

Размышление над книгой

Essay Review

DOI: 10.31857/S020596060018956-3

ПРЕВРАТНОСТИ ПРИНЦИПА КРАСОТЫ В НОВЕЙШЕЙ ИСТОРИИ ФИЗИКИ

АНДРЕЕВ Андрей Васильевич — Институт истории естествознания и техники
им. С. И. Вавилова РАН; Россия, 125315, Москва, ул. Балтийская, д. 14;
E-mail: aandreev@ihst.ru

ВИЗГИН Владимир Павлович — Институт истории естествознания и техники
им. С. И. Вавилова РАН; Россия, 125315, Москва, ул. Балтийская, д. 14;
E-mail: vlvizgin@gmail.com

Введение

В 2021 г. увидело свет русское издание книги Сабины Хоссенфельдер «Уродливая Вселенная. Как поиски красоты заводят физиков в тупик»¹. Название русского перевода книги крайне неудачно. Первое издание на английском языке (2018) было озаглавлено более взвешенно: *Lost in Math: How Beauty Leads Physics Astray* — «Заблудившиеся в математике. Как красота сбивает с толку физику». С *Lost in Math* начинается и французский перевод, итальянский также говорит о соблазне (или обольщении, искушении — *sedotti*) математикой. Но крупно набранный по центру обложки русского издания кричащий заголовок «УРОДЛИВАЯ ВСЕЛЕННАЯ» (то же и в немецком издании — *Das hässliche Universum*) явно анонсирует книгу о безобразности мира. Это неправда, название — фальшивое, книга — хорошая, ее цель вполне благородна, содержание — одновременно и актуальное, и глубокое, автор — мудрый и тонко чувствующий человек.

Сабина Хоссенфельдер (*Sabine Hossenfelder*) — незаурядный теоретик, специалист по квантовой гравитации и родственным проблемам. Соответственно, она очень хорошо представляет себе ситуацию в современной теоретической физике (профессионально «владеет материалом»). Хоссенфельдер обладает талантом на равных говорить о самых трудных проблемах теоретической физики с корифеями и признанными «молодыми гениями» (книга во многом построена на интервью с такими мэтрами, как нобелевские лауреаты, создатели стандартной модели С. Вайнберг, Ф. Вильчек и др.,

¹ Хоссенфельдер С. Уродливая Вселенная. Как поиски красоты заводят физиков в тупик. М.: Бомбора, 2021.

а также с более молодыми, но уже считающимися лидерами теоретического сообщества Н. Аркани-Хамедом, Дж. Ф. Джудиче, Г. Кейном и др.). В книге она также демонстрирует впечатляющую эрудицию в области методологии и философии науки. И ко всему этому — пишет талантливо и искренне.

Цель книги Хоссенфельдер формулирует следующим образом:

Кто-то должен разубедить меня, ослабить мое крепнущее подозрение, что физики-теоретики коллективно пребывают в состоянии какого-то помешательства и не могут или не хотят осознать свои ненаучные подходы².

Это мерещащееся автору «помешательство» далее и исследуется, методично и дотошно: анализируются различные критерии (иногда довольно необычные), применяемые современными физиками для обоснования теорий в отсутствие поддержки со стороны эксперимента.

Выражение «Уродливая Вселенная» из русского и немецкого названий отражает только одну из тем книги — уместно ли использовать для оценки физической теории эстетический критерий? Однако эта сквозная тема — отнюдь не единственная. Не меньшее внимание уделено автором целому набору других критериев: эффективности, простоте, «естественности», «жесткости», «элегантности» (термины в кавычках имеют в книге чуть более специальный, чем в обычном языке, смысл), чисто интуитивной (иррациональной) оценке качества теории, а также влиянию на суть теорий того, что автор называет «когнитивными искажениями».

Физик Хоссенфельдер выступает в итоге как серьезный философ и методолог естествознания, исследователь оснований современной физики и касается многих действительно важных вопросов.

Призрак «постэмпирической физики»

В фундаментальной физике начала XXI в. стало все труднее добывать новые данные эмпирического характера. С одной стороны, энергии, на которых ожидается получение новых результатов в физике частиц, выходящих за рамки общепринятой теории, а именно стандартной модели, требуют сооружения чрезвычайно громоздких и дорогих ускорителей заряженных частиц. Были определенные надежды на Большой адронный коллайдер (БАК), но эксперименты на нем, приведшие в 2012 г. к открытию так называемого бозона Хиггса, только подтвердили стандартную модель. С другой стороны, развитие космологии привело к понятиям и теориям, по-видимому, в принципе не поддающимся эмпирической проверке. Это касается и теории ранней Вселенной, и концепции Мультивселенной. Появляется призрак «постэмпирической физики». В этих условиях возникают масштабные теоретические проекты (ярчайший пример — теория струн), опирающиеся на новые абстрактные математические структуры и нацеленные на долгожданный синтез квантов и релятивизма, создание теории, лишенной

² Там же. С. 118.

недостатков стандартной модели и заодно объясняющей так называемые «темные феномены», открытые астрономами на рубеже XX и XXI вв.

