



Антропный принцип и споры о науке и религии

Джон Полкинхорн

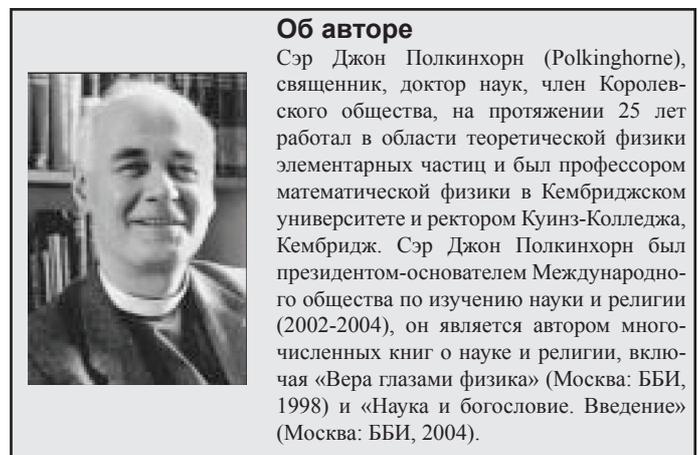
Резюме

Углеродная форма жизни могла развиваться только в такой вселенной, которой были даны в высшей степени особенные законы природы. Возможные объяснения подобной «тонкой настройки» ссылаются либо на гипотезу о мультивселенной, либо на идею творения. В данной работе производится оценка этих конкурирующих взглядов.

Та Вселенная, которую мы наблюдаем сегодня, возникла около 13,7 миллиардов лет назад в сингулярном состоянии предельных температуры и плотности, которое мы в разговорной речи называем «Большим взрывом». На заре своего существования Вселенная была структурно очень проста, являясь практически однородным разрастающимся шаром материи/энергии. То, что в ту раннюю эпоху все было еще довольно несложным и теперь легко поддается моделированию, является одной из причин, по которой космологи могут говорить об этом времени с достаточной долей уверенности. После практически четырнадцати миллиардов лет развития Вселенная очень усложнилась, вплоть до возникновения человеческого мозга (содержит 10^{11} нейронов и более 10^{14} связей между ними), самой сложной системы, с которой наука столкнулась в своем исследовании мира.

Эволюционные процессы включают в себя взаимодействие между двумя аспектами мира природы, которые в виде лозунга можно обозначить как «случайность и необходимость». На самом деле, во Вселенной произошла лишь малая часть того, что могло бы иметь место, и «случайность» делает действительные события непредсказуемыми. Например, на раннем этапе существования Вселенной в распределении материи происходили небольшие флуктуации. Эта неоднородность бросила случайные семена, из которых, в конце концов, развилась зернистая структура звезд и галактик. Фактические детали этой космической структуры стали следствием случайности, но процесс включал в себя и законную «необходимость», выраженную в действии силы тяжести. Несколько большее количество материи в «этом месте» вызвало несколько большее гравитационное притяжение к «этому месту», начав лавинообразный процесс, в результате которого произошло уплотнение галактик.

Главное прозрение антропного принципа (АП) заключается в том, что особый характер законной необходимости был обязан иметь строго определенную форму — зачастую она выражается метафорой «тонкая настройка» (*fine-tuning*) законов природы — для того, чтобы на пространствах Вселенной стало возможно само становление *anthropoi*¹. Иными словами, простого эволюционного изучения того,



Об авторе

Сэр Джон Полкинхорн (Polkinghorne), священник, доктор наук, член Королевского общества, на протяжении 25 лет работал в области теоретической физики элементарных частиц и был профессором математической физики в Кембриджском университете и ректором Куинз-Колледжа, Кембридж. Сэр Джон Полкинхорн был президентом-основателем Международного общества по изучению науки и религии (2002-2004), он является автором многочисленных книг о науке и религии, включая «Вера глазами физика» (Москва: БИ, 1998) и «Наука и богословие. Введение» (Москва: БИ, 2004).

что могло бы случиться (случайности), не было бы достаточно, если бы законная регулярность Вселенной (необходимость) не приняла весьма специфическую форму, необходимую для возможного возникновения жизни. Когда возникла жизнь, Вселенной было уже несколько миллиардов лет, но такую возможность она заключала в себе изначально.

