

БОРИС КРИГЕР

ТЁМНАЯ
СТОРОНА
ВСЕЛЕННОЙ



БОРИС КРИГЕР

ТЕМНАЯ
СТОРОНА
ВСЕЛЕННОЙ



© 2025 Boris Kriger

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means electronic or mechanical, including photocopy, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from both the copyright owner and the publisher.

Requests for permission to make copies of any part of this work should be e-mailed to krigerbruce@gmail.com

Published in Canada by Altaspera Publishing & Literary Agency Inc.

Темная сторона Вселенной

Книга раскрывает загадочные аспекты космологии, сосредотачиваясь на темной материи и темной энергии — двух феноменах, которые формируют до 95% нашей Вселенной, оставаясь при этом почти неуловимыми. Автор обращает внимание на историческую эволюцию этих понятий, начиная с первых наблюдений аномального движения галактик Фрицем Цвикки и Верой Рубин, до современных исследований, подтверждающих ускоренное расширение космоса благодаря сверхновым типа Ia и данным реликтового излучения. Рассматриваются ключевые теории и научные дебаты, включая роль темной энергии в расширении пространства и гравитационное воздействие темной материи, объясняющее устойчивость галактических структур. Упоминание гравитационного линзирования, барионных акустических осцилляций и современных космологических моделей подчеркивает междисциплинарный характер исследований.

Одновременно книга затрагивает философский пласт проблемы, размышая о границах человеческого познания. Она обращает внимание на парадоксальное сочетание известного и неизведанного в природе космоса, сравнивая темную материю с невидимым каркасом Вселенной, а темную энергию — с загадочной силой, раздвигающей ее границы. Автор поднимает вопросы, выходящие за пределы науки, об универсальной структуре реальности и роли человека в стремлении понять Вселенную. Эти размышления подчеркивают, что темная сторона Вселенной — это не только физическое явление, но и символ человеческого стремления к раскрытию тайн мироздания.

ТЕМНАЯ СТОРОНА ВСЕЛЕННОЙ

По доносящимся до обывателя словечкам из научных новостей может показаться, что ученые давно потеряли связь с реальностью. "Большой взрыв", "темная материя", "темная энергия", "черные дыры" — всё это звучит как выдумки из фантастических романов или бредовые идеи обкурившихся подростков. Кажется, что учёные либо действительно вообще ничего не понимают, либо держат нас всех за дураков, или просто придумывают всё это, чтобы замаскировать своё непонимание. Но если копнуть чуть глубже, постепенно становится ясно: ученые вовсе не хотели бы использовать такие сложные и загадочные концепции. Они вынуждены это делать.

Ведь сама Вселенная оказывается гораздо более странной, чем мы могли представить. Ученые тоже пытались обойтись простыми объяснениями: мир состоит из материи, звезды горят благодаря термоядерным реакциям, гравитация притягивает тела друг к другу. Всё шло гладко, пока не начали накапливаться данные, которые не вписываются в привычную картину. Оказалось, что галактики врачаются так быстро, что должны бы распадаться, но не распадаются. Скопления галактик тоже должны разлетаться, но остаются вместе. Пространство между галактиками не остаётся статичным, а расширяется — причём всё быстрее. Астрономы наблюдают явления, которых не должно быть, например свет, искривляющийся в пустоте.

Учёные пытались объяснить это, используя привычные понятия, но ничего не работало. Оказалось, что наша

Вселенная на девяносто пять процентов состоит из чего-то совершенно невидимого и непонятного: из темной материи, которая создаёт дополнительную гравитацию, и темной энергии, которая, наоборот, разгоняет расширение космоса. Это не потому, что учёным нравится придумывать такие загадочные названия, а потому, что иначе объяснить эти явления пока невозможно. И даже с этими концепциями многие вопросы остаются без ответов.

Как это не досадно, кажется, что наука всегда работает на грани абсурда, ведь мир вокруг слишком сложен, чтобы полностью его понять. Ученые стараются объяснить его, опираясь на данные, но природа постоянно подбрасывает новые загадки, и всё снова "выходит из-под контроля", потому что Вселенная не обязана быть простой и понятной. Тем не менее, в этой сложности и кроется невероятное величие Вселенной. Именно благодаря таким исследованиям каждое открытие делает мир хоть и менее понятным, но намного более захватывающим.

Представьте себе, что Вселенная — это гигантский дом. Вы видите стены, мебель, свет, людей — всё, что кажется реальным и осязаемым. Но вот что поразительно: всё это составляет лишь малую часть дома. Остальное — невидимое и непонятное. Вот это невидимое мы называем темной материей и темной энергией.