Однако, по мнению некоторых физиков, в том числе нескольких выдающихся собеседников Хоссенфельдер, *нынешние* фундаментальные физические теории, описывающие Вселенную от элементарных частиц до черных дыр и галактик, не слишком красивы, в отличие от релятивистских и квантовых теорий 1900–1920-х гг. и даже от стандартной модели в физике элементарных частиц и общерелятивистских космологических и астрофизических теорий 1970-х гг. Главные причины этого кроются в двух обстоятельствах: 1) в сложившихся представлениях о красоте фундаментальных теорий, к которой неуклонно стремятся физики, и 2) в чрезмерном уповании на математику, которая способна в условиях минимальных подсказок со стороны эксперимента указать путь к построению подходящих физических теорий.

Красота как симметрия: от триумфа стандартной модели к тупикам суперсимметрии и теории струн

Со времен А. Эйнштейна и формулировки специальной теории относительности (СТО) как теории инвариантов группы Пуанкаре в физике утверждается теоретико-инвариантный подход, который получает значительное развитие в теории элементарных частиц. Именно с принципами инвариантности, или принципами симметрии, в первую очередь теоретики связывают красоту теорий. В середине 1970-х гг. была предсказана возможность существования новой, особенно привлекательной симметрии, получившей название суперсимметрии, которая означает, что законы природы не меняются при замене бозонов (т. е. «частиц взаимодействия», таких как фотон в электродинамике) на фермионы (т. е. «частицы вещества», такие как электрон) и наоборот. *SUSY* (так теоретики для краткости именуют суперсимметрию) предсказывает множество новых суперпартнеров всех известных частиц. *Красота SUSY* несомненна, и почти все ожидали, что «счастлицы»-суперпартнеры будут обнаружены уже на БАКе, но этого не случилось. Симметрии как показателю красоты теорий был нанесен своего рода удар. Другой удар этому эстетическому критерию был нанесен с «теоретического фланга», со стороны теории струн, обладающей «настолько грандиозным и красивым математическим аппаратом, что ее сторонники не понимают, как это природа могла им не воспользоваться»³. Там же приводятся слова одного из основоположников этой теории Дж. Шварца: «Математическая структура теории струн столь прекрасна и имеет столько поразительных свойств, что, несомненно, должна указывать на что-то более глубокое». Но более чем тридцатилетнее развитие струнной концепции, «математически прекрасной» и содержащей указания на возможность синтеза теории гравитации, а именно общей теории относительности (ОТО) и квантово-полевой стандартной модели частиц и взаимодействий между ними, привело к едва ли приемлемому выводу о существовании практически бесконечного числа вариантов теории. Так что критерий красоты опять-таки

³ Там же. С. 222.

не сработал, как не оправдались и казавшиеся перспективными надежды на эвристическую мощь новых абстрактных математических структур.

Стандартная модель красива, но не очень естественна: принцип естественности и его «мультивселенские альтернативы»

Создание стандартной модели (СМ), завершившееся к середине 1970-х гг., несомненно, было масштабной научной революцией в физике элементарных частиц и физике фундаментальных взаимодействий. И поскольку симметрии, прежде всего калибровочные (связанные с локализацией внутренних групп симметрии), играли при этом ключевую роль, красота СМ поначалу не вызывала сомнения. Объединение электромагнитного, слабого и сильного взаимодействий (трех из четырех фундаментальных сил природы) тоже подчеркивало красоту СМ, для которой можно было выписать единый лагранжиан, обладающий определенной калибровочной симметрией. Как и предшествующие классические и квантово-релятивистские теории, СМ имела Нётерову структуру (т. е., согласно теореме Нётер, симметрии лагранжиана порождали законы сохранения), но наличие калибровочных симметрий вело к расширенной Нётеровой структуре, в соответствии с которой симметрии как бы порождают частицы — поля взаимодействий. Последующие успехи и экспериментальные подтверждения СМ, вплоть до открытия на БАКе бозона Хиггса в 2012 г., оставляли в тени некоторые недостатки теории, на которые стали все больше обращать внимание в 2010-е гг. И при этом стал приобретать все большую актуальность еще один критерий «хорошей» теории, родственный принципу красоты, а именно *принцип естественности*. Поясним его на примере СМ. Помимо фундаментальных фермионов (кварков и лептонов) и частиц, обеспечивающих взаимодействия между ними, калибровочных бозонов (W - и Z -бозонов, фотона и глюонов), теория содержала 19 свободных безразмерных параметров. Эти параметры в рамках СМ (к ним относились, например, массы лептонов и кварков) не вычислялись, их приходилось определять только экспериментально. При этом значения параметров могли различаться более чем на 10 порядков. Вот это и противоречило принципу естественности, согласно которому свободные параметры либо равны 0 (это лучше всего), либо по порядку величин близки к 1. «Считается, что любая теория, содержащая неестественные числа (т. е. слишком маленькие или слишком большие. — А. А., Вл. В.), — замечает автор, — не может быть фундаментальной»⁴. И далее рассматривается ситуация с гелиоцентрической системой Коперника, которую в самом начале XVII в. отвергал Т. Браге как не удовлетворяющую критерию естественности (из-за ошибочно завышенной оценки размеров неподвижных звезд и впервые возникавших в теории немыслимо огромных, — как теперь говорят, «космических» — расстояний). Правда, он вместо слова «естественность» использовал выражения «приличествующая соразмерность» и «надлежащий порядок». Современное развитие космологии ранней Вселенной привело к включению в новые теории «темных феноменов» («темной материи» и

⁴ Там же. С. 96.