К этому неожиданному заключению приводит целая совокупность научных открытий, которые касаются процессов, имевших место на различных этапах космической истории, от малой доли секунды после Большого взрыва, через первое поколение звезд и галактик, вплоть до космических процессов, происходящих в наши дни. Будет достаточно упомянуть несколько примеров, иллюстрирующих, какие в данном случае были приняты соображения. Для более всестороннего и детального изучения можно сослаться на ряд подробных исследований².

Антропные особенности

Для возможности возникновения углеродной формы жизни управляющие Вселенной законы должны подчиняться ряду ограничений.

¹ В переводе с греч. «люди»; здесь это слово означает не буквально «человечество» как совокупность пятипалых существ, а скорее, всю сложность углеродной формы жизни в целом.

² Barrow, J.D. and Tipler, F.J.. *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford University Press (1986); Leslie, J. *Universes*, London: Routledge (1989); Holder, R.D. *God, the Multiverse, and Everything*, Aldershot: Ashgate (2004).

1. Открытый характер

Наука постепенно пришла к выводу, что возникновение чего-либо действительно нового зависит от существования систем, которые, можно сказать, находятся «на грани хаоса». Под этим подразумевается, что в них неуловимым образом переплетаются регулярность и открытость, порядок и беспорядок. Те системы, в которых преобладает жесткий порядок, являются недостаточно гибкими, чтобы позволить появление действительно нового. Возможна лишь перестановка имеющихся элементов, но она не приносит истинной новизны. Те же системы, в которых слишком много случайности, показывают нестабильность, которая означает, что ничто новое в них не сможет долго продержаться. Известная история биологической эволюции иллюстрирует высказанное утверждение. При отсутствии генетических мутаций новые формы жизни никогда бы не развились, а если бы мутаций было слишком много, никогда бы не утвердились виды, среди которых происходил естественный отбор.

Основной характер физического закона — квантово-механический, последствия чего включают как надежность (например, стабильность атомов), так и открытость (непредсказуемость множества исходов). Вероятнее всего, эти черты были необходимы для зарождения жизни, которое было бы невозможно, если бы Вселенная управлялась ньютоновским детерминизмом.

2. Общие установки

Стабильность планетных орбит, очевидное условие для развития на одной из них жизни, происходит от того факта, что сила притяжения подчиняется закону обратного квадрата. При, скажем, законе обратного куба, Солнечная система не смогла бы существовать хоть сколь-нибудь долго. Обратный квадратичный характер гравитации связан с измерениями пространства. Если бы пространство было четырех-, а не трехмерным, гравитация действительно подчинялась бы закону обратного куба.

3. Количественная специфика

В нашей Вселенной действуют четыре фундаментальные силы природы. Их величины определяются значением четырех соответствующих природных постоянных. Постоянная тонкой структуры (α) определяет силу электромагнетизма, гравитационная постоянная Ньютона (G) определяет силу притяжения, и две постоянные определяют ядерные силы: g_s — сильного взаимодействия, которое удерживает элементы ядра вместе, а g_w — слабого взаимодействия, которое вызывает некоторые распады ядра, а также контролирует взаимодействия нейтрино. Для возможности возникновения жизни во Вселенной, величины всех этих констант должны быть сильно ограничены.

Если бы g_w была чуть меньше, то в начале существования Вселенной весь водород превратился бы в гелий еще до того, как охладиться до температуры, при которой прекратились космические ядерные процессы. Это бы значило, что не было бы не только столь необходимой для жизни воды, но и что в звездах происходило бы горение гелия, и они существовали бы недостаточно долго, чтобы поддерживать развитие жизни на своих планетах. Чуть большее значение g_w препятствовало бы взрывам сверхновых.

Последний факт имел бы серьезные последствия для сложных и тонко сбалансированных процессов, в результате которых появился химический исходный материал для жизни. Поскольку очень ранняя Вселенная была проста, она

производила только два простейших элемента: водород и гелий. Их химия слишком скучна для того, чтобы заложить основы для такого интересного явления, как жизнь. Эта задача требует наличия еще более двадцати элементов, и прежде всего, углерода, химические свойства которого позволяют формировать длинные молекулярные цепи, представляющие биохимическую основу жизни. Единственное место во Вселенной, где возникает углерод, — внутренние ядерные «топки» звезд. Все живое сделано из звездной пыли. Распутывание цепи ядерных взаимодействий, в результате которых возник углерод и более тяжелые элементы, является одним из величайших успехов астрофизики XX века. Фред Хойл (Hoyle), который начал эту работу, понял, что возникновение углерода в звездах стало возможно только по причине существования резонанса (сильного возбужденного состояния), происходящего при определенной энергии в углероде, и отсутствия подобного резонанса в кислороде, что предотвратило потерю углерода вследствие превращения его в кислород. Эти особые свойства ядер зависят от величины g_s , и если бы эта величина была чуть-чуть иной, то не было бы ни углерода, ни углеродной формы жизни. Сообщают, что когда Хойл осознал это, он, хоть и был атеистом, сказал, что Вселенная есть «результат спланированного действия». Он не мог предположить, что столь значительная «тонкая настройка» — лишь следствие случайности.

