

ДЖИМ
АЛЬ-ХАЛИЛИ

П Р ● С Т Ы Е

З А К ● Н Ы

М И Р ● З Д А Н И Я

МИР
ФИЗИКИ
И ФИЗИКА МИРА



New Science

Джим Аль-Халили

**Мир физики и физика мира.
Простые законы мироздания**

«Питер»

2020

УДК 53
ББК 22.3

Аль-Халили Д.

Мир физики и физика мира. Простые законы мироздания /
Д. Аль-Халили — «Питер», 2020 — (New Science)

ISBN 978-5-4461-1754-3

Фантастические масштабы и диапазон тем, которыми занимается современная физика, поражают воображение. Мы знаем, из чего состоит всё (или почти всё), что нас окружает, видим невидимое, исследуем связи всех кубиков мироздания, можем проследить эволюцию Вселенной чуть ли не с момента зарождения пространства и времени, а законы физики позволяют создавать технологии, которые меняют нашу жизнь. Всё, что окружает вас в настоящий момент, всё, что создало или построило человечество, стало реальностью благодаря нашему пониманию законов природы – сил, участвующих в формировании мира и свойств материи, на которую эти силы воздействуют. Как же понять законы мира, в котором мы живем? Джим Аль-Халили – автор бестселлеров и ведущий BBC – признается в любви к физике и хочет показать, насколько она прекрасна. Прочитав эту книгу, вы сможете не только понять, что физики вкладывают в понятия «пространство и время», «энергия и материя», но и узнать, что ждет нас в будущем. Темная материя и энергия, мультивселенные и многое другое перестанут быть для вас пустыми словами. Познакомьтесь с рассказом о современной физике без формул и занудных объяснений! В формате PDF A4 сохранён издательский дизайн.

УДК 53
ББК 22.3

ISBN 978-5-4461-1754-3

© Аль-Халили Д., 2020

© Питер, 2020

Содержание

Предисловие	7
Глава 1. Трепет понимания	10
Чего мы не знаем	12
Как мы продвигаемся вперед	14
Поиск простоты	16
Конец ознакомительного фрагмента.	19

Джим Аль-Халили
Мир физики и физика мира.
Простые законы мироздания

THE WORLD ACCORDING TO PHYSICS

JIM AL-KHALILI

© 2020 by Jim Al-Khalili

© Перевод на русский язык ООО «Прогресс книга», 2022

© Издание на русском языке ООО «Прогресс книга», 2022

© Серия «New Science», 2022

© ООО Издательство «Питер», 2022

Предисловие

Эта книга – ода физике.

Я влюбился в физику еще подростком. По-видимому, это отчасти объяснялось тем, что она мне хорошо давалась. Этот предмет казался мне увлекательной смесью головоломок и здравого смысла; мне нравилось играть с уравнениями, манипулировать алгебраическими символами, жонглировать цифрами и таким образом познавать секреты природы. В то же время я понимал: чтобы получить толковые ответы на многие серьезные вопросы о природе Вселенной и смысле существования, которые будоражили мой подростковый ум, то изучать мне нужно именно физику. Вот что мне хотелось знать: из чего мы сделаны; откуда мы взялись; есть ли у Вселенной начало или конец; она конечна или тянется бесконечно; что это за штука под названием «квантовая механика», о которой мне говорит отец; какова природа времени? Стремление найти ответы на эти вопросы привело к тому, что я всю жизнь занимаюсь физикой. Теперь у меня есть ответы на некоторые вопросы; остальные я все еще ищу.

Кто-то в своих поисках обращается к религии. Что же до меня, ничто не сравнится с построением гипотез, их тестированием и дедуктивными выводами – со всем тем, что отличает научный метод. Наше понимание мира мы получили благодаря науке, и прежде всего физике, и это не просто один из возможных, одинаково действенных способов узнать «истину». Это – единственный доступный нам способ.