«темной энергии»), не согласующихся со стандартной моделью и еще больше осложнивших ситуацию с принципом естественности. На этом пути возникли представления о «Мультивселенной», которые породили надежду на решение проблемы естественности. Самые неестественные наборы констант и свободных параметров могут реализоваться в бесконечном множестве допускаемых этой концепцией вселенных, а в нашей — только те, которые согласуются с антропным принципом, т. е. с существованием в ней жизни. В результате, делает вывод Хоссенфельдер, «учитывая, что сейчас естественность вступила в противоречие с наблюдениями, многие физики считают, что единственной альтернативой “естественным” законам природы служит то, что мы живем в Мультивселенной»⁵. Здесь появляется еще одно важное понятие, связанное с естественностью, — это «тонко настроенные» числа: можно сказать, что принцип естественности требует отсутствия таких чисел. Представление же о Мультивселенной и антропный принцип в какой-то степени объясняют феномен тонкой настройки. Грандиозная концепция Мультивселенной, математически возможная, но находящаяся за пределами проверки путем наблюдений, так сильно модифицирует понятие физической теории, что очень многие физики предпочитают отказаться от объяснения естественности и тонкой настройки столь радикальным путем. «Я не против Мультивселенной, — цитирует автор известного космолога Дж. Эллиса. — Я против того, чтобы называть такое наукой в общепризнанном смысле этого слова»⁶. К тому же в середине 2010-х гг. было показано, что огромное множество вселенных неустойчивы. Теоретики и некоторые философы науки заговорили об устарелости принципа естественности или о его радикальной модернизации. Конечно, и раньше, и тем более сейчас не было и нет его единого понимания. То он трактуется как философский критерий, то как эстетическое же дополнение к принципу красоты, то как чисто математическое дополнение к принципу красоты, то как требование вычисляемости свободных параметров. Мы уже говорили о привлекательности концепции суперсимметрии и ее бесспорной красоте, но в пользу ее говорит и то, что при ее наличии при энергиях порядка десяти в 16 степени ГэВ три константы трех фундаментальных взаимодействий сводятся к одной. Однако в теориях с *SUSY* число свободных параметров становится более 100, что крайне нежелательно с позиций принципа естественности и является дополнительным серьезным аргументом в пользу отказа от этого принципа. Появилось выражение «эпоха постестественности», в которую вступили физика и космология XXI в.

«Жесткость» и «самосогласованность» (вместо «естественности») требуют «фиксации костяка допущений»

В результате на смену естественности стали привлекать другие эвристические принципы теоретизации: математического согласования (С. Вайнберг), самосогласования (Г. Двали), жесткости (Н. Аркани-Хамед) и др. Так,

⁵ Там же. С. 144.

⁶ Там же. С. 254.

Вайнберг полагает, что теории, подобные СМ, до некоторой степени «объясняют сами себя», а математическая согласованность теории «не дает нам делать расплывчатые или обоюдно противоречивые предположения»⁷. В некоторых случаях математическая согласованность может помочь выявить единственную теорию из множества альтернативных вариантов. Но в общей ситуации используемые математические структуры должны быть достаточно содержательны, чтобы допускать «существование яркого мира», т. е. теории «богатой, с массой эффектов и т. п.». Другой теоретик, Двали, предлагает использовать понятие «самосогласованности теории», включающее в себя принятие принципов квантовой теории поля и СРТ-симметрии, которых может оказаться достаточно, чтобы объяснить появление чрезмерно больших или малых чисел. Так, требование самосогласованности приводит к неустойчивости очень многих миров Мультивселенной, а также к существованию аксиона, легкой частицы — кандидата в частицы темной материи⁸. Еще один современный теоретик, на которого ссылается автор, Аркани-Хамед, предпочитает использовать термин «жесткость» теории:

Всякий раз, когда мы разрешаем какую-то проблему, становится все труднее изменить что-либо в действующих теориях [...] И поэтому фундаментальные законы природы, известные нам сейчас, кажутся неизбежными следствиями прошлых достижений. Эту неизбывность существующих теорий часто называют «жесткостью». Она порождает в нас надежду, что мы уже знаем все необходимое для того, чтобы отыскать более фундаментальную теорию...⁹

Однако «жесткость — осмысленный критерий только тогда, когда мы фиксируем *костяк допущений*, из которых затем делаются дедуктивные выводы» (курсив наш. — А. А., Вл. В.)¹⁰.

Необходимость четко формулировать исходные предположения, по мнению Хоссенфельдер, — вообще один из главных уроков истории физики, из этого во многом исходили творцы релятивизма и квантов. Остановимся на этом несколько подробнее. Эйнштейн полагал, что никакого логического пути, ведущего от эмпирических фактов к аксиомам (или основным принципам теории, или «костяку допущений»), не существует. Поэтому в его схематическом изображении способа построения теории этот путь был представлен не прямой линией, а кривой («дуга Эйнштейна»). Но эта дуга — не чисто интуитивное прозрение; в действительности, как выясняется в процессе историко-научного исследования, она во многом определяется рядом факторов, прежде всего принципами теоретизации физического знания, известными как методологические принципы физики¹¹. Среди них — принципы симметрии, сохранения, соответствия, простоты, причинности и

⁷ Там же. С. 121–122.

⁸ Левин А. Е. Натуральна ли естественность? // https://elementy.ru/nauchno-populyarnaya_biblioteka/434468/Naturalna_li_estestvennost.

⁹ Хоссенфельдер. Уродливая Вселенная... С. 94–95.

¹⁰ Там же. С. 95.

¹¹ Визгин В. П. Метафизические аспекты «дуги Эйнштейна» // Метафизика. 2013. № 1 (7). С. 108–125.