Внутри звезды невозможно возникновение элементов, которые в периодической таблице находятся за железом, обладающим самым устойчивым ядром. Таким образом, остаются две проблемы: как образовать более тяжелые элементы, некоторые из которых также необходимы для жизни, и как вывести более легкие элементы из звезды, которая их производит. Взрыв сверхновой решает обе проблемы, поскольку сопровождающие его взаимодействия нейтрино производят элементы тяжелее железа, при условии, что g_w имеет соответствующее значение.

У звезд они есть и играют вторую роль в том, чтобы сделать жизнь возможной, — они обеспечивают долгосрочные (миллиарды лет) и относительно стабильные источники энергии для стимулирования этого процесса. Для этого требуется, чтобы соотношение электромагнетизма и гравитации (α к G) лежало в узких пределах; в противном случае, звезды горели бы либо так неистово, что смогли бы просуществовать лишь несколько миллионов лет, либо так слабо, что от них не было бы никакого проку.

Можно отметить еще несколько антропных ограничений. Одно из наиболее строгих относится к космологической константе (λ), параметру, ассоциируемому с некоторого рода антигравитацией, расталкивающей материю. Возможность ненулевого значения λ осознал Эйнштейн, но вскоре человечество поняло, что, если это так, то значение λ должно быть совсем маленьким, иначе Вселенная быстро разлетелась бы в разные стороны. Теперь мы знаем, что это значение должно быть не больше 10^{-120} от того, какой могла бы быть ее естественно ожидаемая сила. Это представляет собой весьма удивительную степень необходимой «тонкой настройки».

4. Начальные и другие условия

История Вселенной — это история борьбы между стягивающей силой гравитации (сжимающей материю) и суммой расширяющих эффектов (таких, как изначальная скорость материи после Большого взрыва в совокупности с другими

эффектами, например, с тем, который вызван ненулевым значением λ). Эти две тенденции должны быть тщательно сбалансированы, чтобы Вселенная скоро не прекратила свое существование «Большим сжатием» или не стала бы за короткое время столь разреженной, что продуктивные процессы стали бы невозможны. На самом деле, если космологи экстраполируют это на планковскую эпоху, когда космосу было 10^{43} секунд, они придут к выводу, что вероятность возникновения такого баланса — 10^{60} . К этому особому пункту мы еще вернемся позже.

Роджер Пенроуз подчеркнул тот факт, что, по всей видимости, изначально для Вселенной был характерна крайняя упорядоченность (или низкий уровень энтропии). Считается, что это глубоко связано с термодинамическими свойствами Вселенной, и, возможно, даже с природой времени. Пенроуз³ оценивает вероятность того, что это произошло случайно, как единицу, поделенную на десять в 123-й степени.

Другая антропная неизбежность — это размер видимой Вселенной с ее 10^{11} галактиками, в каждой из которых в среднем по 10^{11} звезд. Хотя такая необъятность иногда и может обескуражить обитателей того, что, по сути, является всего лишь частичкой космической пыли, не стоит огорчаться, поскольку лишь такая большая Вселенная, как наша, могла просуществовать четырнадцать миллиардов лет, необходимых, чтобы на ее сцене появились люди. История чего-либо значительно меньшего была бы гораздо короче.

5. Соображения биологии

Сложность биологии по сравнению с физикой значительно затрудняет выведение антропных ограничений непосредственно из деталей биологических процессов. Очевидно, однако, что жизнь во многом зависит от определенных свойств материи нашего мира⁴. В качестве простого примера можно привести аномальное расширение воды при замерзании, которое, таким образом, не позволяет озерам заледенеть до дна и убить этим любую форму жизни, которая может в них содержаться. Изменения в значении α сделали бы подобные свойства иными.

