

Физики о математике

Е. Б. Рудный, ©, 2024, blog.rudnyi.ru/ru

Читать онлайн: <http://blog.rudnyi.ru/ru/2024/10/fiziki-o-matematike.html>

В ходе научной революции 17-ого века физика стала неразрывно связанной с математикой. Гайденко в книге *‘Научная рациональность и философский разум’* тщательно проводит отличие появившегося типа рациональности от такового в философии Аристотеля:

‘Этот новый тип рациональности, во-первых, снимает различие между физикой как наукой, объясняющей причины движения, и математикой как наукой, позволяющей лишь описать это движение, т. е. сформулировать его закон. Во-вторых, он устраняет принципиальное различие между математикой и физикой как науками, с одной стороны, и механикой как искусством, с другой. ... И, наконец, он приводит к выводу о том, что для физика важнее установить закон, описывающий процесс изменения явлений, чем искать умопостигаемые причины последнего.’

Это обстоятельство в свою очередь приводит к вопросу о непостижимой эффективности математики в физике. Так, Ричард Фейнман в лекции *‘Связь математики с физикой’* по ходу заметил:

‘Дирак же открыл правильные законы релятивистской квантовой механики, просто угадав уравнение. Угадывание уравнения, по-видимому, очень хороший способ открывать новые законы. Это лишний раз доказывает, что математика дает глубокое описание природы, а всякая попытка выразить природу, опираясь на философские принципы или интуитивные механические аналогии, не приводит к серьезным результатам.’

В то же время далеко не все физики делают далеко идущие выводы из тесной связи физики и математики. Ниже приведены высказывания физиков о связи между математикой и физикой: Ли Смолин, Сабина Хоссенфельдер, Брайан Грин, Стивен Вайнберг, Шон Кэрролл, Дэвид Дойч, Сергей Попов, С. В. Вонсовский, Вернер Гейзенберг, Альберт Эйнштейн, Макс Тегмарк, российские физики о метафизике. В целом наблюдается амбивалентное отношение физиков к этому вопросу, хотя также наблюдается склонность к пифагореизму; в подборке максимум пифагореизма находится в конце.

Перед этим цитата из книги Германа Вейля *‘Разум и природа’*, которая ставит вопрос ребром:

‘Проблема, разрешить которую должна теория научного познания, может быть грубо сформулирована следующим образом. Комета отыщет своё

завтрашнее положение, начав с положения сегодняшнего и осуществив своё движение в действительности. Мы ищем её завтрашнее положение, выписывая некие числа, которые символизируют данные, имеющиеся в данный момент в нашем распоряжении, производя с ними сложные символические операции и тем самым предсказывая будущее положение кометы, не ожидая действительного осуществления её движения. Что же общего имеет этот символичный процесс астронома с реальным процессом кометы?’

Ли Смолин

В книге *‘[Возвращение времени: от кризиса физики к будущему вселенной](#)’* Смолин делает такое заявление про математику:

‘вселенная не идентична и не изоморфна математическому объекту’

‘... физика больше не может пониматься как поиск точно идентичного математического двойника для вселенной. Эта мечта должна рассматриваться теперь как метафизическая фантазия, которая могла стимулировать поколения теоретиков, но сейчас блокирует путь дальнейшего прогресса. Математика продолжит быть служанкой науки, но она больше не может быть королевой.’

Правда, конструктивная программа Смолина мне осталась непонятной.

Сабина Хоссенфельдер

Название книги Хоссенфельдер *‘[Затерянные в математике, Как красота вводит физику в заблуждение](#)’* неплохо передает ее содержание (к сожалению, при переводе на русский было выбрано неудачное название *‘Уродливая Вселенная’*). Правда, как и в книге Смолина в этой книге не было видно конструктивных предложений. Показано, что красота не спасет физику, но вопрос, на что физикам делать ставки, остался открытым.

В то же время в заметках в блоге Хоссенфельдер можно увидеть другое отношение к математике. Так, в заметке *‘[Существуют ли комплексные числа?](#)’* обсуждалась статья, в которой планировалось экспериментально доказать, что для квантовой механики необходимо формулировка с комплексными переменными. Реакцию Хоссенфельдер передает высказывание ниже:

‘только если математическая структура действительно необходима для описания наблюдений, мы можем сказать, что она “существует” научно значимым образом.’

Среди комментариев можно было увидеть вопросы, которые обобщают вопрос, поставленный Хоссенфельдер, на математику с действительными числами:

‘Существует ли пространство Гильберта? Существуют ли линейные операторы? Существуют ли числа Грассмана?’

