о том, что задачи, требующие значительной степени интеграции информации, такие как распознавание слов или определение того, является ли одно число больше или меньше другого, могут выполняться без осознания; тогда как более сложные операции, такие как умножение или понимание естественного языка, по-видимому, требуют сознания (Dehaene et al. 2006)

The lack of correlation between complexity of information integration and conscious thought is also apparent in the commonplace observation that tasks that must surely require a massive degree of information integration, such as the locomotory actions needed to run across a rugged terrain, may be performed without awareness but simple sensory inputs, such as stubbing your toe, will over-ride your conscious thoughts.

Отсутствие корреляции между сложностью интеграции информации и сознательным мышлением также проявляется в общеизвестном наблюдении, что задачи, которые обязательно требуют значительной степени интеграции информации, такие как двигательная активность, необходимая для бега по пересеченной местности, могут выполняться неосознанно, но простые сенсорные сигналы, такие как удар пальцами ноги, пересилият ваши сознательные мысли.

The semi field theory proposes that the non-conscious neural processing involves temporal (computational) integration whereas operations, such as natural language comprehension, require the simultaneous spatial integration provided by the semi field.

The theory is also consistent with the finding that nonconscious neural processing may be more robust to disruption by external EM fields than conscious processing as is evidenced by, for example, the finding that TMS to V1 induces blindsight (Dehaene et al. 2006).

Теория поля SEMI предполагает, что бессознательная нейронная обработка включает временную (вычислительную) интеграцию, тогда как операции, такие как понимание естественного языка, требуют одновременной пространственной интеграции, обеспечиваемой SEMI-полем.

Теория также согласуется с открытием, что бессознательная нейронная обработка может быть более устойчивой к нарушению внешними электромагнитными полями, чем сознательная обработка, о чем свидетельствует, например, обнаружение того, что ТМС на V1 вызывает слепое зрение (Dehaene et al. 2006).

Signatures of consciousness

Dehaene (2014) has recently described four key signatures of consciousness: (i) a sudden ignition of parietal and prefrontal circuits; (ii) a slow P3 wave in EEG; (iii) a late and sudden burst of high-frequency oscillations; and (iv) exchange of bidirectional and synchronized messages over long distances in the cortex.

Признаки сознания

Деэне (2014) недавно описал четыре ключевых признака сознания: (i) внезапное включение теменной и префронтальной извилин; (ii) медленная волна P3 на ЭЭГ; (iii) поздний и внезапный всплеск высокочастотных колебаний; и (iv) обмен двунаправленными и синхронизированными сообщениями на большие расстояния в коре головного мозга.

It is notable that the only feature common to each of these signatures—aspects of what Dehaene calls a ‘global ignition’ or ‘avalanche’—is large endogenous EM field perturbations in the brain, entirely consistent with the semi field theory. It is also interesting to consider how EM fields may play a causal role in generating these signatures.

Примечательно, что единственная общая черта каждого из этих признаков — аспекты того, что Деэне называет «глобальным воспламенением» или «лавиной» — это большие эндогенные возмущения электромагнитного поля в головном мозге, полностью согласующиеся с теорией SEMI поля. Также интересно рассмотреть, как электромагнитные поля могут играть причинную роль в генерации этих признаков.

Firstly, as has been recognized in many studies, conscious neuronal processing tends to be associated with re-entrant circuits, essentially closed loops of neuronal activity whereby neuronal outputs are fed back into input neurons. The function of these re-entrant circuits remains controversial, but they could be analogous to amplifier circuits in electronics that boost and phase-lock oscillations by feeding outputs back into inputs.

Во-первых, как было признано во многих исследованиях, сознательная нейронная обработка, как правило, связана с цепями повторного входа, по существу, замкнутыми петлями нейронной активности, посредством которых нейронные выходы возвращаются во входные нейроны. Функция этих повторно входящих цепей остается спорной, но они могут быть аналогичны схемам усилителя в электронике, которая усиливает и синхронизирует колебания по фазе, возвращая выходы на входы.

However, in standard electronics, amplifier circuits respond linearly; whereas, as Dehaene and others have shown, consciousness demonstrates a non-linear all-or-nothing response in which increasing signal strength leads to a sudden transition from non-conscious to conscious perception.

Однако в стандартной электронике схемы усилителя реагируют линейно; тогда как, как показали Дехане и другие, сознание демонстрирует нелинейную реакцию «все или ничего», при которой усиление сигнала приводит к внезапному переходу от бессознательного к сознательному восприятию.

This is precisely the kind of behaviour—more like a phase transition—that would be expected for EM field-sensitive neuronal circuits that are acting as both transmitters and receivers of EM field information.

Именно такое поведение — больше похожее на фазовый переход — можно было бы ожидать от чувствительных к электромагнитному полю нейронных цепей, которые действуют как передатчики и приемники информации об электромагнитном поле.

If only a few neurons are firing synchronously then the EM fields generated by their firing will be too weak to influence firing. However, as more neurons are recruited into the re-entrant synchronously firing amplifier circuits then a threshold will be reached when the output EM field will be sufficiently strong to stimulate firing of multiple receiver neurons and thereby recruit more neurons into the amplifier network in a positive feedback loop.

Если только несколько нейронов возбуждаются синхронно, то электромагнитные поля, генерируемые их возбуждением, будут слишком слабыми, чтобы влиять на возбуждение.