Темная материя — это как невидимые балки, которые удерживают весь дом. Мы не видим их, не можем потрогать, но без них здание давно бы рухнуло. Галактики врачаются так быстро, что без темной материи они бы разлетелись, словно песчинки на ветру.

Она удерживает звёзды вместе и создаёт невидимый каркас, на котором построена вся Вселенная.

Темная энергия — это совсем другое. Представьте, что стены дома начинают сами собой раздвигаться. Пространство между ними растёт, и дом становится всё больше. Это и есть темная энергия — невидимая сила, которая заставляет Вселенную не просто расширяться, а делать это всё быстрее и быстрее, словно кто-то включил невидимый мотор.

Почему это важно? Потому что вместе темная энергия и темная материя составляют практически всю Вселенную. Всё, что мы знаем — звёзды, планеты, вы сами — это всего лишь пять процентов. Мы не понимаем, что делает основную часть нашего мира таким, какой он есть. Это как пытаться понять книгу, прочитав лишь её типографские данные.

Научиться объяснять темную материю и энергию — значит раскрыть тайны мироздания, понять, почему всё существует именно так. Этот вопрос затрагивает самое сердце науки: откуда мы взялись, куда идём и что ждёт нас в будущем.

Думающему человеку это важно потому, что вопрос о темной материи и темной энергии касается самого глубокого смысла нашего существования и будущего Вселенной. Ведь если не понимать, из чего состоит мир и как он работает, остаётся только гадать, как он может измениться. Представьте, что это как попытка управлять кораблём, не зная, куда он идёт. Такой корабль обречён. Темная материя — это ключ к пониманию того, как сформировалась наша Вселенная, но она не отвечает на все вопросы о происхождении жизни или сознания. Она объясняет важные этапы космической эволюции, которые привели к существованию условий,

благоприятных для появления жизни.

Темная энергия — это сила, которая решает, как долго Вселенная будет существовать. Сейчас она заставляет её расширяться всё быстрее, словно мы все мчимся на огромных космических лодках, набирающих скорость. Если мы не поймём, куда нас несёт, то можем упустить шанс узнать, каким будет наше будущее: бесконечное расширение, тепловая смерть Вселенной или что-то ещё более странное.

Это важно ещё и потому, что такие вопросы вдохновляют на великие открытия. Разбираясь в темной материи и энергии, учёные уже создают технологии, которые однажды могут изменить нашу жизнь: от суперкомпьютеров до новых источников энергии. И каждый шаг в изучении этих загадок приближает нас к пониманию не только Вселенной, но и нашего места в ней.

Обычный человек может и не замечать этого каждый день, но именно такие вопросы, как тайны темной материи и энергии, движут человечество вперёд. Они напоминают, что мир вокруг нас больше и удивительнее, чем кажется, и что искать ответы на сложные вопросы — значит быть человеком.

Вселенная, необъятная и величественная, остаётся источником загадок. Вопросы о её происхождении, составе и эволюции занимают центральное место в современной космологии. Несмотря на успешные модели, включающие понятия тёмной материи и тёмной энергии, природа этих компонентов остаётся одной из главных загадок физики.

Тёмная материя вводится в космологические модели для объяснения наблюдавших явлений, таких как

аномальные кривые вращения галактик, крупномасштабное распределение масс во Вселенной и особенности гравитационного линзирования. История темной материи началась с простого вопроса: почему галактики ведут себя не так, как ожидали учёные. Всё началось в 1930-х годах, когда астроном Фриц Цвикки исследовал скопления галактик в созвездии Волос Вероники. Он хотел понять, сколько массы в этих скоплениях. Для этого он сравнивал видимую массу галактик — то, что можно увидеть через телескоп, — с их движением. Галактики двигались слишком быстро, чтобы удерживаться вместе только благодаря видимому веществу. Цвикки предположил, что в этих скоплениях есть какая-то «тёмная материя», которую мы не видим, но она создаёт дополнительную гравитацию.

Спустя десятилетия, в 1970-х, американский астроном Вера Рубин подтвердила, что странности в движении галактик наблюдаются не только в скоплениях, но и внутри самих галактик. Она изучала, как звёзды вращаются вокруг центров галактик. По законам Ньютона, звёзды на краю галактики должны двигаться медленнее, чем те, что ближе к центру, — как планеты в Солнечной системе. Но данные показывали обратное: звёзды на периферии двигались так быстро, что, по всем законам физики, должны были улететь в пустоту. Но они не улетали. Это означало, что в галактике есть что-то невидимое, что удерживает её вместе.