Ответ Хоссенфельдер совместим с цитатой выше:

‘Это зависит от вашего понимания «существовать». Если вы считаете, что пространство и время существуют, то гильбертовы пространства (по крайней мере некоторые из них) также существуют.’

В другой заметке [‘Созданы ли мы из математики? Реальна ли математика?’](#) Хоссенфельдер энергично начинает с утверждения:

‘Кончено, числа реальны.’

Далее поясняется используемое понятие реальности в физике:

‘Мы используем понятие «реальность» в физике, что что-то реально, тогда, когда это является хорошим объяснением наших наблюдений. ... Фактически мы не можем увидеть элементарные частицы, такие как бозон Хиггса, собственными глазами. Мы говорим, что они реальны, потому что определенные математические структуры, которые мы придумали, описывают наши наблюдения. То же самое с гравитационными волнами, черными дырами или спином частицы.’

В заметке рассматриваются вопросы ‘Что такое пространство-время?’ и ‘Что такое частица?’. Говорится, что в этом случае физик может только рассказать о соответствующих математических структурах, которые можно считать реальными, поскольку они правильно описывают наблюдения. В конце заметки Хоссенфельдер обращается к вопросу из заголовка и говорит, что утверждение ‘мы сделаны из математики’ невозможно опровергнуть, но также невозможно и доказать. В конце концов такое утверждение объявляется лежащим за границами науки.

Брайан Грин

Брайан Грин в конечном итоге хочет совместить свою позицию с натурализмом. Поэтому в книге [‘До конца времен. Сознание, материя и поиски смысла в меняющейся Вселенной’](#) он пишет о математике таким образом:

‘Исторически физическая интуиция наших предков питалась информацией о закономерностях, очевидных в повседневной жизни, от падающих камней до ломающихся ветвей и несущихся потоков; инстинктивное понимание повседневной механики несет в себе явную пользу для выживания.’

‘естественный отбор сформировал наши интуитивные представления об основах физики’

‘Уравнения, лежащие в основе современной физики, представляют собой наши самые точные формулировки этих законов. При помощи многочисленных экспериментов и наблюдений мы установили, что эти уравнения дают чрезвычайно точное описание мира. Но у нас нет никакой гарантии, что они выражены посредством лексикона, изначально присущего природе. Хотя я считаю это маловероятным, но

допускаю возможность, что в будущем, когда мы с гордостью покажем инопланетным гостям свои уравнения, они вежливо улыбнутся и скажут, что они тоже начинали с математики и лишь затем открыли настоящий язык реальности.’

Следует отметить, что такое завершение книги ставит под удар его предыдущее рассмотрение достижений физики (см. [Абсолютные предпосылки Брайана Грина](#)).

Стивен Вайнберг

В книге *‘[Объясняя мир. Истоки современной науки](#)’* Вайнберг говорит о важности математики:

‘Математика – это средство, с помощью которого мы выводим следствия физических законов. Более того, это незаменимый язык, на котором излагаются сами физические законы. Она часто пробуждает новые идеи в области естественных наук, и, в свою очередь, нужды науки часто подталкивают развитие математики.’

В то же время:

‘математика не является естественной наукой. Математика сама по себе, без наблюдений за окружающим миром, не может ничего рассказать о нем. И математические теоремы не могут быть ни подтверждены, ни опровергнуты такими наблюдениями.’

‘Различие между математикой и естественными науками достаточно четко. Для нас остается загадкой, как математические построения, никак не связанные с природой, часто оказываются применимы к физическим теориям. В своей знаменитой статье физик Юджин Вигнер писал о «непостижимой эффективности математики». Но в целом мы никоим образом не смешиваем математические концепции и принципы естественных наук, которые в конечном счете должны быть подтверждены наблюдением за окружающим миром.’

То есть, законы физики объективны, но их связь с математикой остается загадкой. Нас это не должно волновать, поскольку все прекрасно работает.

Шон Кэрролл

Приведу несколько цитат из книги *‘[Квантовые миры и возникновение пространства-времени](#)’*. Особенность книги заключается в продвижении многомировой интерпретации квантовой механики, поэтому в ней большую роль играет гильбертово пространство:

‘Мир – это квантовое состояние, эволюционирующее в гильбертовом пространстве, и физическое пространство проявляется из него.’

В то же время Кэрролл считает, что мир материален:

‘Мы осматриваемся в мире и видим, что он полон материи.’