некоторые другие, метафизический, по существу, принцип математичности, или «предустановленной гармонии между математикой и физикой», а также предположение о «Нётеровой структуре» теории, включающее в себя не всегда явно формулируемое допущение о вариационной формулировке теории (на основе принципа действия Гамильтона; теорема Нётер же связывает воедино действие или лагранжиан теории и непрерывные симметрии с соответствующими законами сохранения, а в случае калибровочных симметрий — и с фундаментальными взаимодействиями). Многие из этих принципов относятся к костяку основных допущений, которые часто скрыто предполагаются, но далеко не всегда и не полностью явно формулируются. Принятие этих требований, а им так или иначе удовлетворяют и квантовая теория поля, и ОТО, и стандартная модель, усиливает жесткость теорий и делает осмысленным этот критерий. Наконец, вступление в эпоху «постестественности», несмотря на то что, как нам кажется, принцип естественности еще сохраняет свое эвристическое значение, не так страшно, как вступление в «постэмпирическую» эпоху. Самые математически элегантные, абстрактные и мощные теории, подобные теории струн, должны сопоставляться с наблюдательными данными. Допустим только временный и относительный отрыв от физической реальности, примерно в той же мере, в какой математическая физика (изучение математических структур физики) отрывается от теоретической физики, весь смысл которой — в согласованности теории с данными наблюдений и экспериментов.

Представления о красоте не постоянны, они эволюционируют

Затрагивается в книге и еще один важный и интересный (особенно для историков науки) сюжет, связанный с принципом красоты, — историчность понятия красоты. Автор ссылается на книгу Дж. Макаллистера «Красота и революция в науке» (1996)¹², в которой идея Т. Куна о научных революциях дополняется положением о том, что «во время революции ученые отбрасывают не все, а только свои концепции красоты» и что поэтому в процессе революции «они должны разработать новую концепцию красоты»¹³. В этом, как нам кажется, есть определенный смысл. Красота ньютоновско-лапласовской, классико-механической парадигмы (картины мира) заключалась в сведении всего многообразия физических явлений к частицам, движущимся по законам классической механики и взаимодействующим в соответствии с законом всемирного тяготения или подобными ему законами мгновенного дальнего действия. Математико-феноменологическая программа физики первой половины XIX в. привела к такому пониманию физических теорий, когда, с математической точки зрения, они сводились к дифференциальным уравнениям с частными производными 2-го порядка (эллиптическим, гиперболическим и параболическим). И здесь красота — в единстве и дифференциально-аналитической упорядоченности физических процессов. Затем

¹² McAllister, J. Beauty and Revolution in Science. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1996.

¹³ Хоссенфельдер. Уродливая Вселенная... С. 182.

после возникновения максвелловской теории электромагнитного поля формируется электромагнитно-полевая парадигма, в которой электромагнитное поле — единственная фундаментальная реальность, к которой сводятся и частицы. Эта парадигма вскоре была заменена квантово-релятивистской программой (парадигмой), красота которой сводилась, в сущности, к двум совершенно новым, необычайно оригинальным и мощным теориям: ОТО и квантовой теории поля. Так что представление о красоте физической теории в процессе развития физики менялось, само эволюционировало. Кстати говоря, после создания СТО физические теории стали с математической точки зрения пониматься в первую очередь не как теории дифференциальных уравнений, а как теории инвариантов лежащих в их основе групп симметрии. А там, где симметрия, там и красота, как мы знаем из книги Хоссенфельдер, а также из недавно вышедшей книги одного из создателей СМФ. Вильчека с характерным названием «Красота физики»¹⁴, в определенном смысле противостоящим названию русского перевода книги Хоссенфельдер «Уродливая Вселенная».

«Когнитивные искажения» и социальные причины поддержки масштабных теоретических проектов

Для историков науки особый интерес представляют также социальные (социально-психологические) аспекты нынешней ситуации в фундаментальной физике. Они прежде всего связаны с так называемыми «когнитивными искажениями» и модой на трудно проверяемые или вообще экспериментально непроверяемые теории типа великого объединения или теории струн (эти теории престижны, требуют высокой математической квалификации, но их разработка значительно дешевле проведения экспериментальных исследований). Когнитивные искажения — это недостатки и ошибки человеческого мышления, включая и научное мышление, в том числе социально обусловленные. «Законы природы красивы, ибо физики без усталости твердят друг другу о красоте этих законов»¹⁵.

Неудивительно, что физики видят в законах природы красоту. Если вы отсидели курс математики, глядя на уравнения как на безобразную писанину, то вряд ли в итоге стали физиком-теоретиком. Известно не так много физиков, которые жалуются, что законы природы отталкивающи, — по той же причине, по которой мало кто из водителей грузовиков считает большие моторы ужасными¹⁶.

Обычно в историко-методологической литературе когнитивным искажениям не уделяется достаточного внимания. В книге же Хоссенфельдер им посвящена целая глава (десятая).

¹⁴ Вильчек Ф. Красота физики: постигая устройство природы. М.: Альпина нон-фикшн, 2016.

¹⁵ Хоссенфельдер. Уродливая Вселенная... С. 187.

¹⁶ Там же. С. 260.

Мы (т. е. ученые. – А. А., Вл. В.), – пишет автор, – стараемся подняться над недостатками человеческого мышления – и используем для этого процедуры, предназначение которых в том, чтобы не позволить нам врать ни другим, ни самим себе [...] Мы должны отдавать себе отчет в собственных желаниях, устремлениях и слабостях. Мы должны помнить о своей человеческой природе – и исправлять ее изъяны, когда необходимо ¹⁷.