Эти исследования поставили учёных перед огромной загадкой: есть нечто, что обладает массой и создаёт гравитацию, но никак не взаимодействует со светом или другими формами энергии. Это «нечто» и назвали темной материей. Впоследствии учёные нашли ещё больше доказательств её существования. Например,

эффект гравитационного линзирования, когда свет далёких звёзд искажается, проходя мимо массивных объектов, чьи массы должны быть значительно больше, чем рассчитаны на основе видимого вещества, и многое из этого искажения тоже не объясняется видимой массой.

Сегодня мы знаем, что темная материя составляет около четверти всей Вселенной. Без неё галактики, звёзды и всё, что мы видим, просто не могли бы существовать в нынешнем виде. Это загадочное вещество до сих пор остаётся одной из самых больших тайн науки, но её открытие изменило наше понимание Вселенной навсегда.

Современные детекторы пытаются обнаружить частицы тёмной материи, однако прямых доказательств их существования пока не получено.

Чтобы найти темное вещество, пытались использовать разные подходы. Сначала смотрели на его воздействие. Например, замечали, как оно искажает свет от далёких звезд и галактик, как линза. Этот эффект, называемый гравитационным линзированием, действительно подтверждает его присутствие, но не говорит, из чего оно состоит. Дальше учёные начали искать конкретные частицы. Одни предполагали, что это массивные, но невидимые частицы (их назвали WIMPs). Установки под землей, в ледяных пещерах и даже в космосе пытаются "поймать" такие частицы, но ничего пока не нашли.

Другие учёные подумали, что это могут быть легкие и слабые частицы вроде аксионов. Для их поиска разработали сверхчувствительные приборы, улавливающие малейшие сигналы, но и тут пусто. Было время, когда на роль темного вещества рассматривались даже крошечные черные дыры или объекты вроде

планет, но их влияние оказалось недостаточным.

Когда с поиском частиц не сложилось, появилась идея, что, возможно, дело не в загадочной материи, а в самих законах гравитации. В альтернативной теории, называемой модифицированной ньютоновской динамикой (MOND), предполагается, что гравитация действует иначе на больших масштабах. Однако эта теория объясняет не всё. Например, она не может так же хорошо, как темное вещество, объяснить распределение галактик или то, как они движутся внутри скоплений.

Все это показывает, что поиск темного вещества напоминает поиск иголки в огромной космической копне сена. Наука пока не нашла ни единого доказательства, которое точно указало бы, что именно скрывается за этой тайной, но интерес к разгадке только растет.

Идея расширения Вселенной и теории Большого взрыва зародилась в начале XX века благодаря наблюдениям и открытиям в области астрономии и физики. Основой для этих концепций стали исследования движения галактик и свойства света, исходящего от них.

В 1920-х годах астроном Эдвин Хаббл изучал галактики с помощью мощного телескопа. Он заметил, что свет от большинства галактик был смещен к красному концу спектра, что указывало на их удаление от Земли.

Красное смещение в спектре света — явление, которое помогает понять движение объектов в космосе, например, галактик. Чтобы разобраться в нем, нужно начать с понятия спектра света и того, как его исследуют.

Когда Исаак Ньютон направил солнечный свет через призму, он обнаружил, что свет разлагается на цвета

радуги. Это явление называется дисперсией света. Оно происходит потому, что разные цвета (или длины волн) света преломляются под разными углами. Так Ньютон впервые увидел, что белый свет состоит из множества цветов.

Позже, в XIX веке, ученые, такие как Йозеф фон Фраунгофер, начали изучать спектры света более подробно. Они пропускали свет через узкую щель, затем через призму или дифракционную решетку и получали спектр — цветную полосу, которая показывает все длины волн света. Но самое интересное — в этом спектре они обнаружили темные линии. Эти линии, называемые спектральными, появляются из-за того, что разные элементы поглощают свет на определенных длинах волн. Это как уникальный "отпечаток пальца" для каждого вещества.

В лаборатории, если смотреть на спектр света, прошедшего через определенный газ (например, водород), линии появляются на строго определенных местах. Эти линии помогают понять, из каких атомов состоит газ. Но когда ученые начали изучать свет от звезд и галактик, они заметили странную вещь: те же линии, которые видны в лаборатории, оказались смешены.

Если линии сдвигались к красному краю спектра, это означало, что длины волн света стали длиннее. Это и называется красным смещением. Красное смещение происходит из-за эффекта Доплера — того же явления, которое заставляет звук удаляющегося поезда становиться ниже. Когда галактика удаляется, свет от нее растягивается, и его длины волн становятся больше, что сдвигает спектр к красному краю.

Итак, явление, известное как красное смещение, подтвердило, что галактики разлетаются в разные стороны. Чем дальше была галактика, тем быстрее она удалялась. На основе этих данных Хаббл пришел к выводу, что Вселенная расширяется.

