



**Подписывайтесь
на наши социальные сети**



GOVERT
SCHILLING

THE ELEPHANT IN THE UNIVERSE

Our Hunderd-year
Search
for Dark Matter

ГОБЕРТ
ШИЛЛИНГ

СЛОН ВО ВСЕЛЕННОЙ

100 лет
В ПОИСКАХ
**темной
материи**

Перевод с английского Андрея Дамбиса

Издательство АСТ
Москва



УДК 52
ББК 22.6
Ш58

Перевод оригинального издания:

Govert Schilling

THE ELEPHANT IN THE UNIVERSE:
OUR HUNDRED-YEAR SEARCH FOR DARK MATTER

Издание печатается по соглашению с The Science Factory,
Louisa Pritchard Associates and The Van Lear Agency LLC

Все права защищены.

Любое использование материалов данной книги, полностью
или частично, без разрешения правообладателя запрещается

Шиллинг, Говерт.

Ш58 Слон во Вселенной. 100 лет в поисках темной
материи / Говерт Шиллинг ; [перевод с английско-
го А. К. Дамбиса]. — Москва : Издательство АСТ,
2025. — 384 с. — (Науки о Земле и космосе).

ISBN 978-5-17-154685-4

Почти 100 лет ученые шаг за шагом шли к идее, что вещество, из которого соткана вся материя Вселенной, — атомы, планеты, галактики, туманности и даже мы сами, — с космической точки зрения незначительно. Природу основной части материи должна составлять таинственная субстанция, которая бросает вызов нашему воображению. Ученые окрестили ее темной материей.

Темная материя — не множество тусклых звезд и не всепроникающий темный межгалактический газ, она не состоит из черных дыр и обычных атомов, но, подобно невидимому клею, она скрепляет Вселенную и служит ее движущей силой.

«Слон во Вселенной» — это захватывающий триллер, рассказывающий о том, как ученые — как ведущие исследователи, так и мятежники от науки — ломали копыта вокруг темной материи и пытались ее обнаружить. Говерт Шиллинг доступно объясняет сложные астрофизические теории Λ CDM и MOND, разбирает WIMP и MACHO — кандидатов в темную материю — и рассматривает о новейших технологиях и экспериментах, которые двигают нас к пониманию, чем же все-таки является эта таинственная субстанция.

УДК 52
ББК 22.6

© Govert Schilling, 2022

© Foreword by the President and Fellows
of Harvard College, 2022

© А. К. Дамбис, перевод с английского, 2024

© Оформление. ООО «Издательство АСТ»,
2025

ISBN 978-5-17-154685-4

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие. Ави Леб	9
Введение	12

ЧАСТЬ I

Ухо

1. Материя, но не такая, какой мы ее знаем	23
2. Подземные призраки	37
3. Первопроходцы	50
4. Эффект гало	66
5. Плоская кривая	79
6. Космическая картография	92
7. Барионы Большого взрыва	105
8. Радиоастрономические мемуары	119

ЧАСТЬ II

Бивень

9. На холод	135
10. Чудотворные вимпы	148
11. Моделирование Вселенной	162
12. Еретики	178
13. За линзой	192
14. Культура МАЧО	207
15. Разлетающаяся Вселенная	222

16. Журавль в небе	236
17. Характерные признаки	248

ЧАСТЬ III

Хобот

18. Ксеноновые войны	265
19. Поймать ветер	280
20. Вестники из далекого космоса	294
21. Мелкие нарушители	309
22. Космологическая несогласованность	323
23. Неуловимые призраки	337
24. Темный кризис	352
25. Увидеть невидимое	366
Благодарности	379
Источники иллюстраций	381
Библиография	

Слепцы и слон

(Древняя индийская притча)

Слепцы, числом их было пять,
В Бомбей явились изучать
Индийского слона.
Исследовав слоновий бок,
Один сказал, что слон высок
И прочен, как стена.

Другой по хоботу слона
Провел рукой своей
И заявил, что слон — одна
Из безопасных змей.

Ощупал третий два клыка,
И утверждает он:
— На два отточенных штыка
Похож индийский слон!

Слепец четвертый, почесав
Колено у слона,
Установил, что слон шершав,
Как старая сосна.

А пятый, подойдя к слону
Со стороны хвоста,
Определил, что слон в длину
Не больше, чем глиста.

Возникли распри у слепцов
И длились целый год.
Потом слепцы в конце концов
Пустили руки в ход.

А так как пятый был силен,
Он всем зажал уста.
И состоит отныне слон
Из одного хвоста!*

Джон Годфри Сакс, 1872

* «Ученый спор», перевод С. Я. Маршака. — *Прим. пер.*

ПРЕДИСЛОВИЕ

Термин «темная материя» служит для обозначения основной части вещества во Вселенной — ее в пять раз больше, чем обычного вещества вроде того, из которого состоят звезды и планеты. Но, как понятно из названия книги, темная материя невидима. Мы знаем о ее существовании опосредованно, через гравитационное воздействие на видимое вещество, и, таким образом, она воплощает наше невежество.

