

УДК 53
ББК 22.3
Х84

Lost in Math: How Beauty Leads Physics Astray
by Sabine Hossenfelder
Copyright © 2018 by Sabine Hossenfelder. All rights reserved.

Хоссенфельдер, Сабина.
Х84 Уродливая Вселенная : как поиски красоты заводят физиков в тупик / Сабина Хоссенфельдер ; [перевод с английского А. О. Якименко]. — Москва : Эксмо, 2021. — 304 с. — (Сенсация в науке).

ISBN 978-5-04-103209-8

Триумф физики элементарных частиц и других выдающихся физических открытий остался далеко в прошлом. За последние 30 лет физика, увы, не радует нас новыми гениальными научными теориями. Почему так происходит? Правда ли, что фундаментальная наука в упадке?

Книга Сабины Хоссенфельдер исследует эту проблему и ищет ответ на вопрос: что должно лежать в основе современной физики?

Автор берет интервью у коллег по научному цеху, современных выдающихся ученых, предоставив нам возможность увидеть, как устроена теоретическая физика изнутри, какие проблемы в ней назрели.

Главная идея книги — в науке нет места догмам, и настоящие ученые должны остерегаться застоявшихся научных предубеждений, мешающих прогрессу в науке.

УДК 53
ББК 22.3

ISBN 978-5-04-103209-8

© Якименко А.О., перевод на русский язык, 2021
© Оформление. ООО «Издательство «Эксмо», 2021

Все права защищены. Книга или любая ее часть не может быть скопирована, воспроизведена в электронной или механической форме, в виде фотокопии, записи в память ЭВМ, репродукции или каким-либо иным способом, а также использована в любой информационной системе без получения разрешения от издателя. Копирование, воспроизведение и иное использование книги или ее части без согласия издателя является незаконным и влечет уголовную, административную и гражданскую ответственность.

Научно-популярное издание

СЕНСАЦИЯ В НАУКЕ

Хоссенфельдер Сабина

УРОДЛИВАЯ ВСЕЛЕННАЯ

КАК ПОИСКИ КРАСОТЫ ЗАВОДЯТ ФИЗИКОВ В ТУПИК

Главный редактор *Р. Фасхутдинов*
Руководитель направления *В. Обручев*
Ответственный редактор *Ю. Лаврова*
Литературный редактор *Е. Владимирская*
Младший редактор *Ю. Ключина*
Художественный редактор *П. Петров*

Страна происхождения: Российская Федерация
Шығарылған елі: Ресей Федерациясы

В оформлении обложки использована иллюстрация:
agsandrew / Shutterstock.com
Используется по лицензии от Shutterstock.com

ООО «Издательство «Эксмо»
123308, Россия, город Москва, улица Зорге, дом 1, строение 1, этаж 20, каб. 2013.
Тел.: 8 (495) 411-68-86,
Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru
Өндүрүш: «ЭКСМО» АКБ Баспасы,
123308, Ресей, қала Мәскеу, Зорге көшесі, 1 үй, 1 ғимарат, 20 қабат, офис 2013 ж.
Тел.: 8 (495) 411-68-86,
Home page: www.eksmo.ru E-mail: info@eksmo.ru

Тауар белгісі: «Эксмо»

Интернет-магазин: www.book24.ru

Интернет-магазин: www.book24.kz

Интернет-дүкен: www.book24.kz

Импортер в Республику Казахстан ТОО «РДЦ-Алматы».
Қазақстан Республикасындағы импорттаушы «РДЦ-Алматы» ЖШС.
Дистрибутор и представитель по приему претензий на продукцию,
в Республике Казахстан: ТОО «РДЦ-Алматы»
Қазақстан Республикасында дистрибутор және өнім бойынша арыз-талаптарды
қабылдаушының өкілі «РДЦ-Алматы» ЖШС,
Алматы қ., Домбровский көш., 3-а, литер Б, офис 1.
Тел.: 8 (727) 251-59-90/91/92; E-mail: RDC-Almaty@eksmo.kz
Өнімнің жарамдылық мерзімі шектелмеген.

Сертификация туралы ақпарат сайты: www.eksmo.ru/certification

Сведения о подтверждении соответствия издания согласно законодательству РФ
о техническом регулировании можно получить на сайте Издательства «Эксмо»
www.eksmo.ru/certification

Өндүрген мемлекет: Ресей. Сертификация қарастырылмаған

Дата изготовления / Подписано в печать 06.11.2020. Формат 70x100¹/₁₆.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 24,63.