Идея расширения Вселенной дополнила теоретические исследования, начатые несколькими годами ранее. В 1922 году математик и физик Александр Фридман, используя уравнения общей теории относительности Альберта Эйнштейна, показал, что Вселенная может быть не статичной, а изменяться со временем — сжиматься или расширяться. Эйнштейн изначально считал, что Вселенная неподвижна, но позже признал свою ошибку и поддержал идею динамической Вселенной.

Дальнейшие исследования привели к гипотезе о том, что расширение началось с невероятно плотного и горячего состояния. В 1940-х годах физик Джордж Гамов и его коллеги предложили, что Вселенная возникла в результате взрыва огромной энергии, который стал начальной точкой времени и пространства. Эта идея, названная Большим взрывом, получила подтверждение в 1960-х годах, когда Арно Пензиас и Роберт Вилсон обнаружили реликтовое излучение — слабое тепловое излучение, оставшееся от первых мгновений после этого события.

Таким образом, сочетание наблюдений Хаббла, математических моделей Фридмана и последующих открытий создало стройную теорию, объясняющую происхождение и эволюцию Вселенной.

Новейшая история темной энергии началась с удивительных открытий в конце XX века, когда учёные

пытались измерить, как быстро Вселенная расширяется. До этого считалось, что после Большого взрыва расширение должно постепенно замедляться из-за гравитационного притяжения всей массы во Вселенной. Исследователи хотели выяснить, насколько сильно это замедление.

Для этого астрономы изучали сверхновые типа Ia — особый вид взрывов умирающих звёзд. Эти сверхновые идеальны для измерения расстояний в космосе, потому что их яркость предсказуемо уменьшается с увеличением расстояния. Они работают как "маяки", показывающие, насколько далеко находятся галактики. Учёные из двух независимых групп, High-Z Supernova Search и Supernova Cosmology Project, в 1998 году начали получать данные, которые перевернули всё.

Оказалось, что сверхновые в далёких галактиках были слабее, чем ожидалось, что говорило о том, что они находятся дальше, чем предполагали расчёты. Это означало только одно: Вселенная не просто расширяется, а делает это с ускорением! Ученые были в шоке. Гравитация, которая должна была замедлять расширение, неправлялась, а вместо этого пространство между галактиками увеличивалось всё быстрее.

Для объяснения этого странного эффекта появилась идея о существовании неизвестной силы или энергии, которая действует противоположно гравитации, разгоняя расширение Вселенной. Это загадочное явление назвали "темной энергией", потому что его природа была абсолютно непонятной. Темная энергия, судя по всему, равномерно распределена по всему космосу и влияет на огромные расстояния.

Дополнительные доказательства пришли из анализа

реликтового излучения — "эхо" Большого взрыва. Данные, полученные спутниками вроде WMAP и Planck, показали, что около 68% энергии Вселенной приходится на эту загадочную темную энергию. Её влияние объясняет, почему крупномасштабная структура Вселенной выглядит так, как она есть, с огромными пустотами и ускоряющимся разлётом галактик.

Темная энергия остаётся одной из самых больших загадок современной науки. Мы знаем, что она есть, и что именно она решает будущее Вселенной: продолжит ли она расширяться вечно или случится что-то ещё более странное.

Каждая из моих встреч с астрофизиками и космологами на конференциях стала маленьким окном в мир, где теории пытаются ухватить необъятное. Я видел, как уверенно учёные отстаивают свои идеи — о темной материи, об ускоренном расширении Вселенной, о гипотетических частицах, которых никто пока не нашёл. Но за этой уверенностью часто проступало нечто другое: признание ограничений, тонкая тень сомнения, которую они, возможно, даже не замечают.

В разговорах я заметил, как космология строится на моделях и предположениях, требующих сложнейших технологий и ресурсов. Большинство учёных, с которыми я говорил, не работают с реальными наблюдениями, а анализируют данные или моделируют сценарии. Их теории впечатляют, но кажутся хрупкими, как карточные домики, которые держатся на том, что можно объяснить только в общем.

Мои вопросы о терминах — например, почему загадочный феномен называют "веществом", если его природа неизвестна, — вызывали нервные улыбки или

уклончивые ответы. Нередко спор сводился к философии: наука ли это, если не доказано? И чем больше я углублялся в их аргументы, тем яснее становилось: ответы есть, но ни один из них не окончателен.

Эти встречи заставили меня осознать, что космология — это не только наука, но и поле для амбиций, мировоззренческих столкновений и творческого поиска. Я покидал каждую конференцию с ощущением, что видел настоящий космос — не на фотографиях с телескопов, а в этих спорах, сомнениях и страстных попытках разгадать загадку мироздания.