Конечно, многие никогда не полюбят физику так, как я. Возможно, от точных наук их отпугнет сложность предмета – они сами решили или им всегда говорили, что это для «умников». И правда, пока овладеешь тонкостями квантовой механики – голову сломаешь. Но каждый может – и должен – понимать, как удивительно устроена Вселенная, а такое понимание не требует долгих лет учебы. В этой книге я хочу объяснить, чем хороша физика, что делает ее фундаментальной наукой и почему она играет решающую роль в нашем понимании мира. Фантастические масштабы и диапазон тем, которыми занимается современная физика, поражает воображение. Поражает все: и наши знания о составе (почти) всего, что мы видим вокруг, и о том, как элементы связаны друг с другом; и то, что мы можем проследить эволюцию Вселенной чуть ли не с момента зарождения пространства и времени; и то, что благодаря знанию законов физики мы разрабатываем технологии, которые преобразуют нашу жизнь. И сейчас, когда я пишу эти строчки, я все равно задаю себе вопрос: как можно не любить физику?

Эта книга замышлялась как знакомство с некоторыми фундаментальными законами физики. Однако многие из тем, которые я затрону, вы наверняка уже изучали в школе. Но, может, кому-то эта книга поможет по-новому взглянуть на физику и побудит к дальнейшему ее изучению или даже поведет дальше по бесконечной дороге исследований и открытий, как это случилось со мной. Других читателей, у которых знакомство с физикой началось «не с той ноги», эта книга может мягко «подтолкнуть» в нужную сторону. А некоторых просто заставит испытать изумление перед тем, насколько далеко человечество продвинулось в своем стремлении к пониманию тайн Вселенной.

Чтобы рассказать о том, как наука объясняет нам законы Вселенной, я выбрал ряд самых важных понятий современной физики и попытался показать, как они связаны друг с другом. Я расскажу о широком диапазоне физических явлений – от космических до существующих на наноуровне. Вы узнаете о поиске общего закона природы и о простейших физических принципах, управляющих нашей жизнью, о последних теоретических предположениях и о физических понятиях, лежащих в основе нашего каждодневного опыта и технологических достижений. Я также познакомлю вас с некоторыми новыми идеями, которые мы, физики, давно приняли на вооружение, но не вывели их за пределы узкого круга специалистов. Например, на субатомном уровне отдельные частицы, несмотря на достаточное расстояние между ними,

могут спонтанно взаимодействовать друг с другом, причем таким образом, который не поддается логическому объяснению. Это свойство, под названием «нелокальность», может в конечном счете заставить нас пересмотреть само понимание структуры пространства. Однако, к сожалению, многие неспециалисты – и даже отдельные ученые – неверно понимают и интерпретируют то, что на самом деле имеется в виду.

Критические замечания научного сообщества (особенно теоретиков) таковы: научно-популярная литература, посвященная основным понятиям физики, не всегда помогает неспециалисту разобраться, в чем суть этих понятий. Как мне кажется, причина в том, что те суперпрофессионалы, которые предлагают новые концепции и пишут научные статьи, не всегда способны донести свои идеи до неспециалистов. В свою очередь, авторы-популяризаторы частенько недостаточно глубоко понимают новые идеи, чтобы и специалисты остались довольны. И даже тому, кто понимает физическую суть явлений и может, как я надеюсь, с успехом общаться с неспециалистами, все равно непросто объяснить без привлечения высшей математики такие термины, как калибровочная инвариантность, дуализм, инфляционное расширение Вселенной, голографический принцип, конформная теория поля, антидеситтеровское пространство или энергия вакуума. Я сделал в этом отношении все возможное, но вполне могут найтись читатели, которые скажут, что можно было бы и лучше. И конечно, они будут правы.

А для тех, кто захочет глубже погрузиться в темы, которые я здесь только затрону, есть масса полезной литературы. На последних страницах вы найдете список книг, которые, как мне кажется, будут наиболее доступны и полезны для этой цели. Многие описывают путь научного прогресса – как физика развивалась в течение тысячелетий, со времен древних греков, как совершались открытия, как выдвигались и отбрасывались различные гипотезы и теории. Они рассказывают о научных революциях, которые опровергали прежние взгляды на Вселенную, а также о ведущих игроках на этой сцене. Однако в своей небольшой книге я не буду оглядываться на пройденный нами путь. Не буду я также говорить о том, сколько нам еще осталось пройти (поскольку этого не знаю, да и подозреваю, что идти еще далеко), хотя в главе 8 я расскажу о том, что мы знаем и чего не знаем.