Тираж экз. Заказ





ПРИСОЕДИНЯЙТЕСЬ К НАМ!

БОМБОРА

ИЗДАТЕЛЬСТВО

БОМБОРА – лидер на рынке полезных и вдохновляющих книг. Мы любим книги и создаем их, чтобы вы могли творить, открывать мир, пробовать новое, расти. Быть счастливыми. Быть на волне.

мы в соцсетях:

   [bomborabooks](https://www.facebook.com/bomborabooks)  [bombora](https://www.telegram.com/bombora)
bombora.ru

ISBN 978-5-04-103209-8



9 785041 032098 >

12+

В электронном виде книги и издательства вы можете
купить на www.litres.ru

ЛитРес:
одни клик до книги



Москва. ООО «Торговый Дом «Эксмо»

Адрес: 123308, г. Москва, ул. Зорге, д.1, строение 1.
Телефон: +7 (495) 411-50-74. **E-mail:** reception@eksmo-sale.ru

По вопросам приобретения книг «Эксмо» зарубежными оптовыми
покупателями обращаться в отдел зарубежных продаж ТД «Эксмо»
E-mail: international@eksmo-sale.ru

*International Sales: International wholesale customers should contact
Foreign Sales Department of Trading House «Eksmo» for their orders.*
international@eksmo-sale.ru

По вопросам заказа книг корпоративным клиентам, в том числе в специальном
оформлении, обращаться по тел.: +7 (495) 411-68-59, доб. 2261.
E-mail: ivanova.ey@eksmo.ru

Оптовая торговля бумажно-беловыми
и канцелярскими товарами для школы и офиса «Канц-Эксмо»:
Компания «Канц-Эксмо»: 142702, Московская обл., Ленинский р-н, г. Видное-2,
Белокаменное ш., д. 1, а/я 5. Тел./факс: +7 (495) 745-28-87 (многоканальный).
e-mail: **kanc@eksmo-sale.ru**, сайт: **www.kanc-eksmo.ru**

Филиал «Торгового Дома «Эксмо» в Нижнем Новгороде
Адрес: 603094, г. Нижний Новгород, улица Карпинского, д. 29, бизнес-парк «Грин Плаза»
Телефон: +7 (831) 216-15-91 (92, 93, 94). **E-mail:** reception@eksmonn.ru

Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Санкт-Петербурге
Адрес: 192029, г. Санкт-Петербург, пр. Обуховской обороны, д. 84, лит. «Е»
Телефон: +7 (812) 365-46-03 / 04. **E-mail:** server@szko.ru

Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Екатеринбург
Адрес: 620024, г. Екатеринбург, ул. Новинская, д. 2щ
Телефон: +7 (343) 272-72-01 (02/03/04/05/06/08)

Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Самара
Адрес: 443052, г. Самара, пр-т Кирова, д. 75/1, лит. «Е»
Телефон: +7 (846) 207-55-50. **E-mail:** RDC-samara@mail.ru

Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Ростове-на-Дону
Адрес: 344023, г. Ростов-на-Дону, ул. Страны Советов, 44А
Телефон: +7(863) 303-62-10. **E-mail:** info@rnd.eksmo.ru

Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Новосибирске
Адрес: 630015, г. Новосибирск, Комбинатский пер., д. 3
Телефон: +7(383) 289-91-42. **E-mail:** eksmo-nsk@yandex.ru

Обособленное подразделение в г. Хабаровске
Фактический адрес: 680000, г. Хабаровск, ул. Фрунзе, 22, оф. 703
Почтовый адрес: 680020, г. Хабаровск, А/Я 1006
Телефон: (4212) 910-120, 910-211. **E-mail:** eksmo-khv@mail.ru

Филиал ООО «Издательство «Эксмо» в г. Тюмени
Центр оптово-розничных продаж Cash&Carry в г. Тюмени
Адрес: 625022, г. Тюмень, ул. Пермякова, 1а, 2 этаж. ТЦ «Перестрой-ка»
Ежедневно с 9.00 до 20.00. Телефон: 8 (3452) 21-53-96

Республика Беларусь: ООО «ЭКМО АСТ Си энд Си»
Центр оптово-розничных продаж Cash&Carry в г. Минске
Адрес: 220014, Республика Беларусь, г. Минск, проспект Жукова, 44, пом. 1-17, ТЦ «Outlet»
Телефон: +375 17 251-40-23; +375 44 581-81-92
Режим работы: с 10.00 до 22.00. **E-mail:** exmoast@yandex.by