Кэрролл занимает позицию физикализма, который он отождествляет с материализмом (‘основа реальности образована физической материей’) и он борется с идеализмом:

‘Если физикализм утверждает, что существует всего один мир, физический, а дуализм – что в мире существует как физический, так и ментальный уровень, то идеализм настаивает на существовании лишь ментального уровня.’

Однако Кэрролл в книге уходит от ответа на вопрос, является ли математическое ментальным или физическим.

Дэвид Дойч

Позиция Дойча в книге *‘Начало бесконечности: Объяснения, которые меняют мир’* (см. раздел *‘Доказательство — дело только физики’*) отличается тем, что он ставит физику на первое место по сравнению с математикой. Он признает существование математических истин:

‘Математическая истина – вещь абсолютно необходимая и трансцендентная, но все знания создаются в ходе физических процессов, а их объем и ограничения обусловлены законами природы.’

С другой стороны, доказательство проводится физическим устройством (мозгом), поэтому физика определяет возможность проведения доказательств:

‘А все потому, что законы физики поддерживают вычислительную универсальность, заключающуюся в том, что человеческий мозг может предсказывать и объяснять поведение очень далеких от человека объектов, вроде квазаров.’

‘Мысли – это вычисления таких типов, которые допускаются законами физики. Некоторые объяснения схватываются легко и быстро, как, например: «Если Сократ был мужчиной и Платон был мужчиной, то они оба были мужчинами». Оно простое, потому что выражено коротким предложением и опирается на свойства элементарной операции (а именно и). Есть объяснения, суть которых принципиально трудно ухватить, потому что даже в самой короткой своей форме они длинные и зависят от множества таких операций. Но будет ли объяснение длинным или коротким, потребуется ли для его составления много или мало элементарных операций – все это полностью определяется законами физики, при которых оно формулируется и понимается.’

Сергей Попов

В книге *‘Все формулы мира. Как математика объясняет законы природы’* математика в духе эволюционного мышления позиционируется как удобный язык, а законы физики как удобные модели:

‘Ретроспективно окидывая взором разнообразные попытки человечества постигнуть суть вещей, мы вряд ли сможем представить, что возможна какая-то альтернатива математическому описанию физических законов. Более того, для нас теперь само их понимание означает, по сути, построение количественной модели, позволяющей успешно описывать данные наблюдений и экспериментов, а также предсказывать исходы будущих опытов.’

Тем не менее, далее Попов с увлечением обсуждает параллельные вселенные и теорию струн:

‘Наши эксперименты и астрономические наблюдения могут позволить проверить предсказания теории струн и инфляционной модели в пределах метagalактики. Допустим, что и та и другая гипотезы пройдут эту проверку. Таким образом, мы установим, что они верно описывают свойства нашего мира. Из правильности этих двух теорий автоматически должно следовать существование определенного типа мультивселенных. Математика будет говорить нам об этом. Однако прямые эксперименты или наблюдения других миров могут оказаться невозможными. Значит, мы окажемся в довольно интересном положении: у нас появится уверенность, основанная на теоретических выводах, но не будет возможности провести решающие тесты. Зато деятельность по построению теоретических описаний других вселенных станет более осмысленной и оправданной.’

В то же время представление о мире как математической структуры отвергается:

‘Если наша вселенная является математической структурой, то это открывает интересное направление для рассуждений о других вселенных с другой математикой. Однако такая экзотика выходит за рамки нашего обсуждения. Сейчас идея «математической вселенной» кажется лишь привлекательной концепцией, скорее любопытной, чем многообещающей, скорее философской, чем научной, поскольку аргументы в ее пользу достаточно косвенны. Пока большинство исследователей считают математику лишь удивительно подходящим способом описания мира.’

Такое утверждение явно противоречит осмысленности разговоров о параллельных вселенных. По-моему, хороший пример ‘и хочется, и колется’. Также совершенно непонятно каким образом в рамках эволюционной эпистемологии в принципе можно говорить о соответствии вселенной математической структуре. Ведь математика — это всего лишь удобный язык, созданный человеком, который позволяет создавать полезные модели для решения практических задач сообщества организмов.

Сергей Васильевич Вонсовский

Из книги *‘Современная естественно-научная картина мира’*. Физика лежит в основе основ:

‘Физика, в отличие от математики — вполне конкретная наука, которая математическим языком формулирует свои объяснения явлений и процессов в природе. При этом она, в отличие от других наук, изучает наиболее глубинные, элементарные явления в мире атомных и субатомных частиц, лежащие в основе строения всех тел природы.’