И далее перечисляются и иллюстрируются эти когнитивные искажения, которые особенно распространены среди ученых. Ограничимся их кратчайшим обзором, в основном даже только их названиями, говорящими сами за себя. Это «эффект социальной желательности», когда мы высказываем мнение, которое будет благосклонно воспринято другими; «предвзятость подтверждения», когда мы всюду ищем подтверждения своим аргументам; социально обусловленный эффект «мотивированного мышления», когда мы считаем что «положительные результаты получаются чаще, чем в действительности»; «ошибка невозвратных издержек»; «апофения», т. е. «склонность обнаруживать структуру и взаимосвязи в бессмысленных, случайных данных»; «эффект ложного консенсуса»; «эффект знакомства с объектом»; «эффект слепого пятна», когда ученый «свято верит, что сам-то уж точно мыслит непредвзято», и др. В книге даже имеется «Приложение В» «Чем вы можете помочь», где перечислены конкретные рекомендации по борьбе с когнитивными искажениями – для исследователей и научных администраторов. *Социальная обусловленность многих когнитивных искажений* – это уже вторжение социального в процесс формирования и развития научного знания. Другой особенно примечательный социальный аспект нынешней ситуации в фундаментальной физике – социальная в основном подоплека популярности и финансируемости масштабных теоретических проектов типа теории великого объединения или теории струн, уже давно, казалось бы, зашедших в тупик. В книге приводится такое высказывание Ф. Дайсона в отношении струнного проекта:

Теория струн привлекательна, потому что создает рабочие места. А почему теория струн предоставляет так много рабочих мест? Потому что теория струн малозатратна. Если вы возглавляете факультет физики в какой-нибудь глубинке, располагая весьма скромными средствами, то у вас нет возможности оборудовать лабораторию для занятий экспериментальной физикой, но вы можете позволить себе нанять парочку специалистов по теории струн. Выделяете для них несколько рабочих мест – и вот у вас уже современный факультет физики ¹⁸.

Еще одна причина продолжающейся востребованности теории струн в том, что она до сих пор остается «модной теорией». Феномен моды в истории и прежде всего теории струн в фундаментальной физике обсуждается

¹⁷ Там же. С. 261.

¹⁸ Там же. С. 205.

в вышедшей недавно книге Р. Пенроуза «Мода, вера, фантазия и новая физика Вселенной»¹⁹.

Философия и психология теоретической физики

В поисках причин «коллективного помешательства» физиков Хоссенфельдер, однако, не скатывается в примитивный социологизм, уделяя должное внимание также философии и психологии. В ее отношении к философии ощущается порой изрядный скептицизм. «Я не думаю, что критерии, используемые нами, очень уж философские. Они, скорее, преимущественно социальные и эстетические»²⁰, — пишет она. Тем не менее Хоссенфельдер сама смело философствует на множество тем и даже дает собственное определение науки: «Наука — это организованная деятельность, направленная на то, чтобы преодолеть ограничения когнитивных способностей человека и избежать заблуждений интуиции»²¹. Именно к таким «заблуждениям интуиции», похоже, она и относит философию. Она отмечает:

Если бы физики помнили о границе между наукой и философией, это помогло бы им отделять факты от верований. Я не вижу большой разницы между верой в то, что природа красива, и в то, что Бог всемилостив²².

Нет никаких веских математических причин, почему теория не должна содержать бесконечностей. Это философское требование, превратившееся в математическое допущение. Люди говорят об этом, но никогда не фиксируют [...] Мы используем множество допущений, в основе своей философских, но не обращаем на них внимания²³.

Однако тут заметна явная противоречивость отношения Хоссенфельдер к роли философии в физике, поскольку освободиться от таких «заблуждений интуиции» предлагается посредством той же самой философии:

Сегодня большинство проблем в основаниях физики — философские вопросы, не противоречия в данных, и нам нужна философия, чтобы разобраться с этими затруднениями. Следует ли нам обращать внимание на численные совпадения? Оправданно ли вообще использовать эстетическое восприятие, чтобы оценивать законы природы? Есть ли у нас хоть какие-то основания считать, что более фундаментальные законы должны быть еще и проще? И раз ученые штампуют гипотезы сотнями, чтобы печатные станки не простаивали, какие есть хорошие критерии для оценки перспективности этих идей?

Философы нужны нам, чтобы преодолеть разрыв между донаучной путаницей и научной аргументацией. Впрочем, это также означает, что по мере развития науки и расширения нашего знания пространство для философии

¹⁹ Пенроуз Р. Мода, вера, фантазия и новая физика Вселенной. СПб.: Питер, 2020.

²⁰ Хоссенфельдер. Уродливая Вселенная... С. 52.

²¹ Там же. С. 17.

²² Там же. С. 252.

²³ Там же. С. 256.

неминуемо сокращается. Как и хорошие психологи, хорошие философы науки достигают цели тогда, когда оказываются ненужными. И как хорошим психологам, им не следует обижаться, если клиент яростно отрицает, что нуждается в помощи ²⁴.