Казахстан: «РДЦ Алматы»
Адрес: 050039, г. Алматы, ул. Домбровского, 3А
Телефон: +7 (727) 251-58-12, 251-59-90 (91,92,99). **E-mail:** RDC-Almaty@eksmo.kz

Украина: ООО «Форс Украина»
Адрес: 04073, г. Киев, ул. Вербовая, 17а
Телефон: +38 (044) 290-99-44, (067) 536-33-22. **E-mail:** sales@forsukraine.com

**Полный ассортимент продукции ООО «Издательство «Эксмо» можно приобрести в книжных
магазинах «Читай-город» и заказать в интернет-магазине: www.chitai-gorod.ru.**
Телефон единой справочной службы: 8 (800) 444-8-444. Звонок по России бесплатный.

Интернет-магазин ООО «Издательство «Эксмо»

www.book24.ru

Розничная продажа книг с доставкой по всему миру.
Тел.: +7 (495) 745-89-14. **E-mail: imarket@eksmo-sale.ru**

book 24.ru

Официальный
интернет-магазин
издательской группы
"ЭКМО-АСТ"

Mame

*Небеса таят ощущение чуда.
И мне хотелось верить,
Что я буду подхвачена,
Когда обессилю.*

САРА МАКЛАКЛЭН «ТИШИНА»

Оглавление

Предисловие	11
Глава 1. ТАЙНЫЕ ЗАКОНЫ ФИЗИКИ	13
<i>В которой я осознаю, что больше не понимаю физики. Я беседую с друзьями и коллегами, вижу, что не одна в замешательстве, и решаю вернуть на землю здравый смысл.</i>	
Глава 2. КАК ПРЕКРАСЕН МИР	31
<i>В которой я читаю много книг об умерших людях и обнаруживаю, что все любят красивые идеи, но красивые идеи иногда работают плохо. На конференции я начинаю волноваться, что физики вот-вот отбросят научный метод.</i>	
Глава 3. СОЮЗНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ	59
<i>В которой я обобщаю десять лет обучения на тридцати страницах и рассуждаю о счастливых деньках физики элементарных частиц.</i>	
Глава 4. ТРЕЩИНЫ В ФУНДАМЕНТЕ	87
<i>В которой я встречаюсь с Нимой Аркани-Хамедом и стараюсь смириться с тем, что природа неестественна, все, чему мы учимся, превосходно и всем наплевать, что я думаю.</i>	
Глава 5. ИДЕАЛЬНЫЕ ТЕОРИИ	110
<i>В которой я ищу пределы науки, но обнаруживаю, что воображение физиков-теоретиков поистине неисчерпаемо. Я лечу в Остин, позволяю Стивену Вайнбергу говорить сквозь меня и осознаю, сколько же мы делаем, просто чтобы убежать от скуки.</i>	

Глава 6. НЕПОСТИЖИМАЯ ПОСТИЖИМОСТЬ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ	145
<i>В которой я раздумываю, какова разница между математикой и магией.</i>	
Глава 7. ОДНА, ЧТОБ ПРАВИТЬ ВСЕМИ	167
<i>В которой я пытаюсь выяснить: было бы кому-нибудь дело до законов природы, будь они некрасивы? Я заскакиваю в Аризону, где Фрэнк Вильчек посвящает меня в свою скромную «теорию чего-то», а затем лечу на Мауи и слушаю Гарретта Лиси. Мне открываются некоторые неприглядные факты, и я подсчитываю физиков.</i>	
Глава 8. ПРОСТРАНСТВО, ПОСЛЕДНИЙ РУБЕЖ	202
<i>В которой я пытаюсь понять специалиста по теории струн и мне это почти удается.</i>	
Глава 9. ВСЕЛЕННАЯ: ВСЕ, ЧТО В НЕЙ ЕСТЬ, И ДАЖЕ БОЛЬШЕ	229
<i>В которой я восхищаюсь тем, как же много выдуманно способов объяснить, почему никто не видит изобретаемых нами частиц.</i>	
Глава 10. ЗНАНИЕ — СИЛА	260
<i>В которой я делаю вывод, что мир сильно выиграл бы, если бы все слушали меня.</i>	
Благодарности	278
Приложение А. ЧАСТИЦЫ СТАНДАРТНОЙ МОДЕЛИ ...	280
Приложение Б. ПРОБЛЕМА С ЕСТЕСТВЕННОСТЬЮ	282
Приложение В. ЧЕМ ВЫ МОЖЕТЕ ПОМОЧЬ	285
Список литературы	289

Предисловие

Они были так уверены — на все сто. Десятилетиями физики говорили нам, что знают, откуда ждать следующих открытий. Они строили ускорители, запускали спутники в космос и устанавливали детекторы в шахтах. Мир накалялся от зависти к физике*. Однако чаемых прорывов не происходило. Эксперименты не давали ничего нового.