В то же время:

‘Основатель школы Пифагор и его последователи высказывали замечательную идею, что все явления природы подчиняются строго математическим закономерностям, как и числа. Это была первая гениальная догадка о материальности математики и ее фундаментальной роли в объяснении всего сущего в мире, в чем Пифагор и его школа близки к современной оценке роли математики в науке.’

Вернер Гейзенберг

Из книги *‘Физика и философия’*:

‘Но сходство воззрений современной физики с воззрениями Платона и пифагорейцев простирается еще дальше. Элементарные частицы, о которых говорится в диалоге Платона «Тимей», ведь это в конце концов не материя, а математические формы. «Все вещи суть числа» — положение, приписываемое Пифагору. Единственными математическими формами, известными в то время, являлись геометрические и стереометрические формы, подобные правильным телам и Треугольникам, из которых образована их поверхность. В современной квантовой теории едва ли можно сомневаться в том, что элементарные частицы в конечном счете суть математические формы, только гораздо более сложной и абстрактной природы.’

‘Следовательно, современная физика идет вперед по тому же пути, по которому шли Платон и пифагорейцы. Это развитие физики выглядит так, словно в конце его будет установлена очень простая формулировка закона природы, такая простая, какой ее надеялся видеть еще Платон. Трудно указать какое-нибудь прочное основание для этой надежды на простоту, помимо того факта, что до сих пор основные уравнения физики записывались простыми математическими формулами. Подобный факт согласуется с религией пифагорейцев, и многие физики в этом отношении разделяют их веру, однако до сих пор еще никто не дал действительно убедительного доказательства, что это должно быть именно так.’

Альберт Эйнштейн

Приведу яркую цитату из статьи '[О методе теоретической физики](#)' (см. раздел '[О методе теоретической физики](#)'):

‘Весь предшествующий опыт убеждает нас в том, что природа представляет собой реализацию простейших математически мыслимых элементов. Я убежден, что посредством чисто математических конструкций мы можем найти те понятия и закономерные связи между ними, которые дадут нам ключ к пониманию явлений природы. Опыт может подсказать нам соответствующие математические понятия, но они ни в коем случае не могут быть выведены из него. Конечно, опыт остается единственным критерием пригодности математических конструкций физики. Но настоящее творческое начало присуще именно математике. Поэтому я считаю в известном смысле оправданной веру древних в то, что чистое мышление в состоянии постигнуть реальность.’

Макс Тегмарк

Опишу подход Тегмарка в книге '[Наша математическая вселенная](#)' своими словами. С одной стороны мы не сомневаемся в существовании реальности, которая существовала сама по себе до происхождения человека. С другой стороны, законы физики, выраженные математическими уравнениями, прекрасно описывают наблюдаемую нами реальность от уровня видимой вселенной до уровня микрочастиц. Что из этого следует? Можно ли в реальности найти нечто, что невозможно выразить языком математики? Ответ Тегмарка заключается в том, что успех науки показывает нам, что абсолютно все можно выразить языком математики и как следствие реальность представляет собой не что иное, как математическую структуру.

Российские физики о метафизике

В 2011 году вышел сборник статей '[Метафизика и математика](#)', третья часть которого содержит статьи физиков (Ю. С. Владимиров, Ю. И. Кулаков, А. К. Гуц, А. П. Ефремов, Д. Г. Павлов, Р. Ф. Полищук). Выписанные цитаты в заметке хорошо показывают, что получается, когда физиков в явном виде приглашают поговорить о метафизике. Я вынесу сюда только одно яркое высказывание Ефремова:

‘Математика — синтез высших абстракций. Она существует объективно и всегда, как объективен и вечен физический мир — в любых известных и пока не известных его проявлениях. Математика, безусловно, не создается, но открывается; не сразу, а постепенно, по мере взросления человечества и повышения качеств составляющих его информационных систем. Математика не только описывает но, по всей видимости, и содержит в себе как зеркальное отражение глубинную суть вещей и явлений, как вещам явлениям имманентны структуры и закономерности,

сущностно отражающие содержание различных областей и разделов математики. Математика — один из тех немногих объектов вселенной, присущая которым абсолютная информация порождает тождественную себе информацию сознания.’

В заключение отмечу, что при обсуждении физиками связи физики и математики пропущен один важный вопрос — проведение экспериментальных измерений. Этот вопрос рассмотрен в обзоре [‘Проблема координации. Температура как физическая величина’](#).

См. также

[Мысли о математике](#): Подход Успенского и чистая математика. История математики: возникновение чистой математики. Математические структуры в чистой математике. Математическое доказательство и интуиция. Математика и мир.