Подобно всем замечательным тайнам, загадка темной материи упорно не поддается решению. Ученые бьются над ней уже целых 100 лет. Из наблюдений и научных теорий следует, что на роль темной материи могут претендовать самые разные объекты — слабо взаимодействующие массивные элементарные частицы, так называемые аксионы, и даже атомы, — главное, они не должны взаимодействовать с обычным веществом или светом. Сейчас ученые склонны считать, что темная материя возникла на самых ранних этапах эволюции Вселенной из раскаленного «бульона» невидимых и случайным образом медленно движущихся элементарных частиц. Хотя сами эти частицы до сих пор не наблюдались, ученым удалось зафиксировать их

проявления в виде слабых флуктуаций яркости реликтового фонового микроволнового излучения Вселенной — эха Большого взрыва.

Первым о возможности динамической оценки количества того, что мы сейчас называем темной материей, сказал лорд Кельвин. В 1884 году в своем докладе он предположил, что в нашей Галактике могут быть темные тела. Спустя почти 50 лет швейцарско-американский астроном Фриц Цвикки обнаружил, что масса скоплений галактик больше массы наблюдаемого в них вещества. В 70-х годах XX века свидетельства существования невидимых частиц были получены в результате пионерских работ Веры Рубин, Кента Форда и Кеннета Фримена. Они показали, что наблюдаемые движения газа и звезд в галактиках требуют наличия невидимых массивных гало (своеобразных «корон», окружающих видимую часть галактики), простирающихся далеко за границы внутренних областей этих звездных систем, внутри которых заключена обычная материя. А в 1983 году Моти Милгром для решения проблемы недостающей массы выдвинул свою теорию так называемой модифицированной ньютоновской динамики. Согласно этой альтернативной гипотезе, галактики не подчиняются законам Ньютона.

Как обычно бывает в науке, у предлагавшихся для объяснения темной материи теорий были как сторонники, так и критики. Предложенные для малых ускорений простые формулы модифицированной динамики Милгрота очень хорошо описывают плоские кривые вращения гало многих галактик даже спустя 40 лет, за которые было выполнено множество измерений. Но эта теория оказалась не в состоянии адекватно описать наблюдаемые свойства скоплений галактик. Быть может, темная материя очень сильно взаимодействует сама с собой и избегает областей вблизи ядер галактик. А со временем появляются все новые и новые гипотезы.

Книга Говерта Шиллинга — это захватывающее турне по теориям темной материи и попыткам ее наблюдения с самого начала и до наших дней. Вас ждут рассказы о наземных и космических обсерваториях, а также о детекторах элементарных частиц в подземных пещерах и туннелях. Вы познакомитесь с учеными — героями книги, которые посвятили себя поиску решения этой загадки. Это очень разные люди. Среди них такие ведущие специалисты по темной материи, как Джим Пиблс и Джереми «Джерри» Острайкер, а также более молодые исследователи — приверженцы, скептики и еретики. Через истории этих ученых вы получите всеобъемлющее представление о прошлом, настоящем и будущем одной из глубочайших загадок науки.

Вы узнаете, что поиски темной материи продолжаются и что ученые выдвинули множество теорий для ее объяснения. Но настанет день, когда все части сложатся в единую картину. Книга Шиллинга послужит вам путеводной звездой, идя за которой, вы общитесь к ведущим исследователям в их стремлении понять неведомую гравитирующую темную материю и сможете насладиться знакомством с тайнами нашей Вселенной.

Ави Леб

ВВЕДЕНИЕ

В 1995 году астрономы объявили о создании чувствительных спектрографов, позволяющих очень точно измерять скорости звезд. Я подумал, что через несколько лет с помощью этих приборов будут открыты планеты: если спектрограф зафиксирует слабые периодические колебания скорости какой-нибудь звезды, то это может свидетельствовать о наличии вблизи нее массивной планеты, чье притяжение искажает движение светила. Я решил приступить к написанию новой книги о поиске внесолнечных планет в надежде, что в заключительной главе смогу рассказать о решающем открытии.

В октябре того же года Мишель Майор и Дидье Кело объявили об открытии 51 Пегаса b — первой подтвержденной внесолнечной планеты, обращающейся вокруг звезды солнечного типа, и я понял, что надо поторопливаться. На протяжении большей части 1995 года я почти ничем другим не занимался. Моя книга (на нидерландском языке) «Сестра-близнец Земли» (*Tweeling aarde*) — одна из первых, посвященных начальному этапу открытия внесолнечных планет, — вышла в 1997 году.