В данном разделе были очерчены некоторые из тех соображений, которые делают очевидным тот факт, что антропная вселенная, на самом деле, — очень особенная вселенная. Следует также отметить, что в то время как природные постоянные подвержены множеству ограничений, все-таки есть определенный набор их значений, который подходит всем этим ограничениям. Это удивительный факт устройства Вселенной.

Интерпретация

Все ученые согласны с тем, что физическая ткань Вселенной должна была принять очень определенную форму, чтобы в ее историю вошла углеродная форма жизни. Разногласия возникают только по поводу того, в чем причина столь примечательного факта.

Для многих ученых космическая «тонкая настройка» явилась неожиданным потрясением. Ученые профессионально стремятся к обобщениям, и это заставляет многих из них крайне осторожно относиться к подробностям. Естествен-

ная склонность — верить, что наша Вселенная есть как раз действительно типичный образец того, каким может быть космос. Антропный принцип показал, что это не так, что наша Вселенная особенна, так сказать, одна на триллион. Осознание этого можно считать чем-то вроде антикоперниковой революции. Конечно же, люди живут не в центре космоса, но свойственная этому миру физическая структура должна ограничиваться тесными рамками, чтобы эволюция углеродной формы жизни была осуществима. Некоторые также боялись, что они обнаружили здесь нежелательную угрозу теизма. Если Вселенная снабжена возможностью «тонкой настройки», это может означать, что есть и божественный «настройщик».

Дэвид Юм настаивал на том, чтобы признать свойства материи как грубый факт, но характер тонкой настройки природы делает попытку остановить познание на этом уровне интеллектуально неудовлетворительной.

На повестку дня был вынесен новый вид доказательства божественного замысла. Открытие Дарвина опровергло устаревший телеологический аргумент в пользу существования Бога, разрабатываемый в прошлом такими людьми, как Джон Рэй (Ray) и Уильям Пейли (Paley). Они апеллировали к функциональной сообразности живых существ, но эволюционное мышление показало, как постепенное накопление и отсеивание небольших отличий может способствовать появлению замысла без прямого вмешательства божественного Творца. Богословы пришли к осознанию того, что ошибка предшествующего естественного богословия заключается в том, что оно было выстроено как конкурент науки в той области, которая законно принадлежит последней, пытаясь разрешать, например, такие вопросы, как происхождение оптической системы глаз млекопитающих, ответы на которые, на самом деле, находятся в компетенции биологии. Подобная критика была неприменима к новому доказательству, прибегающему к антропной возможности. Новое естественное богословие стремится более к тому, чтобы дополнять науку, нежели к соперничеству с ней. Его предметом являются сами законы природы, т.е. то, что честная наука неспособна объяснить, поскольку она должна считать их необъяснимой основой для детального описания явлений. Дэвид Юм (Hume) настаивал на том, чтобы признать свойства материи как грубый факт, но характер тонкой настройки природы делает попытку остановить познание на этом уровне интеллектуально неудовлетворительной. Юм раскритиковал старый телеологический аргумент как слишком антропоморфный, как если бы работу Творца можно было бы сравнить с трудом плотников, строящих корабль. Эта критика не распространяется на антропные аргументы, поскольку наделение материи существенными потенциями не имеет аналогов в человеческой деятельности. На языке Ветхого Завета тонкой настройке соответствует еврейское слово *bara*, которое используется только для описания действий Бога, в отличие от *'asah* («делать»), используемое как для Бога, так и для человека.

Первым шагом в спорах об интерпретации было разделение нескольких формулировок антропного принципа. Самым сдержанным был «слабый антропный принцип» (WAP), просто делающий тавтологическое утверждение, что устройство наблюдаемой нами Вселенной должно быть со-

3 Penrose, R. *The Emperor's New Mind*, Oxford University Press (1989), pp. 339-345.

4 См. Denton, M.J. *Nature's Destiny*, New York: The Free Press (1998).

вместимо с нашим присутствием в ней как наблюдателей. На первый взгляд это, возможно, не кажется очень удивительным утверждением. Ясно, например, что нет ничего удивительного в нашей оценке возраста Вселенной в примерно четырнадцать миллиардов лет, поскольку столь сложное существо, как человек не мог появиться за более короткий срок. Однако в предыдущем разделе мы увидели, что полные антропные условия далеко не банальны, поскольку они включают в себя такие ограничения, как узкие границы значений природных постоянных, которые определяют свойства физической ткани мира.