В книге внимание уделено также особенностям мышления теоретиков, схожим с упомянутыми «когнитивными искажениями» и «философскими предубеждениями», но еще более личным, субъективным, *эмоциональным*. Приведены слова Джудиче о красоте как об иррациональной составляющей физики, делающей ее «интересной и волнующей» ²⁵. Учитывается глубоко психологический аспект научного творчества: среди факторов, влияющих «извне» на физические теории, разбирается даже такой, как «просто мечта» (найти объяснение всего, всех случайностей). Хоссенфельдер пишет: «Это давняя мечта — отыскать смысл в том, что кажется бессмысленным» — и признается, что лично она не понимает, почему нужно считать, что «выведение единого закона природы — это нечто большее, нежели просто мечта» ²⁶. Признавая, разумеется, и прикладное назначение физики — делать предсказания и служить решению практических задач, — Хоссенфельдер не умалчивает о другой стороне науки — о борьбе с бессмысленностью мира: «Мы не просто хотим ответов, нам нужны объяснения этих ответов» ²⁷.

Поиск красоты и смысла в естественном порядке вещей — это извечное человеческое стремление, и ученые тоже ему подвержены. Психолог Ирвин Ялом выделил бессмысленность как один из четырех наших экзистенциальных страхов (остальные три: смерть, изоляция и свобода) ²⁸.

История важна для понимания современного состояния физики

Вводя в курс современной ситуации в физике, Хоссенфельдер очень естественно касается истории возникновения нынешнего положения в различных областях и создает — можно взглянуть на книгу и под таким углом — эмоционально насыщенный, увлекательный, физически корректный сборник очерков по истории фундаментальной теоретической физики последних 30—40 лет. Почти полностью посвящены истории физики разделы с характерными названиями «Откуда мы пришли» и «Как мы сюда попали». Историко-научные примеры используются как дополнительные аргументы в пользу тех или иных методологических концепций или как их яркая иллюстрация. Уже упоминалось неприятие Браге гелиоцентризма как первый случай применения принципа математической «естественности». Несколько страниц посвящено полузабытому увлечению вихревой теорией атома в конце XIX в. в связи с современной теорией струн.

²⁴ Там же. С. 258.

²⁵ Там же. С. 260.

²⁶ Там же. С. 123.

²⁷ Там же. С. 161.

²⁸ Там же. С. 219.

Есть в книге не только эффектный пересказ известных исторических эпизодов, но и вполне самодостаточные историко-научные мини-исследования: авторская подборка цитат физиков всех времен о красоте теорий (в разделе «Как мы сюда попали») или небольшая коллекция мнений о якобы уродливости стандартной модели. И, разумеется, особое внимание уделено истории новейшей физики (собственно, ей посвящена большая часть книги): появлению стандартной модели, идей суперсимметрии, теории космологической инфляции, концепций мультивселенных и т. п. Анализ развития науки даже в XXI в. — это тоже история. Примеры хорошо известны: блистательные исторические очерки С. И. Вавилова по теории относительности, написанные вскоре после ее создания, или глубокие исторические работы Л. С. Полака по квантовой механике, написанные в середине 1930-х гг., менее чем через 10 лет после ее разработки.

Отметим, впрочем, некоторые недочеты и небольшие неточности: например игнорирование роли А. А. Фридмана в изложении на с. 45 истории концепции нестационарной Вселенной или ошибку в годе публикации финским теоретиком Г. Нордстремом идеи о возможности дополнительных измерений (в примечании на с. 29 неверно указан 1905 г. вместо 1914 г., когда Нордстрем попытался на основе пятимерного пространства объединить свою лоренц-ковариантную теорию гравитации с уравнениями электромагнитного поля Максвелла²⁹). Также интересно было бы увидеть хотя бы краткую сводную хронологию событий, важных с точки зрения автора.

Отвага и талант С. Хоссенфельдер

Книга признана научным бестселлером, переведена на 10 языков. Такой успех обусловлен — помимо несомненного писательского мастерства Хоссенфельдер — ее особого рода отвагой. В большинстве обзорных и научно-популярных текстов по фундаментальной физике, в том числе вышедших в самое последнее время и написанных такими выдающимися теоретиками, как нобелевские лауреаты Ф. Вильчек, Р. Пенроуз и др.³⁰ (дополнительные ссылки можно найти в обсуждаемой книге), с восхищением говорится о красоте и математичности как непреходящих факторах конструирования новых теорий. Хоссенфельдер же — вполне «свой человек» в мировом научном сообществе физиков-теоретиков — находит серьезные аргументы в пользу почти противоположного взгляда на эти факторы. Для такого «движения против течения» нужна немалая авторская смелость. Именно это выгодно выделяет автора на фоне других, «мейнстримных», популяризаторов.

Богатую материалом книгу о философских проблемах физики Хоссенфельдер умудрилась сделать интересной и (одна из причин этого) очень личной. Субъективность в хорошем смысле этого слова проявляется и в открытом объяснении в самом начале книги причин, подтолкнувших автора

²⁹ Визгин В. П. Единые теории поля в квантово-релятивистской революции: программа полевого геометрического синтеза физики. М.: КомКнига, 2006. С. 48–50.

³⁰ Вильчек. Красота физики...; Пенроуз. Мода, вера, фантазия...