Я также не ярый сторонник какой-либо определенной теории. Например, когда речь идет о соотношении квантовой механики и общей теории относительности (а это – священный Грааль современной теоретической физики), я не примыкаю ни к одному из двух лагерей, которые занимаются этой проблемой. Я не приверженец теории струн, но и не увлекаюсь теорией петлевой квантовой гравитации¹, поскольку ни одна из них не относится к моей узкой специальности. Что же касается интерпретации квантовой механики, то я не поддерживаю ни копенгагенскую школу, ни теорию множества миров². Однако это не мешает мне периодически вступать в полемику по этим вопросам.

Еще я постараюсь не слишком увлекаться философскими и метафизическими размышлениями, хотя такой соблазн всегда возникает, когда обсуждаешь серьезные и острые темы, будь то природа пространства и времени, различные интерпретации квантовой механики или даже смысл жизни. При этом я не имею в виду, что физика может обойтись без философии. Чтобы вы поняли, как важна философия в моем предмете, скажу только одно: физики до сих пор не могут договориться, в чем состоит их основная задача – выяснить, каков реальный мир вокруг них, как считал Эйнштейн, то есть отыскать истину, или же построить модель мира и предложить оптимальное для настоящего момента понимание реальности – реальности, которую мы, возможно, никогда по-настоящему не познаем. Здесь я на стороне Эйнштейна.

¹ Чуть позже я обязательно разьясню эти теории.

² Опять же объясню позже.

Проще говоря, я хочу сказать, что физика дает нам инструменты для понимания Вселенной. Изучение физики – это поиск ответов на вопросы. Но, чтобы начать поиск, мы должны сначала поставить правильные вопросы, в чем философы как раз очень сильны.

Итак, мы начнем свое путешествие в соответствующем моменту смиренном состоянии – в том состоянии, которое, по сути, присуще нам всем, и детям, и взрослым, и прошлым, и будущим поколениям, – в состоянии незнания. Думая о том, чего мы еще не знаем, мы можем придумать, как нам об этом лучше всего узнать. Именно то огромное количество вопросов, которые мы задавали на протяжении истории развития человечества, позволило нам составить достаточно точную картину нашего мира, который мы знаем и любим.

Итак, вот он – мир согласно физике.

Глава 1. Трепет понимания

Хотя вымысел всегда будет частью истории человечества и даже науки, а наша жизнь без него была бы только беднее, современная наука потеснила мифы и связанные с ними суеверия. Миф о создании мира – хороший пример того, как мы демистифицировали наш подход к пониманию мира. С древнейших времен человечество сочиняло истории о начале мира, о божествах, которые имели к этому отношение, – от шумерских легенд о боге Ану, или Небесном Отце, до греческих мифов о Гее, созданной из Хаоса, или мифа о создании мира в авраамических религиях, которые все еще считаются истинными во многих сообществах в разных странах. Многим неспециалистам может показаться, что существующие космологические теории о происхождении Вселенной ничем не лучше религиозных представлений, которым они пришли на смену. И если внимательнее взглянуть на некоторые спекулятивные теории современной теоретической физики, придется согласиться, что такие мнения не лишены оснований. Но рациональный анализ и тщательные наблюдения – трудоемкий процесс тестирования и накопления научных данных, а не принятие толкований на веру – позволили нам достаточно уверенно утверждать, что многое о нашей Вселенной нам уже известно. Мы также можем утверждать, что еще не разгаданные тайны не обязательно связаны с чем-то сверхъестественным. Это явления, которые нам еще предстоит объяснить, которые мы, как я надеюсь, однажды поймем благодаря нашему разуму, анализу и – да... физике.

В противоположность отдельным мнениям научный метод – это не просто еще один способ смотреть на мир, это не еще одна идеология или система верований. Это то, каким образом мы познаем природу методом проб и ошибок, экспериментов и наблюдений, через готовность отказаться от идей, которые оказываются неверными или незавершенными, и принять новые, более удачные, а также через распознавание закономерностей в природе и прекрасного в математических уравнениях, которые описывают эти закономерности. Мы все время углубляем свои представления и приближаемся к «истине» – к тому, каким действительно является мир.