Подвела физиков не математика, а их выбор математики. Они полагали, что мать-природа изящна, проста и щедра на подсказки. Думали, что могут слышать ее шепот, разговаривая с самими собой. И вот природа заговорила — и не сказала ни-че-го, четко и ясно.

Теоретическая физика — это стандартная математически мудреная, трудная для понимания научная дисциплина. Но для книги о математике здесь будет очень мало математики. Отбросьте уравнения и технические термины — и физика станет поиском смысла, исканиями, принявшими неожиданный оборот. Какие бы законы природы ни управляли нашей Вселенной, они не такие, как физики думали. Не такие, как думала я.

В книге рассказывается о том, как эстетическая оценка направляет современные исследования. Это моя собственная история, размышления о применении того, чему меня учили. Но также и история многих других физиков, мучающихся тем же противоречием: мы верим, что законы природы красивы, но разве верить во что-либо — это не то, чего ученый делать не должен?

* Зависть к физике (на англ. *physics envy*) — осудительное выражение, которое используют, критикуя стремление «гуманитарных» наук походить на физику, то есть казаться более «строгими», за счет злоупотреблений путаной терминологией и вычурной математикой. — *Прим. перев.*

ГЛАВА 1

Тайные законы физики

В которой я осознаю, что больше не понимаю физики. Я беседую с друзьями и коллегами, вижу, что не одна в замешательстве, и решаю вернуть на землю здравый смысл.

Серьезная проблема хорошего ученого

Я изобретаю новые законы природы, этим я зарабатываю на жизнь. Я одна из примерно десяти тысяч исследователей, чья задача — улучшить наши теории в физике элементарных частиц. В храме знаний мы те, кто копает в подвале, изучая фундамент. Мы обследуем трещины — подозрительные изъяны действующих теорий — и, когда что-то находим, зовем экспериментаторов разрыть более глубокие слои. В прошлом столетии такое разделение труда между теоретиками и экспериментаторами работало очень хорошо. Но моему поколению жестоко не везет.

Я уже двадцать лет в теоретической физике, и большинство людей из тех, кого я знаю, делают карьеру, исследуя вещи, которые никто никогда не видел. Они придумали немислимые новые теории, вроде идеи, что наша Вселенная — лишь одна из бесконечно многих, составляющих вместе «мультивселенную». Они изобрели десятки новых частиц, заявили, будто мы проекции пространства большей размерности, а само пространство испещрено кротовыми норами, соединяющими отдаленные области.

Эти идеи крайне противоречивы — и все же чрезвычайно популярны, спекулятивны — но интригующи, красивы — но бесполезны. Большинство из них так трудно проверить, они практически непроверяемы. Остальные непроверяемы даже теоретически. Но роднит эти теории то, что они сформулированы теоретиками, убежденными, будто их математика содержит некий элемент истины о природе. Они верят, что их теории слишком хороши, чтобы не быть правдой.

Изобретению новых законов природы — разработке теорий — не учат на занятиях; как придумывать новые законы природы — не объясняют в книгах и пособиях. Частично физики научаются этому, осваивая историю науки, но преимущественно впитывают это умение от старших коллег, друзей и наставников, руководителей и рецензентов. В основном это передающийся из поколения в поколение опыт, нажитое тяжелым трудом чутье на то, что работает. Когда физиков просят оценить перспективы новоизобретенной, но еще не проверенной теории, они опираются на понятия естественности, простоты (или элегантности) и красоты. Эти тайные законы вездесущи в основаниях физики. Они неоценимы. И находятся в острейшем конфликте с требованием научной объективности.

Тайные законы сослужили нам плохую службу. Хотя мы и предложили множество новых законов природы, все они остались неподтвержденными. И пока я наблюдала, как моя профессия соскальзывает в кризис, я соскользнула в свой собственный, персональный кризис. Я больше не уверена, что то, чем мы занимаемся в основаниях физики, — наука. А если это не наука, зачем я даром теряю свое время?