Однако чем больше нейронов вовлекается в повторно входные синхронно запускающие схемы усилителя, затем порог будет достигнут, когда выходное электромагнитное поле будет достаточно сильным, чтобы стимулировать возбуждение нескольких нейронов-приемников и тем самым привлечь больше нейронов в сеть усилителя в петле положительной обратной связи.

This EM field loop will rapidly amplify and expand the network of synchronous oscillations to create the kind of global ignition or neuronal avalanche that, by Dehaene and others, have described as a key signature of consciousness.

Эта петля электромагнитного поля будет быстро усиливать и расширять сеть синхронных колебаний, создавая своего рода глобальное зажигание или нейронную лавину, которую Дехане и другие описали как ключевую характеристику сознания.

The role of consciousness in learning and memory

It is well established that conscious awareness or attention appears to be a prerequisite to laying down long-term memories and for learning complex tasks (Baars and Gage 2010), but the mechanism remains obscure. Most theories account for this fact by simply incorporating a requirement for consciousness in laying down memories, without any physical justification for that rule.

Роль сознания в обучении и памяти

Хорошо известно, что сознательное осознание или внимание, по-видимому, являются предпосылкой для запоминания долговременных воспоминаний и для изучения сложных задач (Baars and Gage 2010), но механизм остается неясным. Большинство теорий объясняют это факт, просто включив требование сознания в сохранение воспоминаний без какого-либо физического обоснования этого правила.

However, in the semi field theory, a role for consciousness in memory and learning emerges as a natural consequence of the theory. For example, when learning a new motor skill, such as playing the piano, the small conscious pushes and pulls towards or away from neural firing (as anticipated by William James) provided by the brain's endogenous EM field may be essential for delivering the fine motor control needed to hit the right notes at the right times.

Однако в теории поля СЕМІ роль сознания в памяти и обучении возникает как естественное следствие теории.

Например, при обучении новому двигательному навыку, такому как игра на фортепиано, небольшие сознательные толчки и оттягивания в сторону или от возбуждения нейронов (как и предполагал Уильям Джеймс), обеспечиваемые эндогенным электромагнитным полем мозга, могут иметь важное значение для обеспечения контроля над мелкой моторикой, необходимой для нажатия нужных клавиш в нужное время.

However, if the target neurones for EM augmentation are connected by Hebbian synapses then the influence of the brain's EM field will tend to either increase [long-term potentiation (LTP)] or decreased [long-term depression (LTD)] neural connectivity: networks that deliver the skill will become hard-wired. After repeated augmentation by the brain's EM field, conscious motor actions will become increasingly independent of EM field influences.

Однако, если нейроны-мишени для усиления ЭМ соединены синапсами Хебба, тогда влияние ЭМ-поля мозга будет иметь тенденцию либо к увеличению [долговременная потенцияция (ДП)], либо к уменьшению [долговременная депрессия (ДД)] нейронной связи: сети, которые обеспечивают навык, станут жестко связанными. После многократного усиления электромагнитным полем мозга сознательные двигательные действия будут становиться все более независимыми от влияния электромагнитного поля.

The motor activity will be 'learned' in the sense that it will thereafter be capable of being performed without (conscious) EM field input. Indeed, because the networks will then be hard-wired into their optimal configuration, conscious EM field inputs will then tend to perturb the learned skill, exactly as we experience.

Двигательная активность будет «выучена» в том смысле, что после этого она сможет выполняться без (сознательного) воздействия электромагнитного поля. В самом деле, поскольку тогда сети будут жестко привязаны к своей оптимальной конфигурации, сознательные входные данные ЭМ-поля будут иметь тенденцию выполнять усвоенный навык, точно так же, как мы переживаем.

With only the recognition that EM fields influence neuron firing and the rule 'neurons that fire together wire together', a role for consciousness in memory thereby becomes inevitable. This proposed mechanism makes a clear prediction, that external EM fields will tend to interfere—positively or negatively—with memory and learning; which has been demonstrated in many TMS studies (Gagnon et al. 2011; Morgan et al. 2013).

Только после признания того, что электромагнитные поля влияют на активацию нейронов, и правила «нейроны, которые активируются вместе, соединяются вместе», становится неизбежной роль сознания в памяти.

Этот предложенный механизм дает четкое предсказание того, что внешние электромагнитные поля будут иметь тенденцию взаимодействовать — положительно или отрицательно — с памятью и обучением; что было продемонстрировано во многих исследованиях ТМС (Gagnon et al. 2011; Morgan et al. 2013).

Objections to EM field theories of consciousness

I dealt with many of the most obvious objections to the cemi field theory in my earlier papers (McFadden 2002a,b), and Susan Pockett has reviewed most within an informative curated scholarpaedia page dedicated to EM field theories of consciousness (http://www.scholarpedia.org/article/Field_theories_of_consciousness).

Возражения против электромагнитно-полевых теорий сознания

Я имел дело со многими из наиболее очевидных возражений против теории поля СЕМИ в своих более ранних статьях (McFadden 2002a,b), и Сюзан Покетт рассмотрела большинство из них на информативной курируемой научной странице, посвященной теориям электромагнитного поля сознания. (http://www.scholarpedia.org/article/Field_theories_of_consciousness).

For example, it is often claimed that external EM fields incorrectly predict that external EM fields perturb our thoughts. As Pockett points out, this is easily refuted by the routine

observation that they do not significantly influence EEG signals from the brain, presumably because their frequencies and strength do not couple with brain waves.