Нечто подобное случилось 20 лет спустя. В начале 2015 года я приступил к написанию книги о гравитационных волнах — чрезвычайно слабых колебаниях

самой ткани Вселенной, вызванных такими событиями, как слияние черных дыр. Гравитационные волны были предсказаны в общей теории относительности Альберта Эйнштейна несколько десятилетий назад, и с тех самых пор ученые старались их обнаружить. Когда я начал писать книгу, то уже знал, что через несколько месяцев заработают передовые детекторы гравитационных волн — новые модели лазерно-интерферометрической гравитационно-волновой обсерватории (*Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory, LIGO*) в США и детектора *Virgo* в Италии. Стало ясно, что до открытия, скорее всего, осталось не больше нескольких лет.

И действительно, гравитационные волны были впервые обнаружены в сентябре 2015-го, а объявлено об этом открытии было в феврале следующего года. И снова я отложил в сторону все другие дела, чтобы как можно скорее закончить книгу. «Рябь в пространстве-времени» (*Ripples in Spacetime*) вышла летом 2017 года.

Так что, когда в начале 2018 года я принялся за новую книгу — о темной материи, то полшутя говорил астрофизикам и специалистам по физике элементарных частиц, у которых расспрашивал о состоянии дел в этой области, что со дня на день ожидаю революционных результатов. Ведь было бы просто замечательно стать первым, кто расскажет о долгожданном решении загадки темной материи и о том, из чего же в действительности состоит эта таинственная субстанция, которая обеспечивает вселенское равновесие.

К сожалению, этого не случилось. Так что вынужден вас огорчить: когда вы дойдете до последней страницы, то так и не узнаете, из чего же состоит большая часть материальной Вселенной. Но не знают этого и ученые. Несмотря на десятилетия размышлений, догадок, поисков, исследований и модельных расчетов темное вещество остается одной из величайших тайн совре-

менной науки. И все же, прочтя эту книгу, вы узнаете многое о нашей удивительной Вселенной и о том, как астрономы и физики сумели выведать ее тайны.

Темная материя бросает вызов нашему воображению. Подобно невидимому клею она скрепляет Вселенную и служит ее движущей силой. Без нее галактики и скопления галактик распались бы, а пространство давно бы расширилось в небытие. Темная материя — это самое важное, что есть в нашем мире, но при этом мы узнали про нее лишь несколько десятков лет назад и не имеем ни малейшего понятия о ее истинной природе.

Что ж, благодаря труду сотен преданных делу ученых мы хотя бы поняли, чем она не может быть. Темная материя — это не множество очень тусклых звезд. Это не всепроникающий темный межгалактический газ. Темная материя не состоит из черных дыр — уж точно не из «привычных» их представителей, постепенно осваиваемых астрономами. Более того, темная материя не состоит из обычных атомов и молекул. Это нечто странное и совершенно экзотическое.

И именно темная материя сформировала Вселенную, в которой мы живем. Она стала «каркасом», обеспечившим рост крупномасштабной структуры Вселенной. Благодаря ей стало возможным образование скоплений галактик, самих галактик, звезд, планет и, в конечном счете, появление людей. Но несмотря на существование множества связанных с нею научных дисциплин и вовлеченных в ее изучение исследователей, проблема эта, похоже, далека от решения. Выдвигались разные гипотезы и предположения, приводились косвенные свидетельства, и ученые зачастую принимали желаемое за действительное. Но до сих пор нет ни единого убедительного наблюдения и даже намек на истинную природу темной материи.

История поисков темной материи берет свое начало в 30-х годах XX века, хотя острота проблемы была осо-

знана 50 лет назад, когда тревогу астрономов начали вызывать большие скорости вращения внешних областей спиральных галактик вроде нашей собственной. Вскоре проблемой занялись еще и специалисты по физике элементарных частиц, и стало ясно, что ее решение невозможно без привлечения совершенно новой формы материи. Из-за ее ключевой роли в эволюции Вселенной эта новая темная материя стала играть важнейшую роль в космологии — изучении свойств Вселенной на самых больших масштабах. Изучение темной материи находится на стыке нескольких областей науки, в него на протяжении многих десятилетий оказались вовлечены наблюдатели, теоретики, экспериментаторы и специалисты по компьютерному моделированию.

Этой проблемой на протяжении длительного времени занималось великое множество людей, и поэтому в такой книге невозможно отдать всем им должное. В конце концов, книга «Слон во Вселенной» — это не трактат для специалистов, и она не претендует на исчерпывающее изложение истории предмета. Это, скорее, общий взгляд на изучение темной материи во всем потрясающем разнообразии подходов. Личные истории многих ключевых фигур дают некоторое представление об изобретательности, настойчивости и порой даже упрямстве ученых, посвятивших свою профессиональную деятельность поиску решения величайших загадок природы. Я проведу вас, читатель, по далеким астрономическим обсерваториям и подземным лабораториям. Мы побываем на научных конференциях и побеседуем с нобелевскими лауреатами и с постдоками*, только что защитившими диссертацию иссле-

* Постдок — это молодой ученый, защитивший диссертацию и работающий в университете или научной организации на временной ставке (2–4 года), которая позволяет заниматься научно-исследовательской работой под руководством опытного исследователя. — *Прим. пер.*