Конечно, у ученых те же мечты и предрассудки, что и у всех остальных; они придерживаются взглядов, которые не всегда объективны. То, что одна группа ученых называет принятым мнением, другая группа может считать догмой. То, что одно поколение считает установленным фактом, следующее может полагать наивной ошибкой. Точно так же, как в религии, политике или спорте, в науке всегда бушуют споры. Всегда существует опасность, что, пока какая-то проблема остается неразрешенной или по крайней мере решение подвергается сомнению, позиции различных сторон превратятся в идеологические оковы. Каждая из точек зрения может иметь свои нюансы и сложности, а ее защитники иногда способны проявить такую же неуступчивость, как и в идеологических дебатах. И точно так же, как в отношении к религиозным, политическим, культурным, расовым и гендерным вопросам, иногда только новое поколение способно сбросить оковы прошлого и сдвинуть научные дебаты с мертвой точки.

Но есть нечто существенное, что отличает науку от остальных областей человеческой деятельности. Одно-единственное точное наблюдение или экспериментальный результат могут в одночасье опровергнуть давно утвердившуюся теорию и предложить новый взгляд на вещи. Это значит, что мы должны более всего доверять тем теориям и толкованиям природных явлений, которые выдержали проверку временем; именно в их верности мы уверены более всего. Земля вертится вокруг Солнца, а не наоборот; Вселенная расширяется, она не статична; скорость света в вакууме всегда остается постоянной, с какой бы скоростью ни двигался измеряющий ее человек, и так далее. Когда совершается новое важное научное открытие, которое изменяет наш взгляд на мир, не все ученые сразу его принимают. Но это их собственная проблема. Научный прогресс неисчерпаем, что, кстати, всегда к лучшему: знание и просвещение всегда лучше, чем невежество. Мы начинаем с незнания, но стремимся узнать... И хотя

по пути мы можем спорить, нельзя игнорировать то, что мы обнаружили. Когда речь заходит о научном понимании того, что такое мир, идея о том, что «счастье в незнании», – это просто ерунда. Как сказал однажды Дуглас Адамс, «я всегда предпочту трепет понимания трепету незнания».

Чего мы не знаем

Верно и то, что мы постоянно узнаем, сколько еще мы еще не знаем. Чем больше мы понимаем, тем больше осознаем наше невежество. В каком-то смысле именно такую ситуацию мы сейчас видим в физике. Мы находимся на такой стадии познания, когда многие ученые наблюдают в этой науке если не кризис, то по крайней мере нарастание напряженности. И есть ощущение, что это еще не предел. Несколько десятков лет назад выдающиеся физики, такие как Стивен Хокинг, задавались вопросом: «Неужели уже виден конец теоретической физики?»³ Притом что практически «за углом» их ждала теория всего. Они говорили, что теперь остается только расставить точки над *i*. Но они ошиблись, и не в первый раз. И в конце XIX века физики высказывали подобные мнения, а затем было сделано множество открытий (электрона, радиоактивности, рентгеновских лучей), которые не удавалось объяснить с помощью научных знаний того времени, что привело к рождению современной физики. Многие ученые нашего времени считают, что мы, возможно, находимся на грани новой революции в физике, столь же значительной, как та, что произошла 100 лет назад с возникновением теории относительности и квантовой механики. Я не утверждаю, что мы вот-вот откроем что-то значительное вроде рентгеновского излучения или радиоактивности, но, возможно, чтобы выйти из тупика, нам просто нужен новый Эйнштейн.

Большой адронный коллайдер еще не повторил своего успеха 2012 года, когда был обнаружен бозон Хиггса, что подтвердило существование поля Хиггса (о котором я расскажу позже). Многие физики ожидали, что к настоящему моменту уже будут открыты новые частицы, которые помогли бы разгадать давние тайны. А еще мы до сих пор не понимаем природы темной материи, которая удерживает галактики вместе, или темной энергии, которая разрывает Вселенную на части; у нас даже нет ответов на отдельные фундаментальные вопросы: почему во Вселенной больше материи, чем антиматерии; почему свойства Вселенной обладают такой тонкой настройкой, которая создает возможность существования звезд, планет и жизни в целом; существует ли Мультивселенная; было ли что-нибудь до Большого взрыва, что привело к созданию Вселенной в ее современном виде. И все равно трудно не изумиться тому, что уже сделано. Хотя некоторые научные теории могут оказаться связанными друг с другом на более глубоком уровне, чем мы думали, а другие могут оказаться ошибочными, никто не будет отрицать того, что мы прошли огромный путь.