Впоследствии некоторые ученые определили сильный антропный принцип (*SAP*), утверждая, что Вселенная с необходимостью *должна* иметь такие свойства, чтобы однажды в ней развилась жизнь. Проблема заключается в том, чтобы понять, что стало причиной этой необходимости. *SAP* — сильное телеологическое утверждение. Верующие были бы рады основать эту необходимость на воле Творца, но статус *SAP* как чисто секулярного заявления таинственен. *SAP* определенно основан не на самой науке.

Иногда обсуждаются и две другие формы антропного принципа. Антропный принцип участия (*PAP*) утверждает, что для существования Вселенной необходимы ее наблюдатели. Этот принцип некоторым образом ссылается на спорную интерпретацию квантовой теории, которая говорит о «реальности, создаваемой наблюдателем»⁵, но трудно поверить в то, что Вселенная не существовала до появления этих наблюдателей. Существует также финалистический антропный принцип (*FAP*), утверждающий, что, раз во Вселенной зародилась разумная обработка информации, то это должно длиться вечно. Здесь вновь трудно найти секулярную причину обозначенной необходимости. *PAP* и *FAP* еще менее удовлетворительны, чем *SAP*.

Другой способ атаковать антропную аргументацию заключается в попытках отрицать утверждение об особенностях Вселенной, подчеркивая, что мы можем изучить только одну Вселенную, а как можно делать выводы, основываясь лишь на одном примере? На самом деле, обладая научным воображением, мы можем посетить и другие возможные вселенные, достаточно похожие на нашу. Примером может служить приведенное в предыдущем разделе размышление о мирах, природные постоянные которых имеют иное значение, чем постоянные нашей Вселенной. Изучив это умопостигаемое собрание похожих миров, мы обнаружили, что лишь немногие из них так же, как и наш действительный мир, содержат антропную потенцию. Этого, несомненно, достаточно, чтобы установить степень уникальности, которая взывает к некоторого рода метанаучному пониманию антропной специфики.

Еще один подход предполагает, что, в сущности, вероятно существование только одного возможного мира, вселенной, в которой силы по необходимости приняли именно те значения, которые мы теперь наблюдаем в действительности. Сторонники этой точки зрения ссылались на затруднения, с которыми столкнулись физики при попытке удачно совместить общую теорию относительности и квантовую теорию. Они предположили, что, возможно, есть единственная Теория великого объединения (*GUT*), в рамках которой это возможно и которая определяет значения всех природных постоянных. Даже если бы это и было так, — а многим

кажется маловероятным, что *GUT* не зависела бы от масштабных параметров — все равно было бы необходимо объяснить, почему к относительности и квантовой теории надо было бы относиться как к данностям. Представляется, что они определенно являются антропной необходимостью, но ни в коем случае не неизбежны логически. Более того, если бы действительно существовала единственная *GUT*, она сама была бы, конечно, величайшим антропным совпадением из всех — установленная на основе логической последовательности и доказанно являющаяся основой существования мира, который породил существ, способных постичь эту последовательность.

Более скромное и реалистичное предположение заключается в том, что некоторые антропные совпадения могут быть последствиями некоей более глубокой теории и поэтому не нуждаются в тонкой настройке. Фактическим примером этого может послужить тонкое равновесие между расширяющим и сжимающим эффектами ранней Вселенной, которое обсуждалось нами ранее. Сейчас считается, что когда Вселенной было 10^{-35} секунд, в ней имел место космический фазовый переход (нечто вроде кипения пространства), который некоторое время раздувал Вселенную с поразительной скоростью. Этот процесс, называемый инфляцией, мог бы выровнять Вселенную и создать точное равновесие между расширяющим и сжимающим эффектами, которое мы сейчас и наблюдаем. Тем не менее, инфляция сама по себе, чтобы работать удовлетворительным соответствующим образом, требует, чтобы действующая во Вселенной *GUT* была ограничена по форме, так что антропная специфика и в этом случае не утрачена, а лишь глубже запрятана в ткань мироздания.

Вас собираются казнить, и винтовки превосходных стрелков нацелены на вашу грудь. Офицер отдает приказ стрелять...

Однако, можно попытаться отыскать некий умеренный антропный принцип⁶, который отмечает особый характер Вселенной и признает, что к нему нельзя относиться как к счастливой случайности, поскольку он требует некоторого объяснения.