Например, часто утверждается, что внешние электромагнитные поля неверно предсказывают, что внешние электромагнитные поля возмущают наши мысли. Как указывает Покетт, это легко опровергается рутинным наблюдением, что они не оказывают значительного влияния на сигналы ЭЭГ от мозга, предположительно потому, что их частота и сила не сочетается с мозговыми волнами.

The, by now, well-established neurophysiological (Pell et al. 2011) and cognitive (Guse et al. 2010; Rounis et al. 2010) effects of TMS do however provide strong evidence that, appropriately structured, external EM fields do indeed influence our thoughts.

К настоящему времени хорошо зарекомендовавшие себя нейрофизиологические (Pell et al. 2011) и когнитивные (Guse et al. 2010; Rounis et al. 2010) эффекты ТМС, тем не менее, убедительно доказывают, что должным образом структурированные внешние электромагнитные поля действительно влияют на наши мысли.

Nevertheless, whereas both evolution and development have, according to the cemi field theory, tuned the brain to both encode and decode EM field-based information to form coherent ideas, external EM fields from, say, TMS or MRI scanners, will, from the perspective of the brain, be incoherent signals, perhaps capable of disrupting, but not forming coherent thoughts.

Тем не менее, тогда как и эволюция, и развитие, согласно теории поля СЕМИ настроили мозг как на кодирование, так и на декодирование информации об электромагнитных полях для формирования связных идей, внешние электромагнитные поля, скажем, от сканеров ТМС или МРТ, будут, с точки зрения мозга, представлять собой бессвязные сигналы, возможно, способные нарушать, но не формировать связные мысли.

Another common objection to EM field theories of consciousness is that 'split brain' patients with severed corpus callosum appear to possess two separated consciousnesses, despite, presumably, retaining a single intact brain EM field. However, although EM waves can indeed travel huge distance, their strength is subject to an inverse or cube law so that, as outlined above, EM field perturbations rapidly fall off with distance.

Еще одно распространенное возражение против теории электромагнитного поля сознания заключается в том, что пациенты с «расщепленным мозгом» с рассечённым мозолистым телом, по-видимому, обладают двумя отдельными сознаниями. Несмотря на, по-видимому, сохранение единого интактного электромагнитного поля мозга.

Однако, хотя электромагнитные волны действительно могут распространяться на огромные расстояния, их сила подчиняется обратному или кубическому закону, так что, как указано выше, возмущения электромагнитного поля быстро затухают с расстоянием.

For consciousness to be global, conscious information in EM fields thereby must to be amplified and transmitted by relays of in recurrent oscillations of synchronously firing neurons. It is these recurrent neuronal networks that are severed by the cutting of the corpus callosum in split brain patients, thereby preventing conscious EM field information in the right hemisphere from reaching speech centres in the left hemisphere (Fig. 3) and vice versa. Without the unification provided by networks of synchronously firing neurons, EM field information in each hemisphere will remain locked in each hemisphere.

Чтобы сознание было глобальным, сознательная информация в электромагнитных полях, таким образом, должна усиливаться и передаваться реле в рекуррентных колебаниях синхронно возбуждающихся нейронов. Именно эти рекуррентные нейронные сети перерезаются при разрезании мозолистого тела у пациентов с расщепленным мозгом, тем самым препятствуя тому, чтобы сознательная информация ЭМ-поля в правом полушарии достигала речевых центров в левом полушарии (рис. 3) и наоборот. Без объединения, обеспечиваемого сетями синхронно возбуждающихся нейронов, информация электромагнитного поля в каждом полушарии останется запертой в каждом полушарии.

Finally, there is the question why only some EM fields—those found inside brains—are conscious; whereas other EM fields, such as those generated by a toaster, are presumed to be non-conscious. Yet, just as people and toasters are made of matter but not all matter is alive, similarly, though consciousness may be made of EM fields, not all EM fields are conscious.

Наконец, возникает вопрос, почему только некоторые электромагнитные поля — те, что находятся внутри мозга, — сознательны; в то время как другие электромагнитные поля, например, генерируемые тостером, считаются бессознательными. Тем не менее, как люди и тостеры сделаны из материи, но не вся материя живая, точно так же, хотя сознание может состоять из электромагнитных полей, не все электромагнитные поля сознательны.

The minimal characteristic of an EM field to qualify as conscious must surely be that it possesses sufficient complexity to encode complex computations together with causal power capable of transferring thoughts to another conscious being. Neither of these conditions is satisfied by the EM fields of a toaster or any other EM field, other than those inside brains. The cemi field theory thereby does not predict panpsychism for such objects.

Минимальная характеристика электромагнитного поля, чтобы оно могло квалифицироваться как сознательное, должно несомненно, быть обладание

достаточной сложностью для кодирования сложных вычислений вместе с каузальной силой, способной передавать мысли другому сознательному существу. Ни одно из этих условий не удовлетворяется электромагнитными полями тостера или любыми другими электромагнитными полями, кроме тех, которые находятся внутри мозга. Таким образом, теория CEMI поля не предсказывает панпсихизм для таких объектов.

Testing the cemi field theory

Many of the predictions of the cemi field theory, such as that appropriately structured external EM fields will influence neural firing patterns and thoughts, have already been confirmed, as described above.

Проверка теории поля CEMI

Многие из предсказаний теории поля CEMI, например, о том, что надлежащим образом структурированные внешние электромагнитные поля будут влиять на паттерны возбуждения нейронов и мысли, уже были подтверждены, как описано выше.