Недавние наблюдения телескопа Джеймса Вэбба вызвали интерес к ранним этапам формирования галактик. Обнаруженные объекты с высокими красными смещениями кажутся более массивными и сложными, чем предсказывали модели. Однако интерпретация этих данных требует осторожности. Например, "зрелость" галактик определяется их звёздным составом и массой, но на это могут влиять такие факторы, как пыль, высокие скорости звездообразования или особенности инструментов. Уточнение данных, в том числе калибровка спектров и устранение возможных ошибок наблюдений, может пролить свет на природу этих структур.

Открытия в области гравитационных волн, впервые зарегистрированных детекторами LIGO и Virgo, подтверждают предсказания общей теории относительности в экстремальных условиях. Кроме того, наблюдения столкновений массивных объектов открывают новые горизонты для изучения ранних

этапов Вселенной и плотных астрофизических объектов, таких как чёрные дыры и нейтронные звёзды.

Каждое новое открытие не только уточняет существующие теории, но и ставит новые вопросы. Современная космология развивается как сложный и динамичный процесс, где старые парадигмы не разрушаются, а трансформируются. Именно благодаря этим вызовам наука движется вперёд, раскрывая всё новые аспекты устройства нашего удивительного мира.

Космические аномалии не только поражают воображение, но и открывают перед учёными и философами новые горизонты для размышлений. В них пересекаются границы привычных представлений о природе, пространстве и времени.

Чёрные дыры, как уникальные объекты, способны изменить само восприятие реальности. Их горизонты событий — это невидимые границы, через которые ничто, даже свет, не может вернуться обратно. За ними скрывается загадочный мир, где пространство и время искривляются до предела, а привычные законы физики теряют свою силу. Считается, что в центре чёрной дыры находится сингулярность — точка с бесконечной плотностью, где сливаются все наши знания в парадоксальном хаосе. Чёрные дыры не только "пожирают" материю, но и скрывают её за непроницаемым покровом, нарушая представления о сохранении информации. Они словно сами становятся символом границы между знанием и неизвестностью, привлекая внимание учёных, стремящихся понять их природу и загадочный механизм.

В противоположность этим плотным и мощным объектам космические пустоты, известные как ворды,

олицетворяют разреженность и отсутствие. Эти области, где плотность материи минимальна, простираются на миллионы световых лет, создавая впечатление огромных пустынь в космическом пространстве. Войды лишены значительного числа звёзд, галактик или других объектов, что делает их почти невидимыми для обычного наблюдения. Однако их присутствие оказывается столь же важным для структуры Вселенной, как и массивные скопления галактик. Эти пустоты словно вырисовывают невидимую архитектуру мироздания, подчёркивая ритм чередования плотно населённых регионов и обширных областей тишины. Обе эти аномалии создают особую напряжённость в понимании устройства Вселенной. Чёрные дыры символизируют крайности плотности, концентрируя в себе силы, способные поглотить целые звёздные системы. Космические пустоты, напротив, демонстрируют предельную разреженность, как будто подчёркивая контраст между заполненностью и пустотой. Вместе они как будто иллюстрируют дуализм Вселенной, заставляя задуматься о том, что для понимания одной крайности необходимо осмыслить другую.

Эти объекты и явления напоминают, что Вселенная — это не только мир материальных форм и видимых процессов, но и неисчерпаемая загадка, где самые необычные явления служат ключами к раскрытию её глубочайших тайн.

Темная энергия представляет собой фундаментальное понятие в современной космологии, так как без её включения в уравнения невозможно объяснить ускоренное расширение Вселенной.

Идея тёмной энергии, возникшая как ответ на наблюдения ускоряющегося расширения Вселенной, оказалась связующим звеном между современными концепциями и стаинными теориями, которые долгое время считались заблуждениями. Её корни, на удивление, глубоко уходят в представления о природе пространства, рожденные задолго до XX века.

Теории эфира, господствовавшие в физике XIX века, предполагали существование тончайшей, неуловимой субстанции, заполняющей всё пространство. Этот эфир мыслился как необходимая среда для распространения света, сравнимая с тем, как вода поддерживает волны или воздух переносит звуки. Однако с развитием теории относительности и экспериментальными доказательствами, например, результатами опыта Майкельсона и Морли, идея эфира была отвергнута. Пустота космоса начала восприниматься как вакуум, где свет движется сам по себе, без необходимости в какой-либо поддерживающей субстанции.