Рассматривались два противоположных метанаучных подхода. Джон Лесли, любивший иносказательную философию, поведал историю, которая наглядно иллюстрирует то, о чем пойдет речь⁷. Представьте: вас собираются казнить, и винтовки превосходных стрелков нацелены на вашу грудь. Офицер отдает приказ стрелять... и вы вдруг обнаруживаете, что не умерли! Разве вы просто уйдете, обронив: «Ну почти попали!»? Конечно же, нет, поскольку такое примечательное событие требует объяснения. Лесли предполагает, что оно может быть двух видов. Либо сегодня проводилось огромное количество казней, и, поскольку стрелки иногда промахиваются, вы случайным образом счастливо попали на ту казнь, на которой они все промахнулись, либо во время единичного события вашей казни произошло нечто, о чем вы не знали: стрелки были на вашей стороне и промахнулись по замыслу. Этот очаровательный рассказ можно воплотить в следующих двух подходах, чтобы воспринимать антропный принцип с надлежащей серьезностью.

5 Критику см. в: Polkinghorne, J.C. Quantum Theory: A very short introduction, Oxford University Press (2002), pp. 90-92.

6 Polkinghorne, J.C. Reason and Reality, SPCK (1991), pp. 77-80.

7 Leslie, J. op. cit.[2], pp. 13-14.

1. Мультивселенная

Предполагается, что возможно существование огромного множества различных вселенных, каждая из которых обладает особыми законами природы. Один из этого перечня миров чисто случайно способен развить углеродную форму жизни, и это, конечно, наша Вселенная, поскольку мы и есть углеродная форма жизни. Антропный космос — просто редкий выигрышный билет в лотерею множества вселенных.

Самая экономная версия этой идеи предполагает, что эти различные миры, на самом деле, — обширные области внутри одной физической вселенной. Тот способ, которым симметрия изначальной *GUT* была нарушена, когда расширение охладило Вселенную, производя таким образом те силы, которые действуют сейчас, не обязательно должен быть в прямом смысле всеобщим. Вместо этого космос мог быть мозаикой из разных областей, в каждой из которых нарушение симметрии приобрело особую форму. Мы не знаем об этом, потому что раздувание (инфляция) увело другие области вне нашего поля зрения, и, конечно же, наша область, должно быть, является именно той, в которой результаты нарушения симметрии соответствуют антропной необходимости. Эта идея правдоподобна, но она лишь до определенной степени изменяет необходимость специфичности, поскольку все еще требуется, чтобы исконная *GUT* приняла такую форму, чтобы смогла породить необходимые значения сил, когда симметрия нарушится.

Любое более радикальное предположение приводит в область предположений, которые находятся за пределами

чисто физического мышления. Сомнительные ссылки могут быть сделаны только на неопределенные в настоящий момент представления о квантовой космологии вкупе с принятием на веру коренных различий между характерами законов тех миров, которые могут возникнуть таким способом. Мультивселенная в такой форме — не более чем метафизическая догадка о крайней онтологической щедрости, к которой прибегают, как кажется, отчасти для того, чтобы избежать связанного со вторым подходом теизма.

2. Творение

Теисты могут полагать, что существует только одна вселенная, антропный характер которой просто отражает наделение ее той возможностью, которую дал ей ее Творец, чтобы ее история была продуктивна. Это тоже метафизическая догадка, но, в противоположность мультивселенной, она производит, помимо указания на антропные черты, и другую объяснительную работу. Например, постижимое и удивительное устройство мира, столь поражающее ученых, может быть расценено как отражение ума его Творца. Часто встречающиеся свидетельства людей о том, что они столкнулись со священной реальностью, могут быть возведены к действительному восприятию скрытого присутствия Бога. Понимаемая таким образом, антропная особенность нашего мира не должна быть аргументом, логически принуждающим к вере в Бога, который будет отрицать только глупец, но она дает важные аргументы в пользу теизма, понимаемого как лучшее объяснение природы того мира, который мы населяем.

Фарадеевские доклады

Фарадеевские доклады публикуются Фарадеевским институтом по науке и религии (St Edmund's College, Cambridge, CB3 0BN, UK), благотворительной учебно-исследовательской организацией (www.faraday-institute.org). Этот доклад был переведен с английского Александром Фарутиным под редакцией Алексея Бодрова. Мнения, выраженные в докладах, принадлежат авторам и не обязательно представляют взгляды института. В фарадеевских докладах рассматривается широкий спектр тем, связанных с взаимодействием науки и религии. Полный список фарадеевских докладов можно найти на сайте www.faraday-institute.org, где их можно бесплатно скачать в формате pdf.

Дата публикации: апрель 2010. © The Faraday Institute for Science and Religion.