Иногда в свете новых эмпирических данных мы начинаем понимать, что забрели не туда. А иногда нам приходится уточнять идею, которая оказывается не то чтобы неверной, а просто приблизительной, такой, с которой надо еще поработать, чтобы получить более точную картину мира. А еще есть области фундаментальной физики, в которых, как мы подспудно чувствуем, мы еще не поставили точку, поэтому пока опираемся на существующие знания ввиду их полезности. Хорошим примером этого является ньютоновский закон всемирного тяготения. О нем все еще уважительно говорят как о законе, поскольку физики в свое время были настолько уверены, что это последнее слово в этой области, что подняли его статус выше, чем обычная теория. Это название прижилось, хотя мы теперь знаем, что уверенность была несколько беспочвенной. На смену ньютоновскому закону пришла общая теория относительности Эйнштейна (заметьте, теория!), поскольку она предлагает более глубокое и точное объяснение явления земного тяготения. Тем не менее для вычисления орбит космических аппаратов мы все еще пользуемся уравнениями Ньютона. Прогностическая сила ньютоновской механики может не обладать той точностью, что теория Эйнштейна, но ее достаточно почти для всех практических целей.

³ Это заголовок статьи, написанной Хокингом в 1981 году: S.W. Hawking, *Physics Bulletin* 32, no. 1 (1981): 15–17.

Другой пример того, над чем мы продолжаем работать, – Стандартная модель элементарных частиц. Мы объединяем две различные математические теории под названием «теория электрослабого взаимодействия» и «теория квантовой хромодинамики», которые при совместном использовании описывают свойства известных элементарных частиц и сил, возникающих между ними. Некоторые физики считают, что Стандартная модель не более чем паллиатив, который можно использовать, пока не будет разработана более точная и всеобъемлющая теория. Однако примечательно, что в своем нынешнем виде теория Стандартной модели может объяснить нам все, что нам нужно знать о природе материи: как и почему электроны определенным образом выстраиваются вокруг атомного ядра, как атомы взаимодействуют, формируя молекулы, как эти молекулы объединяются, образуя материю вокруг нас, как материя взаимодействует со светом – и, таким образом, объяснить почти все окружающие нас явления. Лишь один из ее разделов, квантовая электродинамика, лежит в самой основе науки химии!

Однако Стандартная модель не является исчерпывающей в том, что касается природы материи, поскольку она не описывает силы притяжения, а также не объясняет темной материи и темной энергии, которые на пару образуют большую часть того, из чего состоит Вселенная. Ответы на одни вопросы естественным образом порождают новые вопросы, а физики продолжают свои исследования «за пределами Стандартной модели» в попытке разобраться с этими важнейшими «неизвестными».

Как мы продвигаемся вперед

Успехи в физике более, чем в любой другой науке, обусловлены взаимодействием теории и эксперимента. Теории проходят испытание временем только в том случае, если они подтверждаются результатами опытов. Теория хороша только тогда, когда она позволяет прогнозировать результаты, которые можно подтвердить в лаборатории. Но если экспериментальные результаты противоречат теории, то последнюю придется изменить или даже вообще от нее отказаться. И наоборот, лабораторный опыт может указать на те явления, которые еще не получили объяснения и требуют дальнейшего развития теории. Ни в какой другой науке мы не увидим такого удивительного взаимодействия. Теоремы чистой математики доказываются с помощью логики, дедукции и аксиом. Они не требуют подтверждения фактами из окружающей действительности. Напротив, геология, этология и психология поведения в основном опираются на наблюдения, и наше продвижение в этих дисциплинах зависит от кропотливого сбора данных или тщательно разработанных лабораторных тестов. Однако физика может прогрессировать только в том случае, если теория и эксперимент идут рука об руку, поочередно подтягивая друг друга и указывая на следующий выступ на склоне.