The recent development of brain–computer interfaces (Mashat et al. 2017; Lazarou et al. 2018; Nuyujukian et al. 2018) that measure EEG signals and analyse those signals to generate limb motor outputs via TMS, effectively operates the same informational loop from neuron to neuron via the brain’s EM fields, as is proposed in the cemi field theory.

Недавняя разработка интерфейсов мозг-компьютер (Mashat et al. 2017; Lazarou et al. 2018; Nuyujukian et al. 2018), которые измеряют сигналы ЭЭГ и анализируют эти сигналы для генерации выходных сигналов моторики конечностей с помощью ТМС, эффективно управляют той же информационной петлей от нейрона к нейрону через электромагнитные поля мозга, как это предлагается в теории CEMI-поля.

Patients trained to use these devices experience EM field mediated motor control as their conscious actions. The cemi field theory merely proposes that the same information loop exists in all of us: we call it free will.

Пациенты, обученные пользоваться этими устройствами, испытывают двигательный контроль, опосредованный электромагнитным полем, как свои сознательные действия. Теория поля CEMI просто предполагает, что во всех нас существует такая же информационная петля: мы называем это свободой воли.

However, the cemi field theory also makes predictions that have yet to be tested, such as the possibility of inhibiting specific responses through specific external EM field perturbations. For example, it is well established that stimulus-provoked decision-making is accompanied by characteristic event related potentials (ERPs), such as the P300 (P3) wave that is associated with higher-level processing of incoming sensory information.

Тем не менее, теория СЕМІ-поля также делает предсказания, которые еще предстоит проверить, например, возможность подавления специфических реакций посредством специфических возмущений внешнего электромагнитного поля.

Например, хорошо известно, что принятие решений, спровоцированное стимулом, сопровождается характерными потенциалами, связанными с событиями (ERP), такими как волна Р300 (РЗ), которая связана с обработкой поступающей сенсорной информации на более высоком уровне.

The cemi field theory predicts that appropriately shaped artificial radio frequency or microwave EM fields that penetrate brain tissue should either reinforce or inhibit the motor response normally associated with the ERPs in a frequency and phase-dependent manner.

Теория поля СЕМІ предсказывает, что искусственные радиочастотные или микроволновые электромагнитные поля соответствующей формы, которые проникают в ткани головного мозга, должны либо усиливать, либо ингибировать двигательную реакцию, обычно связанную с ERP, в зависимости от частоты и фазы.

The cemi theory also has potentially transformative implications for the engineering of artificial consciousness. It accounts for why conventional computers, despite their undoubted computational skills, have not exhibited the slightest spark of consciousness, nor any signs of the general intelligence endowed by conscious minds.

СЕМІ-теория также имеет потенциально преобразующие последствия для разработки искусственного сознания. Это объясняет, почему обычные компьютеры, несмотря на их несомненные вычислительные способности, не продемонстрировали ни малейшей искры сознания, ни каких-либо признаков общего интеллекта, которым наделены сознательные умы.

Many AI enthusiasts argue that artificial consciousness will emerge when computers eventually overtake the computational speed of the brain. The cemi theory predicts instead that no computer that computes solely through matter will ever be conscious, irrespective of its complexity, architecture or computational speed.

Многие энтузиасты ИИ утверждают, что искусственное сознание появится, когда компьютеры в конечном итоге превзойдут вычислительную скорость мозга. Теория СЕМІ вместо этого предсказывает, что ни один компьютер, который вычисляет исключительно с помощью материи, никогда не будет сознательным, независимо от его сложности, архитектуры или скорости вычислений.

The human brain is estimated to operate at about 1 exaFLOP capable of performing a billion billion calculations per second, about 20 times faster than the world's fastest (in 2019) computer, the US Department of Energy's Oak Ridge National Laboratory's Summit, or OLCF-4 supercomputer. With computer speed continuing to follow

Moore's law, this prediction of the semi field theory is likely to be tested within a decade or so.

По оценкам, человеческий мозг работает со скоростью около 1 эксафлоп, способной выполнять миллиард миллиардов вычислений в секунду, что примерно в 20 раз быстрее, чем самый быстрый в мире (в 2019 году) компьютер, Саммит Национальной лаборатории Ок-Риджа Министерства энергетики США или суперкомпьютер OLCF-4. Со скоростью компьютера, продолжающей следовать Согласно закону Мура, это предсказание теории семиполя, скорее всего, будет проверено в течение десятилетия или около того.

However, although the semi field theory insists that conventional computers will never be conscious, it does provide a route towards artificial consciousness through designing an EM field-sensitive computer. In fact, one may already have been constructed, albeit accidentally.

Однако, несмотря на то, что теория SEMI-поля настаивает на том, что обычные компьютеры никогда не будут сознательны, она предлагает путь к искусственному сознанию путем разработки компьютера, чувствительного к электромагнитному полю. На самом деле, возможно, он уже был построен, хотя и случайно.

I previously described (McFadden 2002a) experiments performed by the School of Cognitive & Computing Sciences (COGS) group at the University of Sussex (Thompson et al. 1996; Davidson 1997), that group appears to have evolved an electronic circuit that computes through EM field interactions.

Ранее я описывал (McFadden 2002a) эксперименты, проведенные группой Школы когнитивных и вычислительных наук (COGS) Университета Сассекса (Thompson et al. 1996; Davidson 1997), эта группа, по-видимому, разработала электронную схему, которая вычисляет посредством взаимодействия электромагнитного поля.

The team used a silicon chip known as a field-programmable gate array (FPGA), comprised of an array of cells and software-configurable switches. Starting from a population of random configurations, the team selected for those better able to solve the toy task of distinguishing between two musical tones.