Вместе с этим, космологическая постоянная Эйнштейна стала попыткой объяснить другой аспект устройства Вселенной. В своих уравнениях общей теории относительности Эйнштейн добавил эту величину, чтобы создать статическую модель космоса, полагая, что он неизменен в своём масштабе. Космологическая постоянная представляла собой некий фактор, противодействующий силе гравитации, чтобы удерживать звёзды и галактики в неизменном положении. Однако позже, с открытием расширения Вселенной Хабблом, эта идея была сочтена ненужной, и сам Эйнштейн назвал её своей «величайшей ошибкой». Возвращение к этим концепциям произошло в конце XX века, когда наблюдения за далёкими сверхновыми

звёздами продемонстрировали ускоряющееся расширение космоса. Чтобы объяснить этот феномен, была предложена идея тёмной энергии — неизвестной формы энергии, равномерно распределённой по пространству и обладающей свойством вызывать антигравитационное воздействие. Современная теория идентифицирует её с вакуумной энергией, то есть с энергией, присущей самому пространству. Этот аспект, поразительным образом, перекликался с прежними идеями эфира, который также воспринимался как всёобъемлющая сущность, пронизывающая космос. Космологическая постоянная также вновь обрела значимость, поскольку тёмную энергию часто связывают именно с этим термином. В современной интерпретации космологическая постоянная становится выражением плотности энергии вакуума, неизменно присутствующей в уравнениях общей теории относительности. Таким образом, старые концепции, когда-то оставленные за бортом науки, получили новое дыхание и неожиданно стали важной частью современной картины Вселенной.

Наблюдения, проведенные с использованием сверхновых типа Ia, показали, что удаленные галактики отдаляются друг от друга не только благодаря первоначальному импульсу, заданному Большим взрывом, но и с постоянно увеличивающейся скоростью. Этот эффект невозможно объяснить ни гравитацией, ни известными формами материи.

Сверхновые типа Ia возникают, когда белый карлик — плотное остаточное ядро звезды, размером примерно с Землю, но с массой, как у Солнца, — достигает

пределной массы, называемой пределом Чандraseкара. Этот лимит составляет примерно 1,4 массы Солнца. Если масса белого карлика превышает этот предел, он становится нестабильным и взрывается, превращаясь в сверхновую.

Часто это происходит в двойных звёздных системах. Белый карлик, притягивая материю от соседней звезды, постепенно накапливает массу. Когда он достигает предела Чандraseкара, начинается неконтролируемая термоядерная реакция, которая уничтожает белый карлик в ярчайшей вспышке. Этот процесс всегда происходит при одной и той же массе, что делает взрыв сверхновой типа Ia одинаково мощным и ярким, независимо от того, где он происходит.

Благодаря этому учёные знают, какова должна быть истинная яркость сверхновой. Сравнивая её с яркостью света, достигающего Земли, астрономы могут вычислить расстояние до взрыва. Изучая сверхновые на больших расстояниях, учёные начали замечать, что галактики, где происходили эти взрывы, находятся дальше, чем предполагали. Это означало, что Вселенная расширяется с ускорением.

Таким образом, понимание природы белых карликов и лимита их массы стало ключом к открытию тёмной энергии, которая растягивает пространство, заставляя галактики удаляться друг от друга всё быстрее.

Анализ реликтового излучения, который фиксирует тончайшие отклонения в плотности вещества, указывает на долю темной энергии, превосходящую массу всей видимой и темной материи. При этом её влияние не локализовано в отдельных областях пространства, как в

случае с материей, а действует равномерно, заполняя Вселенную подобно фону. Энергетическая плотность такого рода не уменьшается с расширением космоса, что объясняет продолжающееся ускорение.

Темная энергия также играет решающую роль в теоретическом обосновании космологической модели Λ CDM. Она вводится в виде космологической постоянной, предложенной ещё Эйнштейном в рамках общей теории относительности. Эта постоянная представляет собой форму энергии, которая обладает отрицательным давлением, создавая эффект отталкивания. Без её учета уравнения общей теории относительности не дают решения, согласующегося с текущими наблюдениями.

Кроме того, распределение крупномасштабной структуры Вселенной свидетельствует о существовании силы, противоположной гравитации. Она противодействует формированию новых скоплений галактик, создавая пустоты между ними, которые становятся всё обширнее. В отсутствие темной энергии структура Вселенной выглядела бы гораздо более компактной, что не согласуется с наблюдаемой картиной.

Дальнейшим доказательством служат измерения барионных акустических осцилляций — регулярных структур в распределении галактик, оставшихся с ранних этапов эволюции. Эти осцилляции, будучи связанными с взаимодействием материи и света в молодой Вселенной, позволяют уточнить масштабные параметры космоса, включая долю темной энергии.

Без гипотезы о темной энергии невозможно было бы объяснить гармонию между данными, полученными из столь разных источников, как сверхновые, реликтовое

излучение, барионные осцилляции и наблюдения за скоплениями галактик. Она представляет собой связующее звено в современной картине мироздания, хотя её природа остаётся столь же загадочной, как и сама причина ускоренного расширения.