Луч света, направленный на неизведанное, – еще одна хорошая метафора, отражающая то, как физики разрабатывают свои теории и модели, как они придумывают эксперимент для проверки какого-либо механизма. Если говорить о поиске новых идей в физике, то всех исследователей можно, грубо говоря, разделить на два типа. Представьте себе, что вы идете домой темной, безлунной ночью, и вдруг вы понимаете, что в вашем кармане дыра и в какой-то момент из нее выпали ключи. Вы знаете, что они должны лежать где-то на том участке дороги, который вы только что прошли, поэтому идете обратно по своим следам. Но разве при этом вы осматриваете только освещенные фонарями участки? А может, вы осмотрите и неосвещенные участки, которые оказались между фонарями? Ваши ключи, скорее всего, упали именно там, но найти их будет труднее.

Так вот, есть физики, работающие «на свету», и физики, работающие «в темноте». Первые предпочитают не рисковать и разрабатывают теории, которые можно проверить экспериментально, – они ищут там, где «светло». Это значит, что они, как правило, не выдвигают оригинальных идей, но все-таки могут добиться определенных успехов в открытии истины. Напротив, физики, работающие «в темноте», выдвигают новые умозрительные идеи, которые не очень легко проверить. У них меньше шансов на успех, но если их идеи верны, если их открытия могут привести к революционным сдвигам в нашем понимании мира, то они окажутся в большем выигрыше. И такое различие в подходах гораздо более явственно в физике, чем в других науках.

Я понимаю тех, кого раздражают физики-мечтатели, исследующие эзотерические области вроде космологии или теории струн, ведь это те, кто предпочитает то тут, то там добавить пару параметров только для того, чтобы их уравнения выглядели эстетичнее, кто выдвигает гипотезу о бесконечности параллельных вселенных, чтобы уменьшить количество непонятого в нашей. Однако известны и некоторые примеры, когда такие исследователи наткнулись на «золотую жилу».

Гений XX века Поль Дирак как раз и руководствовался в своих исследованиях красотой уравнений, что привело его к постулату о существовании антиматерии за несколько лет до того, как она была открыта в 1932 году. А ведь есть еще Марри Гелл-Ман и Джордж Цвейг, которые в середине 1960-х годов независимо друг от друга предсказали существование кварков, причем еще не существовало никаких экспериментальных данных о возможности существования таких частиц. Питеру Хиггсу пришлось ждать целых полвека, прежде чем открыли его бозон и была подтверждена теория, которая теперь носит его имя. Даже пионер квантовой теории

Эрвин Шредингер предложил свое уравнение на основании одной лишь догадки. Он выбрал правильную форму математического уравнения, хотя и не знал, что означает его решение.

Какими уникальными талантами обладали эти физики? Интуицией? «Шестым чувством», которое позволяло им «вынюхивать» секреты природы? Возможно. Нобелевский лауреат Стивен Вайнберг считает, что именно эстетическая красота математики руководила такими теоретиками, как Поль Дирак и великий шотландский физик Джеймс Клерк Максвелл.

Однако правда в том, что ни один из этих физиков не работал в одиночку, а их идеи все-таки коррелировали со всеми уже установленными фактами и экспериментальными наблюдениями.

Поиск простоты

Для меня истинная красота физики заключается не только в абстрактных уравнениях или поразительных результатах экспериментов, но и в фундаментальных принципах, которые лежат в основе существования мира. В них не меньше красоты, чем в потрясающем закате или великом произведении искусства – в картине Леонардо да Винчи или сонате Моцарта. Это красота, которая заключена не в удивительной глубине законов природы, а в обманчивой простоте объяснения того, как они работают (если нам это известно)⁴.

И прекрасный пример тому – поиск основных структурных элементов материи, которым человечество занимается давно и долго. Оглянитесь вокруг. Подумайте об огромном разнообразии материалов вокруг нас: бетон, стекло, металл, пластик, дерево, ткани, пищевые продукты, химические вещества... а еще то, из чего состоят растения, кошки, люди... Миллионы различных веществ, причем каждое обладает своими отличительными свойствами, включая сжимаемость, твердость, текучесть, блеск, гибкость, теплоту, холодность... Если бы мы ничего не знали о физике или химии, то можно было бы представить, что большинство материалов имеют мало общего друг с другом; однако мы знаем, что все вокруг состоит из атомов и число видов этих атомов ограничено.