Команда использовала кремниевый чип, известный как программируемая полем вентиляционная матрица (FPGA), состоящая из массива ячеек и программно-конфигурируемых переключателей. Начиная из множества случайных конфигураций команда отобрала тех, кто лучше справляется с игрушечной задачей по различению двух музыкальных тонов.

After 5000 generations of this artificial selection, they succeeded in evolving a chip that could efficiently perform this task. However, when they examined its circuit diagram they discovered that some of its components which, if removed, impaired function, yet were not

connected by wires to either inputs or outputs. Also, the performance of the chip was erratic and tended to work best at night.

После 5000 поколений этого искусственного отбора им удалось разработать чип, который мог бы эффективно выполнять эту задачу. Однако, изучив его принципиальную схему, они обнаружили, что некоторые из его компонентов, которые при удалении нарушали работу, все же не были соединены проводами ни с входами, ни с выходами. Кроме того, производительность чипа была неустойчивой и, как правило, лучше всего работала ночью.

The solution to both these puzzles came from their realization that they had evolved the chip during experiments performed mostly at night when the researchers tended to listen to the radio. They concluded that their evolutionary process had not only optimized the wired connection of the chip, but also harnessed EMF coupling between the FPGA chip and the radio: they had evolved an algorithm in space, rather than time. I previously proposed (McFadden 2002a) that an analogous, though natural process, led to the evolution of consciousness in the human lineage.

Решение обеих этих загадок пришло, когда они поняли, что разработали чип в ходе экспериментов, проводимых в основном ночью, когда исследователи обычно слушали радио. Они пришли к выводу, что их эволюционный процесс не только оптимизировал проводное соединение чипа, но также использовал электромагнитную связь между чипом FPGA и радио: они эволюционировали алгоритм в пространстве, а не во времени. Ранее я предполагал (McFadden 2002a), что аналогичный, хотя и естественный процесс, привел к эволюции сознания в человеческой родословной.

As far as I know, the approach of the COGS group has not been explored further; but, if the semi field theory is correct, it provides a possible route towards building an artificial conscious mind.

Насколько мне известно, подход группы COGS больше не изучался; но, если теория SEMI поля верна, она обеспечивает возможный путь к созданию искусственного сознательного разума.

The physics of consciousness

Further insights into why we need EM fields to encode integrated conscious information can be gained directly from consideration of the physics of matter and energy. Matter is particulate whereas EM energy, such as light, is composed of waves.

Физика сознания

Дальнейшее понимание того, почему нам нужны электромагнитные поля для кодирования интегрированной сознательной информации, может быть получено

непосредственно из рассмотрения физики материи и энергии. Материя состоит из частиц, тогда как электромагнитная энергия, такая как свет, состоит из волн.

Nevertheless, the foundational experiments of quantum mechanics demonstrated that particles have wave-like properties and waves have associated particle properties. The information encoded in a particle is then also encoded in the wave associated with the particle. Physically unified integrated information could then potentially be encoded in matter, if their associated matter waves overlap.

Тем не менее, основополагающие эксперименты квантовой механики продемонстрировали, что частицы обладают волнообразными свойствами, а волны имеют связанные с ними свойства частиц. Информация, закодированная в частице, затем также закодирована в волне, связанной с частицей. Физически единая интегрированная информация потенциально может быть закодирована в материи, если связанные с ней материальные волны перекрываются.

The wave-like properties of matter particles are however limited by their de Broglie wavelength, which is inversely proportional to their momentum (product of mass velocity). So, an electron with rest mass energy of 0.511 MeV and kinetic energy of 1 eV will have an associated de Broglie wavelength of 1.23 nm.

Однако волновые свойства частиц материи ограничены их длиной волны де Бройля, которая обратно пропорциональна их импульсу (произведению массовой скорости). Таким образом, электрон с энергией массы покоя 0,511 МэВ и кинетической энергией 1 эВ будет иметь соответствующую длину волны де Бройля 1,23 нм.

This is larger than the typical size of atoms, so electrons are delocalized in atomic orbitals of molecules such as benzene whose three pi electrons are delocalized across all six carbon atoms in the molecule. The electronic information encoded in the matter of electrons is thereby physically unified within molecules. However, the proton is about 1800 times more massive than an electron so its de Broglie wavelength and thereby its wave-like properties, when travelling at the same speed as the electron, is 1800 times smaller.

Это больше, чем типичный размер атомов, поэтому электроны делокализованы на атомных орбиталях молекул, таких как бензол, три пи-электрона которого делокализованы по всем шести атомам углерода в молекуле.

Таким образом, электронная информация, закодированная в материи электронов, физически объединяется внутри молекул. Однако протон примерно в 1800 раз массивнее электрона, поэтому его длина волны де Бройля и, следовательно, его волновые свойства при движении с той же скоростью, что и электрон, в 1800 раз меньше.

The matter of protons is thereby localized entirely within the nucleus of each atom of a molecule such as benzene.

Imagine writing either a 1 or 0 on each of three protons, or each of three pi electrons, in a single benzene molecule. To examine the three proton bits, it would be necessary to interrogate all three atoms within the molecule because each bit is locked within the de Broglie wavelength of each particle: their information is discrete and localized, not integrated.

Таким образом, материя протонов полностью локализована внутри ядра каждого атома молекулы, такой как бензол.