Я пришла в физику, потому что не понимаю человеческого поведения. Я пришла в физику, потому что математика прямолинейна, говорит все так, как есть. Мне нравились точность, недвусмысленность математики, ее главенство над природой. Два десятилетия спустя понять физику мне мешает то, что я все еще не понимаю человеческого поведения.

«Мы не можем сформулировать точные математические правила, которые определяли бы, привлекательна некая теория или нет, — говорит Джан Франческо Джудиче. — Но удивительно, как красота и элегантность теории повсеместно признаются людьми разных культур. Когда я говорю вам: “Смотрите, у меня вышла новая статья, и моя теория красива”, мне не нужно объяснять вам тонкости теории — вы и так поймете, почему я взволнован. Правильно?»

Я не понимаю. Потому-то и завела этот разговор. С чего бы законам природы тревожиться о том, что я нахожу красивым? Подобная связь между мной и Вселенной кажется абсолютно мистической, абсолютно нереальной, слишком чуждой мне.

Но ведь Джан не думает, будто природе не все равно, что я нахожу красивым, — ей важно, что *он* считает красивым.

«Чаще всего это интуитивное чувство, — говорит он, — ничего такого, что можно было бы выразить в математических терминах. Как говорится, физическая интуиция. Существует важное различие в том, как физики и математики видят красоту. Правильная комбинация из объяснения эмпирических фактов и использования фундаментальных принципов — вот что делает физическую теорию успешной и красивой».

Джан работает* на теоретическом отделении ЦЕРН (CERN, *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire*, Европейская организация по ядерным исследованиям). В ЦЕРН функционирует самый крупный на сегодня ускоритель частиц на встречных пучках — Большой адронный коллайдер. Стоившее 6 миллиардов долларов 16-мильное подземное кольцо для ускорения протонов и столкновения их друг с другом почти на скорости света обеспечивает нам максимальное приближение к элементарным строительным блокам материи.

Большой адронный коллайдер — это объединение экстремальностей: сверхохлажденные магниты, сверхвысокий вакуум, компьютерные кластеры, которые во время экспериментов записывают около трех гигабайт данных — что сравнимо с несколькими тысячами электронных книг — в секунду. Большой адронный коллайдер объединил тысячи ученых, десятилетия исследований

* Сейчас он руководит этим отделением. — *Прим. перев.*

и миллиарды высокотехнологичных компонентов ради одной цели — выяснить, из чего мы сделаны.

«Физика — игра хитроумная, — продолжает Джан. — И для того чтобы выяснить ее правила, требуется не только рациональность, но и субъективная оценка. По мне, так именно эта иррациональная составляющая и делает физику интересной и волнующей».

Я звоню из своей арендованной квартиры, вокруг громоздятся картонные коробки. Моя работа в Стокгольме подошла к концу — пора двигаться дальше и искать следующий исследовательский грант.

Когда я окончила университет, то думала, что научное сообщество станет для меня домом, семьей единомышленников, стремящихся понять природу. Однако я начала все больше и больше отдаляться от коллег, которые, с одной стороны, проповедуют важность беспристрастных эмпирических суждений, а с другой — применяют эстетические критерии для защиты своих любимых теорий.

«Когда вы отыскиваете решение проблемы, над которой работали, вы чувствуете некое возбуждение, — говорит Джан. — Это тот момент, когда вы неожиданно начинаете видеть структуру, вырисовывающуюся за вашими рассуждениями».

Исследования Джана сосредоточены на разработке новых теорий, сулящих решение проблем в уже существующих теориях физики элементарных частиц. Он придумал метод, позволяющий в количественной форме определить, насколько естественна теория, — математический показатель, по которому можно выяснить, насколько теория опирается на невероятные случайности¹. Чем естественнее теория, тем меньше она требует случайностей и тем она привлекательнее.

«Ощущение красоты физической теории словно “встроено” в наш мозг, это не социальный конструкт. Оно задевает некую внутреннюю струну, — говорит Джан. — Когда вы наталкиваетесь на красивую теорию, у вас возникает та же эмоциональная реакция, что и перед произведением искусства».

Не то чтобы я не знала, о чем он говорит, я просто не понимаю, почему это имеет значение. Сомневаюсь, что мое чувство