Однако это не все. О структуре материи размышляли еще в V веке до нашей эры в Древней Греции. Эмпедокл впервые предположил, что материя состоит из четырех основных «элементов» (теория «четырёхкратных корней всего»): земли, воды, воздуха и огня. В противоположность этой простой идее и примерно в то же время два философа, Левкипп и Демокрит, высказали предположение, что материя состоит из невидимых глазу «атомов». Однако эти две идеи противоречили друг другу. Демокрит считал, что материя в конечном счете состоит из основных структурных элементов; он думал, что таких атомов может быть бесчисленное множество. Между тем Эмпедокл, который предполагал, что все вокруг состоит из четырех элементов, утверждал, что эти элементы непрерывно перетекают друг в друга и могут бесконечно делиться на более мелкие сущности. И Платон, и Аристотель поддерживали последнюю теорию и отвергали атомизм Демокрита, считая, что упрощенный механистический материализм не объясняет всего разнообразия красоты и форм окружающего мира.

То, чем занимались греческие философы, не было истинной наукой в ее современном понимании. Кроме нескольких известных исключений – Аристотеля, занимавшегося наблюдениями, и Архимеда, проводившего эксперименты, остальные строили отвлеченные и философские теории. Тем не менее сегодня со всем инструментарием современной науки мы знаем, что обе теории (атомистическая и четырех элементов) были, по крайней мере по духу, не так уж далеки от истины. Все вещество, образующее наш мир, включая человеческое тело и все, что мы видим в космосе – Солнце, Луну, звезды, – действительно состоит менее чем из сотни разного рода атомов. Мы также знаем, что атомы обладают внутренней структурой. Они состоят из микроскопических плотных ядер, окруженных электронным облаком, а само ядро состоит из более мелких элементов, протонов и нейтронов, которые, в свою очередь, образуются из еще более простых элементов под названием «кварки».

Таким образом, несмотря на кажущуюся структурную сложность материи и бесконечное разнообразие веществ, образованных из химических элементов, правда в том, что древние ученые в своих поисках простоты остановились на полпути. В понимании сегодняшней физики вся видимая материя образована не четырьмя элементами, предсказанными еще греками, а

⁴ Конечно, красота не обязательно связана с простотой. Как и в случае с великими произведениями искусства, красота может заключаться и в сложности какого-то физического явления.

три элементарными частицами: «верхним» кварком, «нижним» кварком и электроном. И всего-то. Все остальное – детали.

И все же задача физиков не только в классификации того, из чего состоит мир. Она еще и в том, чтобы найти правильные объяснения для наблюдаемых нами природных явлений, а также принципов и механизмов, лежащих в их основе. Хотя древние греки страстно спорили о реальном существовании атомов или абстрактной связи между материей и формой, они никакого понятия не имели о том, почему происходят землетрясения или откуда берется молния, не говоря уже о таких астрономических явлениях, как фазы Луны или периодические появления комет, – хотя они пытались это понять.

Со времен древних греков мы прошли большой путь, однако есть еще многое, что нам предстоит понять и объяснить. Физика, о которой я расскажу в этой книге, – это в основном то, в чем мы уверены. Я все время буду пояснять, почему мы в этом уверены, и отмечать то, что еще требует уточнения. Естественно, я понимаю, что в какой-то своей части эта книга скоро устареет. Действительно, может случиться, что на следующий день после ее публикации будет сделано какое-нибудь открытие, которое заставит нас отчасти пересмотреть свои идеи. Но такова уж природа науки. В основном же все, о чем идет речь в книге, описывает мир таким, как он есть, и это уже, несомненно, установлено.

В следующей главе я исследую понятие масштаба. Ни одна наука не обращается так смело, как физика, с таким диапазоном масштабов, параметров времени и энергий, от мельчайшего мира квантов до огромного космоса или от мига до вечности.