Представьте, что вы пишете 1 или 0 на каждом из трех протонов, или на каждом из трех пи-электронов в одной молекуле бензола. Чтобы изучить три протонных бита, необходимо опросить все три атома внутри молекулы, потому что каждый бит заперт в пределах длины волны де Бройля каждой частицы: их информация дискретна и локализована, а не интегрирована.

Yet all three electrons bits could be recovered by examining the pi electron configuration at any of the six atoms within the benzene ring: their information is delocalized and thereby integrated and unified across each of the atoms within the molecule. Essentially, each pi electron behaves like a wave within each benzene molecule: the information of all three electrons is bound within the molecule.

Тем не менее, все три бита электронов можно восстановить, изучив пи-электронную конфигурацию любого из шести атомов в бензольном кольце: их информация делокализована и, таким образом, интегрирована и унифицирована для каждого из атомов в молекуле. По сути, каждый пи-электрон ведет себя как волна внутри каждой молекулы бензола: информация всех трех электронов связана внутри молекулы.

Yet, this electron particle information molecule would not be available from an adjacent benzene molecule in, say, a crystal of benzene; unless the crystal is cooled to close to absolute zero so that the kinetic energy and thereby momentum of each particle is drastically reduced thereby lengthening its de Broglie wavelength and its wave-like properties, beyond individual molecules.

Тем не менее, эта информация из электронных частиц молекулы не была бы доступна из соседней молекулы бензола, скажем, в кристалле бензола; если кристалл не охладить почти до абсолютного нуля, чтобы кинетическая энергия и, следовательно, импульс каждой частицы резко уменьшились, тем самым удлинив длину волны де Бройля и волнообразные свойства за пределами отдельных молекул.

Since de Broglie wavelength is inversely proportionally to mass, molecules become more and more particle-like as they become more massive and detection of their wave nature, and thereby their ability to encode physically integrated information, becomes correspondingly difficult.

Поскольку длина волны де Бройля обратно пропорциональна массе, молекулы становятся все более и более похожими на частицы по мере того, как они становятся более массивными, и обнаружение их волновой природы, и, следовательно, их способности кодировать физически интегрированную информацию соответственно становятся затруднительной.

Hence, although the wave properties of electrons was demonstrated in 1927, detecting the wave properties of a molecule consisting of up to 2000 atoms with de Broglie wavelengths of around 53 fm, five orders of magnitude smaller than the diameter of the molecule, was achieved only in 2019 in a stunning tour de force of interferometry (Fein et al. 2019).

Следовательно, хотя волновые свойства электронов были продемонстрированы в 1927 г., обнаружение волновых свойств молекулы, состоящей из до 2000 атомов с длиной волны де Бройля около 53 фм, что на пять порядков меньше диаметра молекулы, было достигнуто только в 2019 г. в ошеломляющем проявлении силы интерферометрии (Фейн и др., 2019).

However, under normal circumstances the information encoded within matter particles is integrated only within atoms and molecules, not between them (Fig. 4). This is what we mean by 'matter'. So information encoded in the matter particles of neurons, their ions, neurotransmitters or other biomolecules, is always discrete and localized within each molecule.

Однако в нормальных условиях информация, закодированная в частицах материи, интегрируется только внутри атомов и молекул, а не между ними (рис. 4). Это то, что мы подразумеваем под «материей». Так что информация, закодированная в частицах вещества нейронов, их ионах, нейротрансмиттерах или других биомолекулах, всегда дискретна и локализована внутри каждой молекулы.

This kind of information, although perfectly functional for temporal information processing, cannot be the substrate of physically integrated, unified and bound conscious information.

Этот вид информации, хотя и идеально подходит для временной обработки информации, не может быть субстратом физически интегрированной, унифицированной и связанной сознательной информации.

However, the situation is very different if, instead of the particles themselves, we consider the EM fields generated by charged particles, such as electrons. The EM field particle, the photon, has zero mass (photons do possess 'relativistic mass' but this is irrelevant to this argument.) so has no de Broglie wavelength.

Однако ситуация сильно изменится, если вместо самих частиц рассматривать ЭМ поля, создаваемые заряженными частицами, например электронами. Частица электромагнитного поля, фотон имеет нулевую массу (фотоны действительно обладают «релятивистской массой», но это не имеет отношения к данному аргументу), поэтому не имеет длины волны де Бройля.

Instead, its wave potentially extends to infinity.

The EM field of charged particles consist of virtual photons whose waves similarly extend to infinity, though decreasing in intensity according to an inverse square and cube laws (Fig. 4).

Вместо этого его волна потенциально простирается до бесконечности.

ЭМ поле заряженных частиц состоит из виртуальных фотонов, волны которых так же простираются в бесконечность, но уменьшаются по интенсивности по законам обратного квадрата и куба (рис. 4).

Therefore, information encoded in charged particles of the brain, such as the ions involved in generating action potentials, is integrated, unified and bound within the overlapping EM fields generated by their motion. The brain's EM field, rather than its matter, is thereby the only feasible physical substrate for conscious integrated information. Consciousness is what physically integrated information feels like, from the frame of the photons encoding that information.

Следовательно, информация, закодированная в заряженных частицах мозга, таких как ионы, участвующие в генерации потенциалов действия, интегрируется, унифицируется и связывается в перекрывающихся электромагнитных полях, генерируемых их движением. Таким образом, электромагнитное поле мозга, а не его материя, является единственным возможным физическим субстратом для осознанной интегрированной информации. Сознание — это то, на что похожа физически интегрированная информация из кадра фотонов, кодирующих эту информацию.