Темная материя и темная энергия — это два различных феномена, которые играют важнейшие роли в космологии, но их взаимосвязь остается предметом глубоких исследований и дискуссий. Несмотря на различия в проявлениях и влиянии на Вселенную, гипотезы о возможной связи между ними не исключаются, поскольку оба явления связаны с фундаментальной структурой мироздания.

Темная материя отвечает за гравитационное удержание структуры Вселенной. Она не излучает и не поглощает свет, но её гравитационное воздействие влияет на вращение галактик, формирование крупных космических структур и гравитационное линзирование. Темная энергия, напротив, оказывает противоположный эффект: она действует как сила, ответственная за ускоренное расширение космоса, создавая отталкивающее воздействие на крупномасштабном уровне.

Хотя они выполняют разные функции, исследователи задаются вопросом, могут ли они быть проявлениями одного и того же фундаментального явления или различных аспектов единой теории, описывающей поведение Вселенной. Одна из гипотез предполагает, что темная энергия и темная материя могут быть результатом взаимодействия ещё не открытых частиц или полей. Другая гипотеза основывается на идеи модификации общей теории относительности, что

позволит объяснить обе загадки через новые подходы к описанию гравитации.

Некоторые модели рассматривают возможность того, что темная материя со временем может превращаться в темную энергию или что эти явления связаны через квантовые флюктуации в пространстве-времени. Например, так называемая квинтэссенция — динамическое поле, предложенное для объяснения темной энергии, — иногда интерпретируется как процесс, в котором остаточные эффекты взаимодействия темной материи с пространством-временем могут проявляться в виде ускоренного расширения.

Сравнение распределения темной материи и влияния темной энергии также выявляет интересные взаимосвязи. Считается, что темная материя образует своеобразный «каркас», на котором строятся галактики и скопления, а темная энергия в свою очередь воздействует на масштабные свойства Вселенной, увеличивая расстояния между этими структурами.

Несмотря на то, что современные данные пока не дают однозначного ответа о связи темной материи и темной энергии, их совместное влияние формирует нашу картину Вселенной. Это стимулирует развитие новых теорий и экспериментов, стремящихся понять, как они вписываются в общую картину мироздания.

Темная энергия, как загадочная сила, пронизывающая космос, порождает больше вопросов, чем ответов, оставаясь одной из самых спорных концепций современной космологии. Ее свойства, предположительно ответственные за ускоренное расширение Вселенной, до сих пор остаются покрытыми завесой тайны. Изучение этой неуловимой сущности заставляет пересматривать привычные представления о

материи, пространстве и времени, ставя ученых перед множеством парадоксов и научных противоречий.

Одним из таких парадоксов является сложная картина крупномасштабной структуры Вселенной. Галактики и их скопления образуют грандиозные сети, напоминающие паутину, где массы соединены гравитационными силами. Однако одновременно с этим наблюдается непрерывное ускоренное расширение пространства, приводящее к увеличению расстояний между объектами. Как примирить эту кажущуюся противоположность — гравитационное сближение массивных структур и их одновременное раздвижение под воздействием темной энергии?

Гравитация, будучи силой, стремящейся объединить объекты, и темная энергия, играющая роль силы, раздвигающей границы пространства, вступают в сложное взаимодействие. Этот дуализм создает удивительный баланс, который на масштабах всей Вселенной пока не получил удовлетворительного объяснения. Возможно, существующие теоретические модели недооценивают влияние этих процессов друг на друга или вовсе содержат пробелы, которые требуют пересмотра фундаментальных принципов.

Динамика расширения Вселенной остается центральной загадкой. Как сохраняется структурная взаимосвязанность галактических скоплений, если темная энергия должна, казалось бы, разорвать их гравитационные узы? Эти вопросы обостряют необходимость изучения взаимодействия макро- и микрофизических процессов, приводя к идее синтеза квантовой механики и общей теории относительности. Вероятно, темная энергия является лишь проявлением более глубокого механизма, который еще предстоит

разгадать.

Каждое новое наблюдение, каждая математическая модель приближают к пониманию скрытых законов, управляющих эволюцией космоса. Будущее открытие может оказаться настолько революционным, что перевернет представления о природе реальности, объединяя в себе несовместимые, на первый взгляд, концепции.

Среди основных возражений против расширения Вселенной есть те, которые остаются нерешёнными, и те, которые были успешно опровергнуты. Одной из главных нерешённых проблем остаётся крупномасштабная структура Вселенной. На больших масштабах она организована в сложные сети из галактик, нитей и пустот, что предполагает длительный процесс формирования. Однако стандартная модель расширения Вселенной, ограниченная 13,8 миллиардами лет, не всегда объясняет, как эти структуры могли появиться так быстро. Более того, при ускоренном расширении пространства, вызванном тёмной энергией, ожидалось бы, что галактики, связанные в крупномасштабную сеть, начнут расходиться сильнее, ослабляя структуру. Однако этого не наблюдается — структура кажется удивительно устойчивой, несмотря на расширение.