После того как мы получим некоторое представление о масштабе явлений, с которыми имеет дело физика, мы пустимся в настоящий путь, начав с трех столпов современной физики: теории относительности, квантовой механики и термодинамики. Чтобы нарисовать картину мира, которую мы получили с помощью физики, мы должны сначала приготовить холст – а в данном случае это пространство и время. Все во Вселенной берет начало из событий, которые происходят где-то в пространстве в определенный момент времени. Однако, как мы увидим в главе 3, нельзя отделить холст от картины. Пространство и время сами по себе являются нераздельной частью реальности. Вы будете поражены, когда узнаете, насколько понимание пространства и времени у физиков отличается от обычного, бытового их понимания, поскольку оно опирается на общую теорию относительности Эйнштейна, которая описывает природу пространства и времени и определяет, как мы представляем себе космическую ткань. Когда готов холст, можно переходить к краскам. В главе 4 я расскажу, что имеет в виду физик под материей и энергией, основными элементами Вселенной; из чего они состоят, как они создаются и как себя ведут. Эта глава дополняет предыдущую, поскольку здесь речь пойдет и о том, как материя и энергия неразрывно связаны с пространством и временем, в которых они существуют.

В главе 5 мы погружаемся в мир чрезвычайно малого, подвергая его многократному увеличению, чтобы исследовать фундаментальные структурные элементы материи. Это квантовый мир, в котором материя ведет себя совершенно не так, как в нашей обыденной жизни, а наше понимание реально существующего становится не совсем однозначным. И все же... то, как мы понимаем квант, – это нечто гораздо большее, чем взлет воображения или просто интеллектуальная абстракция; без определенного знания законов, действующих для структурных элементов материи и энергии, мы не смогли бы построить современный высокотехнологичный мир.

В главе 6 мы снова уберем увеличение, оставим квантовый мир и посмотрим, что получится, если соединить много частиц в единое целое, формируя более крупные и сложные системы. Что имеют в виду физики, когда говорят о порядке, беспорядочности, сложности, энтропии и хаосе? Здесь я познакомлю вас с третьим столпом физики – термодинамикой, которая занимается исследованием тепла, энергии и свойств массивов материи. Перед нами неизбежно встанет вопрос: что же делает особенной жизнь как таковую? Чем живая материя так

отличается от неживой? В конце концов, жизнь должна подчиняться тем же законам, что и все остальное. Другими словами, может ли физика помочь нам понять разницу между химией и биологией?

В главе 7 я исследую одно из самых сложных физических понятий – унификацию. Оно связано с тем, как мы искали и неоднократно находили универсальные законы, которые объединяют на первый взгляд несовместимые явления природы в рамках единой универсальной теории. В заключение этой главы я дам обзор первых попыток создания всеобъемлющей физической теории всего.

В главе 8 мы доберемся до границ того, что мы сейчас понимаем о физической Вселенной, и сможем наконец обратить свой взор на неизведанное. Я расскажу о некоторых тайнах физической Вселенной, над которыми сейчас бьются физики в разных странах мира, и о том, насколько мы близки к их раскрытию.

Предпоследняя глава посвящена тому, как взаимодействие теории и практики в физике привело к возникновению технологий, которыми мы активно пользуемся сегодня. Например, без квантовой механики мы не смогли бы понять работу полупроводников или изобрести кремниевый чип, на котором основана вся современная электроника, а я бы не печатал эти слова на своем ноутбуке. Я также попробую предсказать, как современные исследования в области квантовых технологий могут самым неожиданным образом революционизировать мир.

В последней главе я исследую понятие научной истины, особенно в нашем обществе «постправды», когда многие относятся к науке с подозрением. Как процесс научного исследования отличается от прочих видов человеческой деятельности? Есть ли такая вещь, как абсолютная научная истина? И если задача науки заключается в том, чтобы прояснить картину окружающего мира, то как ученым убедить остальных членов общества в ценности научного поиска, состоящего в формировании и проверке, а также отказе от гипотез, если данные их не подтверждают? Придет ли науке конец в один прекрасный день, когда мы узнаем все, что можно узнать? Или поиск ответов и далее будет заставлять нас работать над все более широким кругом проблем?

Во введении я обещал вам, что постараюсь не увлекаться философскими размышлениями, и все-таки именно этим я сейчас занимаюсь, а ведь я даже не завершил еще введение. Так что сейчас я сделаю глубокий вдох, и мы отправимся в путь, соблюдая всяческую осторожность и учитывая необходимый масштаб явлений.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.