Discussion and Conclusions

Nagel famously asked us to imagine what it is like being a bat and insisted that we never can. The cemi field theory asks us to imagine what it would be like to be an EM field with inputs from oscillating electrons in neuronal membranes and outputs to oscillating electrons in neuronal membranes.

Обсуждение и выводы

Нагель, как известно, предлагал нам представить, каково это быть летучей мышью, и настаивал на том, что мы никогда не сможем этого сделать. Теория СЕМІ-поля предлагает нам представить, что было бы, если бы это было ЭМ-поле с входами от колеблющихся электронов в мембранах нейронов и выходами для колеблющихся электронов в мембранах нейронов.

Our tendency is to view this from a third person perspective looking down on the EM field and asking what its properties are. However, we must instead imagine moving to the frame of the brain's EM field.

This will be very different, analogous to how an EM field may be experienced as magnetic, from a stationary frame, but electric, from a moving frame, and vice versa.

Наша тенденция состоит в том, чтобы смотреть на это с точки зрения третьего лица, глядя сверху вниз на электромагнитное поле и спрашивая, каковы его свойства.

Однако вместо этого мы должны представить себе перемещение в рамки электромагнитного поля мозга.

Это будет совсем по-другому, аналогично тому, как электромагнитное поле может восприниматься как магнитное в неподвижной системе отсчета, но как электрическое в движущейся системе отсчета, и наоборот.

Einstein came up with special relativity through his gedanken experiment of considering what the universe would look like from the frame of a photon.

Understanding awareness requires a similar shift to the frame of the EM field of the brain.

We can, for example, consider what

it would be like to be one photon in the cloud of photons (the cemi field) that travel from emitting to receiving electrons in neuronal membranes of the brain.

Эйнштейн придумал специальную теорию относительности в ходе своего воображаемого эксперимента, в котором он рассматривал, как будет выглядеть Вселенная с точки зрения фотона.

Понимание сознания требует аналогичного перехода к структуре электромагнитного поля мозга. Мы можем, например, рассмотреть, что это все равно, что быть одним фотоном в облаке фотонов (поле cemi), которые перемещаются от испускающих к принимающим электронам в мембранах нейронов мозга.

From their frame, since they

are massless particles that travel at the speed of light, they experience neither space nor time between emission and reception. Between these points, they may carry, say, up to 10 bits of information encoded in the photon's energy, spin and direction (Tentrup et al. 2017).

С их точки зрения, так как они являются безмассовыми частицами, движущимися со скоростью света, они не испытывают ни пространства, ни времени между испусканием и получением. Между этими точками они могут нести, скажем, до 10 бит информации, закодированной в энергии, вращении и направлении фотона (Тентруп и др., 2017).

However, between emission and absorption, photons are more properly considered as delocalized waves that obey Maxwell's laws. The cemi field is then the superposition of trillions of photon waves whose information is encoded in their ensuing pattern of constructive and destructive interference.

Однако между излучением и поглощением фотоны правильнее рассматривать как делокализованные волны, подчиняющиеся законам Максвелла. Таким образом, СeMI-поле является суперпозицией триллионов фотонных волн, информация которых закодирована в их последующем паттерне конструктивной и деструктивной интерференции.

That information is present at all points in the field, in the sense that the information encoded in a single photon emitted by an oscillating electron, say in the hypothalamus, can materialize—be absorbed by—any charged particle in its light cone, though with probability subject to the inverse square law and attenuation due to absorption events between emitter and receiver.

Эта информация присутствует во всех точках поля в том смысле, что информация, закодированная в одном фотоне, испускаемом колеблющимся электроном, скажем, в гипоталамусе, может материализоваться - быть поглощенной - любой заряженной частицей в ее световом конусе, хотя с вероятностью подчиняется закону обратных квадратов и затуханию из-за событий поглощения между излучателем и приемником.

Nevertheless, within the brain, the light cones of all the trillions of emitted photon will almost entirely overlap. Any charged particle in the brain (or outside, but with rapidly diminishing probability) can potentially be the receiver of any of the trillions of emitted 10 bit packages of information available in the entire field.

Тем не менее внутри мозга световые конусы всех триллионов испускаемых фотонов будут почти полностью перекрываться. Любая заряженная частица в мозгу (или вне его, но с быстро уменьшающейся вероятностью) потенциально может быть приемником любого из триллионов излучаемых 10-битных пакетов информации, доступных во всем поле.

So, each point in the field represents the integrations of trillions of bits of physically encoded information instantaneously present at each point in the field. I previously proposed that 'Nearly all qualia—the sound of C minor, the meaning of the number seven, the image of a triangle, the concept of a motor car, the feeling of anger, etc.—are similarly complex ... conscious states [that] integrate parallel information streams to form a model that is both complex and physically unified within the semi field.'

Таким образом, каждая точка поля представляет собой совокупность триллионов битов физически закодированной информации, мгновенно присутствующей в каждой точке поля. Ранее я предположил, что «почти все квалиа — звук до минор, значение числа семь, изображение треугольника, понятие автомобиля, чувство гнева и т. д. сложные ... сознательные состояния, [которые] объединяют параллельные информационные потоки, чтобы сформировать модель, которая одновременно сложна и физически едина в поле СeMI».

That is, the qualia associated with hearing the musical note middle C is what an a EM field perturbation in the brain that correlates with the sensory input of middle C feels like, from the inside. IIT theory has also proposed that qualia are the experience of integrated information (Balduzzi and Tononi 2009); although Barrett argued that IIT cannot capture intrinsic (independent of an observer's frame of reference) integrated information yet that could be captured by an EM field-based consciousness (Barrett 2014).