к ее написанию (среди которых — очередной период безработицы), и в богато рассыпанных по книге оценочных суждениях (иногда довольно резких). Однако при общей критичности даже в роли такого «правдоруба» Хоссенфельдер демонстрирует удивительную уравновешенность позиции по всем в высшей степени небезразличным ей вопросам. Она почти безупречно удерживается от того, чтобы пропагандировать какую-то одну, более ей симпатичную, из многочисленных разбираемых теорий (это редчайший, если не уникальный случай для современного физика-популяризатора). Разбирая спорные концепции, она по возможности дает слово обеим сторонам (историю теории струн, например, вообще излагает в двух разных вариантах). Даже в случае наиболее странных теорий она честно пытается «примерить на себя» непривычную точку зрения. Так, например, подробно разбирая ситуацию с модной и, по мнению некоторых, диковатой концепцией Мультивселенной (во всех ее ипостасях — от многомировых интерпретаций квантовой механики до ландшафта теории струн), Хоссенфельдер удерживается от ожидаемого, буквально напрашивающегося в контексте главной идеи книги финального идейного разгрома и с уважением признает наличие привлекательных сторон этой концепции: «Чем больше я читаю о Мультивселенной, тем интереснее она для меня становится»³¹. Непредвзятый исследовательский взгляд на проблемы науки никогда не оказывается надменным взглядом свысока: Хоссенфельдер не забывает, что она сама прежде всего физик. Описав потенциально достижимое в будущей теории объяснение некоторых известных из эксперимента чисел, она честно признается:

Многие физики думают, что эти числа не могут быть случайностью. Мне так часто говорили, что они просто обязаны что-то означать, что я и сама иногда верю, будто это так³².

Нельзя не отметить также и в меру проявляющиеся скромность и самокритичность Хоссенфельдер. «Мне не следует подвергать психоанализу сообщество, которое не нуждается в терапии и не жаждет ее»³³.

Хоссенфельдер ведет активную и успешную околонаучную деятельность в Интернете. Очевидно, приобретенный при этом богатый опыт общения с интересующимися наукой непрофессионалами — от любопытствующих гуманитариев до «маргинальных» физиков-самоучек (в один из периодов вынужденной безработицы Хоссенфельдер вела забавный проект — «Поговорите с физиком. Консультации в *Skype*. 50 долларов за 20 минут») — замечательно повлиял на стиль книги: она написана ясно и интересно, в меру строго, в меру образно, с нужной долей серьезности и юмора, иронии и самоиронии.

Используются выразительные метафоры (племя ученых, космический покер и пр.), яркие образы:

...последуете за фактами вплоть до «подвала» науки. Идите до тех пор, пока факты не станут скудными и дорогу вам не преградят теоретики, спорящие,

³¹ Хоссенфельдер. Уродливая Вселенная... С. 143.

³² Там же. С. 173–174.

³³ Там же. С. 119.

чья теория красивее. Тогда-то вы и поймете, что достигли фундаментальных положений³⁴.

В некоторых случаях короткой авторской формулировкой удастся великолепно описать целый массив научно-философских проблем:

...неприглядная особенность квантовой механики состоит в том, что, ссылаясь на измерения, ее аксиомы предполагают существование макроскопических объектов (детекторов, компьютеров, мозга и так далее), а это удар по редукционизму. Фундаментальная теория должна ведь объяснять появление макроскопического мира, а не исходить из его наличия в своих аксиомах³⁵.

Запутанные методологические вопросы фундаментальной физики иногда переформулируются безжалостно точно благодаря умелому сочетанию нарочито «простецкой» логики, довольно естественной для научно-популярного жанра, и авторской иронии:

Мультивселенная приобрела популярность, тогда как естественность впала в немилость, и теперь физики преподносят одну идею как альтернативу другой. Утверждается, что коль скоро у нас не получается найти числу естественное объяснение, то никакого объяснения и нет. Просто выбирать значение параметра – слишком некрасиво. Следовательно, если параметр неестественен, то он тогда может принимать любые значения, а для каждого возможного значения имеется своя вселенная. Что приводит к странному выводу: *если мы не видим суперсимметричных частиц в Большом адронном коллайдере, значит, мы живем в Мультивселенной* (курсив наш. – А. А., Вл. В.)³⁶.

Личностная интонация книги делает совершенно уместными даже некоторые резкие по форме высказывания. При несомненном уважении автора к истории физики она тем не менее честно признается: «В школе я ненавидела историю, но с тех пор осознала целесообразность цитирования умерших людей для обоснования своих суждений»³⁷. В нужном месте со строгой ссылкой (на видеозапись в Интернете) Хоссенфельдер приводит примечательный своей лаконичностью и эмоциональностью аргумент в пользу науки от Р. Докинза: «Наука, суки, работает»³⁸.

При всей серьезности затрагиваемой проблематики Хоссенфельдер не может не улыбаться. Приводя такой фрагмент беседы с Вайнбергом:

Я успешно работал все это время, не зная, что такое квантовая механика. В одной своей книге я рассказываю такую историю: мой коллега Филип Канделас как-то упомянул аспиранта, чья работа фактически развалилась. Я спросил, что же случилось, а Канделас ответил: «Он попытался понять квантовую механику»³⁹,

Хоссенфельдер в скобках замечает: «Если вы процитируете это, то можете стать первым человеком, который цитирует кого-то, кто цитирует кого-то другого, кто

³⁴ Там же. С. 19.

³⁵ Там же. С. 148–149.

³⁶ Там же. С. 132.

³⁷ Там же. С. 31.

³⁸ Там же. С. 183.

³⁹ Там же. С. 155.

цитирует себя, цитирующего кого-то еще». Обыгрывая выражение из названия первой экспериментальной работы по поиску темной материи, она поясняет:

На обычном языке «интересные ограничения» означают, что не найдено ничего. В нескольких других экспериментах, связанных с нейтрино, тогда тоже были получены интересные ограничения⁴⁰.