[Неумолимые законы физики](#): История появления законов физики. Физики о законах физики. Физики о проблеме тонкой настройки вселенной. Физики о коэволюции законов физики и вселенной.

Информация

П. П. Гайденко, *Научная рациональность и философский разум*, 2003.

[Исторический характер рациональности: Математика и физика](#)

Ричард Фейнман, *Характер физических законов*, 2014. Лекция 2. *Связь математики с физикой*.

Г. Вейль, *Разум и природа*, 1934, III. *Конструктивный характер научных понятий и теорий*. В кн. Г. Вейль, *Разум и природа*, Электронное издание, 2020.

Lee Smolin, *Time Reborn: From the Crisis in Physics to the Future of the Universe*, 2013.

[Физик в тисках метафизики](#)

Sabine Hossenfelder, *Lost in Math: How Beauty Leads Physics Astray*, 2018.

[Сабина Хоссенфельдер: Затерянные в математике](#)

Sabine Hossenfelder, *Do Complex Numbers Exist?* March 06, 2021.

Брайан Грин, *До конца времен. Сознание, материя и поиски смысла в меняющейся Вселенной*, 2020.

[Существуют ли комплексные числа?](#)

Sabine Hossenfelder, *Are we made of math? Is math real?* 2021.

[Созданы ли мы из математики? Реальна ли математика?](#)

С. Вайнберг, *Объясняя мир. Истоки современной науки*, 2015.

[Вайнберг: Объясняя мир. Истоки современной науки](#)

Шон Кэрролл, *Квантовые миры и возникновение пространства-времени*, 2022.

[Понятна ли классическая механика? Математика и материя](#)

Дэвид Дойч, *Начало бесконечности: Объяснения, которые меняют мир*. Глава 8. Окно в бесконечность.

[Дэвид Дойч: Раздел ‘Доказательство — дело только физики’](#)

Сергей Попов, *Все формулы мира. Как математика объясняет законы природы*, 2019.

[И хочется, и колется ...](#)

С. В. Вонсовский, *Современная естественно-научная картина мира*, 2005.

[С. В. Вонсовский: Современная естественно-научная картина мира](#)

Вернер Гейзенберг, *Физика и философия*. В кн. *Физика и философия*. Часть и целое, Наука, 1980.

[Вернер Гейзенберг: Материализм и квантовая механика](#)

А. Эйнштейн, *О методе теоретической физики*, В кн. *Собрание научных трудов*. т. 4. 1967.

[Альберт Эйнштейн о науке: Раздел ‘О методе теоретической физики’](#)

Max Tegmark, *Our Mathematical Universe: My Quest for the Ultimate Nature of Reality*, 2014.

[Спекулятивная философия с чистого листа](#)

Метафизика. Век XXI. Выпуск 4. Метафизика и математика, 2011. Часть III. *Физики о соотношении математики и физики*.

[Физика, метафизика и математика](#)

Дополнительная информация

[Заколдованная математика в расколдованном мире](#): О статье Владислава Шапошникова ‘*Двуликий Янус: образы математики в зеркале истории*’, в которой проведен обзор статуса математики по ходу истории. То ли математика является служанкой науки, то ли госпожой.

[Уловка или правда: Загадочная связь между физикой и математикой](#): Книга с эссе победителями конкурса Институт фундаментальных вопросов. Обзор ответов на поставленный вопрос. В конце разбор аргумента Буровых в пользу креационизма.

Дэвид Линдли, Воображаемая вселенная: Как фундаментальная физика потеряла свой путь: Описание книги. Связь физики и математики в 17-ом веке. Успехи классической физики. Математический платонизм как грехопадение современной физики. Наука или философия?

Морис Клайн: Математика и поиск знаний: Рассмотрение и обсуждение последних глав книги *‘Математика: Поиск истины’*. Реальность в теоретической физике. Непостижимая эффективность математики. Математика и поведение природы.

Математика и неосознанные требования будущего: Цитаты из статьи Перминова *‘Предустановленная гармония во взаимодействии математики и физики’*, которые раскрывают его ответ при рассмотрении непостижимой эффективности математики.

Теория струн и идеал физической теории: По мотивам препринта *‘Теория струн, Эйнштейн и идентичность физики: Оценка теории при отсутствии экспериментальных данных’*. Рассмотрена линия обсуждения, связанная с историей физики.

Обсуждение

<https://evgeniirudnyi.livejournal.com/381276.html>