То есть квалиа, связанные со слушанием средней музыкальной ноты «до», — это то, на что похоже внутреннее возмущение электромагнитного поля в мозгу, которое коррелирует с сенсорным входом средней «до». Теория ИИТ также предполагает, что квалиа — это опыт интегрированной информации (Бальдуцци и Тонони, 2009); хотя Барретт утверждал, что ИИТ не может уловить внутреннюю (независимую от системы отсчета наблюдателя) интегрированную информацию, но которая может быть уловлена сознанием, основанным на электромагнитном поле (Барретт, 2014).

In this sense, the semi theory incorporates Chalmers' (Chalmers 1995) 'double-aspect' principle that information has both a physical, and a phenomenal or experiential aspect. At the particulate level, a molecule of the neurotransmitter glutamate encodes bond energies, angles, etc. but nothing extrinsic to itself. Awareness makes no sense for this kind matter-encoded information: what can glutamate be aware of except itself?

В этом смысле теория semi включает в себя принцип «двойного аспекта» Чалмерса (Chalmers 1995), согласно которому информация имеет как физический, так и феноменальный или эмпирический аспект. На уровне частиц молекула нейротрансмиттера глутамата кодирует энергию связи, углы и т. д., но ничего постороннего для себя. Осознание не имеет смысла для такого рода закодированной в материи информации: что может осознавать глутамат, кроме самого себя?

Conversely, at the wave level, information encoded in physical fields is physically unified and can encode extrinsic information, as utilized in TV and radio signals. This EM field-based information will, according to the double-aspect principle, be a suitable substrate for experience. As proposed in my earlier paper (McFadden 2002a) 'awareness will be a property of any system in which information is integrated into an information field that is complex enough to encode representations of real objects in the outside world (such as a face)'

Напротив, на волновом уровне информация, закодированная в физических полях, физически унифицирована и может кодировать внешнюю информацию, используемую в телевизионных и радиосигналах. Эта ЭМ-полевая информация будет, в соответствии с принципом двойного аспекта, подходящей основой для опыта. Как было предложено в моей более ранней статье (McFadden 2002a), «осознанность будет свойством любой системы, в которой информация интегрирована в информационное поле, достаточно сложное для кодирования представлений реальных объектов внешнего мира (например, лица)».

Nevertheless, awareness is meaningless unless it can communicate so only fields that have access to a motor system, such as the cemi field, are candidates for any scientific notion of consciousness.

Тем не менее, осознание бессмысленно, если оно не может коммуницировать, поэтому только поля, имеющие доступ к двигательной системе, такие как как поле СЕМІ, являются кандидатами на любое научное объяснение сознания.

I previously proposed (McFadden 2013b), that complex information acquires its meaning, in the sense of binding of all of the varied aspects of a mental object, in the brain's EM field. Here, I extend this idea to propose that meaning is an algorithm experienced, in its entirety from problem to its solution, as a single percept in the global workspace of brain's EM field.

Ранее я предположил (McFadden 2013b), что сложная информация приобретает свое значение в смысле связывания всех разнообразных аспектов ментального объекта в ЭМ-поле мозга.

Здесь я расширяю эту идею, предполагая, что смысл — это алгоритм, переживаемый во всей его полноте, от проблемы до ее решения, как единое восприятие в глобальном рабочем пространстве электромагнитного поля мозга.

This is where distributed information encoded in millions of physically separated neurons comes together. It is where Shakespeare's words are turned into his poetry. It is also, where problems and solutions, such as how to untangle a rope from the wheels of a bicycle are grasped in their entirety.

Именно здесь объединяется распределенная информация, закодированная в миллионах физически разделенных нейронов. Именно здесь слова Шекспира превращаются в его стихи. Это также место, где проблемы и решения, например, как распутать веревку с колес велосипеда, схватываются во всей полноте.

There are of course many unanswered questions, such as degree and extent of synchrony required to encode conscious thoughts, the influence of drugs or anaesthetics on the cemi field or whether cemi fields are causally active in animal brains. Yet the cemi theory provides a new paradigm in which consciousness is rooted in an entirely physical, measurable and artificially malleable physical structure and is amenable to experimental testing.

Конечно, остается много вопросов без ответа, таких как уровень и степень синхронности, необходимой для кодирования сознательных мыслей, влияние лекарств или анестетиков на СЕМІ поле или являются ли СЕМІ поля причинно-следственной активностью в мозге животных. Тем не менее, теория СЕМІ предлагает новую парадигму, в которой сознание укоренено в полностью физической, измеримой и

искусственно податливой физической структуре и поддается экспериментальной проверке.

The cemi field theory thereby delivers a kind of dualism, but it is a scientific dualism built on the distinction between matter and energy, rather than matter and spirit. Consciousness is what algorithms that exist simultaneously in the space of the brain's EM field, feel like.

Таким образом, теория СЕМІ поля дает своего рода дуализм, но это научный дуализм, построенный на различии между материей и энергией, а не материей и духом. Сознание — это то, что ощущают алгоритмы, существующие одновременно в пространстве ЭМ поля мозга.

Conflict of interest statement. None declared.

Acknowledgements

John Jacob Astor Charitable Trust

Заявление о конфликте интересов. Конфликт интересов отсутствует.

Благодарности

Благотворительный фонд Джона Джейкоба Астора