Старательно перечисляя вычурно-красивые названия 37 детекторов частиц темной материи, созданных с начала 1990-х по 2018 г., она резюмирует: «Во всех этих экспериментах были получены интересные ограничения». Подобные этому списку детекторов «юмористические» перечни украшают книгу:

Со времен Паули постулирование новых частиц стало любимым занятием теоретиков. У нас имеются: преоны, сфермионы, дионы, магнитные монополи, симпы, вимпы, вимпзиллы, аксионы, гигантские магноны, максимоны, «макро», скирмионы, стерильные нейтрино (и это я перечислила только самые популярные)⁴¹.

При этом и такие довольно декоративные перечни, и некоторые другие подсчеты совершенно уместны и интересны (например: «При учете 2014 года насчитывалось 193 инфлатонных потенциала»⁴²). Пример простой, но очень выразительной статистики подводит итог истории с «двухфотонным всплеском», служащей своеобразным обрамлением книги: с этого эпизода работы Большого адронного коллайдера книга начинается и этим заканчивается. В 2015 г. в данных коллайдера была замечена подозрительная и не вписывавшаяся в имевшиеся теории «двухфотонная аномалия», которая менее чем через год была признана всего лишь статистической флуктуацией. За восемь месяцев, однако, по подсчетам Хоссенфельдер, теоретики написали свыше пятисот статей, объяснявших этот эффект, самые популярные из них были процитированы более трехсот раз.

Если нас это хоть чему-то учит, так это тому, что существующая практика позволяет физикам-теоретикам моментально изобретать сотни объяснений чему угодно, какие бы данные им случайно ни подбросили⁴³.

Физик-теоретик Хоссенфельдер привела в своей книге множество интереснейших объяснений современного кризиса в теоретической физике. Даже если данные о его наличии со временем окажутся всего лишь статистической флуктуацией, книга тем не менее от этого не пострадает и останется для будущих историков добротным свидетельством о нынешней ситуации в основаниях теоретической физики.

Прекрасный выход из ужасной ситуации

Сомнение в значении красоты и математичности при конструировании новых теорий, к сожалению, не только смелый сюжетобразующий авторский прием. Эта позиция отражает созревающее изменение настроения

⁴⁰ Там же. С. 237.

⁴¹ Там же. С. 233.

⁴² Там же. С. 249.

⁴³ Там же. С. 275.

теоретического сообщества, что видно из серии интервью Хоссенфельдер со многими лидерами фундаментальной физики. Казалось бы, вывод автора весьма пессимистичен: в условиях наступающей «постэмпирической» и «постестественной» эпохи надежды на еще недавно эффективные принципы красоты и математичности дают сбой. И выхода из тупика не видно. Но пара последних фраз книги внушают надежду: «Мне дали новый исследовательский грант. Впереди много работы. Следующий прорыв в физике произойдет в этом столетии. И он будет прекрасен»⁴⁴. Иначе говоря, принцип красоты все-таки не рухнул, дало трещину старое представление о красоте. Эстетическая эвристика непреходяща, но ее конкретную реализацию предстоит найти. Точно так же обстоит дело с математичностью, парой страниц ранее автор справедливо подчеркивает: «Физика — не математика. Физика — это выбор правильной математики». Вполне вероятно, что сохранится и понимание красоты как проявления симметрии. Это понятие испытало нетривиальные трансформации при разработке стандартной модели. Сначала на помощь пространственно-временным симметриям пришли внутренние глобальные (изоспиновые и прочие унитарные) симметрии. Затем появилась концепция локально-калибровочной симметрии, позволившая весьма красиво и единым образом ввести бозоны взаимодействия. Далее, чтобы решить проблему массы калибровочных частиц, пришлось ввести концепцию спонтанного нарушения симметрии (это касалось теории электрослабого взаимодействия). Кварки были предсказаны на основе глобальной симметрии $SU(3)$, а построить квантовую хромодинамику как теорию кварков и глюонов удалось благодаря переходу от глобальной к цветной калибровочной $SU(3)$ -симметрии, допускающей асимптотическую свободу. К сожалению, дальнейшее объединение трех фундаментальных взаимодействий на основе весьма обширных и красивых унитарных групп $SU(5)$ или $SO(10)$ (речь идет о теориях великого объединения) или попытки ввести суперсимметрию пока не привели к успеху, натолкнувшись на проблему экспериментального подтверждения. Тем не менее ресурс, связанный с возможными модификации принципа симметрии, далеко не исчерпан⁴⁵. А значит, ожидаемый прорыв в физике будет прекрасен, поскольку, как можно надеяться, будет в определенном (пока неизвестном) смысле симметричным.

Книга Сабины Хоссенфельдер во многих отношениях интересна и полезна, причем историкам не только физики, но и других естественных наук и науки в целом. Например, в связи с возможной трансляцией понятия красоты из физики в химию, биологию, математику; из-за ясного указания на опасность когнитивных искажений в развитии науки и, конечно, как аргумент в пользу важности контактов ученых с философами и социологами науки.

⁴⁴ Там же. С. 277.

⁴⁵ О разнообразии симметрий, их модификаций и их нарушения см., например: Вильчек. Красота физики...; Вайнберг С. Все еще неизвестная Вселенная. Мысли о физике, искусстве и кризисе науки. М.: Альпина нон-фикшн, 2020.