Другим спорным вопросом являются старые галактики, которые наблюдаются на краю видимой Вселенной. Эти галактики выглядят зрелыми и хорошо сформированными, что вызывает сомнения в том, что они могли успеть образоваться вскоре после Большого взрыва. Горизонтальная проблема также остается актуальной: Вселенная выглядит одинаковой во всех направлениях, несмотря на то, что далёкие области

никогда не могли быть в контакте друг с другом из-за ограниченной скорости света.

Некоторые возражения были успешно опровергнуты. К примеру, идея о том, что красное смещение в спектрах галактик может быть вызвано не расширением пространства, а старением света, была отвергнута, так как эта гипотеза не объясняет других наблюдаемых явлений, таких как однородность реликтового излучения или распределение элементов. Также модифицированные теории гравитации, например MOND (модифицированная ньютоновская динамика), которые пытались объяснить динамику галактик без привлечения темной материи, оказались недостаточными, так как они не соответствуют многим другим наблюдениям, включая крупномасштабную структуру и космическое микроволновое излучение.

Таким образом, хотя современная космология и сталкивается с нерешёнными проблемами, многие альтернативные гипотезы уже были проверены и опровергнуты. Однако крупномасштабная структура Вселенной и её устойчивость к ускоренному расширению остаются одним из ключевых вопросов, которые требуют дальнейших исследований.

Темная сторона Вселенной, в самом широком смысле этого понятия, открывает перед разумом две мощные области размышлений: физические тайны мироздания и философские вопросы о границах человеческого познания. С одной стороны, это термин, который находит прямое применение в науке, обозначая такие явления, как темная материя и темная энергия. С другой стороны, это метафора, говорящая о неизвестности и о том, что скрыто за пределами видимого горизонта.

Физический аспект этой темной стороны стал фундаментом для многих исследований. Темная материя, будучи загадочным строительным элементом галактик, воплощает идею скрытой основы, поддерживающей видимую Вселенную. Она не видна, но её влияние ощутимо через искривления света и динамику вращения звёздных систем. Темная энергия, напротив, кажется силой, которая указывает на необратимое расширение космоса, словно невидимое дыхание, растягивающее саму ткань пространства. Вместе эти явления создают впечатление, что большая часть мироздания ускользает от человеческого взгляда. Философский же пласт этого понятия связан с вопросами о природе знаний и пределов восприятия. Можно ли познать то, что принципиально невидимо или не поддаётся измерению? Возможно, темная сторона Вселенной — это не просто физическое явление, а отражение нашего собственного несовершенства, ограниченности чувств и технологий. Каждое новое открытие в области космологии словно подталкивает к мысли, что человечество движется по бесконечной лестнице познания, где одна разгаданная загадка неизбежно ведёт к появлению новой.

Кроме того, темная сторона Вселенной становится зеркалом для вечных вопросов бытия. Почему всё устроено именно так, а не иначе? Есть ли замысел в этом хаосе, или же перед нами игра случайностей? Возможно ли, что тёмная энергия и материя — это символы двойственности, где знание и незнание, свет и тьма сосуществуют в вечном балансе?

Это понятие соединяет научное и философское, став мостом между миром фактов и миром размышлений. Оно напоминает о том, что космос не только объект

изучения, но и неизменный источник вдохновения, призывающий смотреть за пределы очевидного и искать ответы в том, что кажется недосягаемым.

References

1. Planck Collaboration. (2020). *Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters*. *Astronomy & Astrophysics*, 641, A6.
2. Peebles, P. J. E., & Nusser, A. (2010). The large-scale structure of the universe. *Nature*, 465(7301), 565–569.
3. Riess, A. G., et al. (1998). Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant. *The Astronomical Journal*, 116(3), 1009.
4. Spergel, D. N., et al. (2003). First-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Determination of Cosmological Parameters. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 148(1), 175–194.
5. Weinberg, S. (2008). *Cosmology*. Oxford University Press.
6. Zwicky, F. (1937). On the Masses of Nebulae and of Clusters of Nebulae. *The Astrophysical Journal*, 86, 217–246.
7. Springel, V., et al. (2005). Simulating the joint evolution of quasars, galaxies and their large-scale distribution. *Nature*, 435(7042), 629–636.
8. Tegmark, M., et al. (2004). Cosmological parameters from SDSS and WMAP. *Physical Review D*, 69(10), 103501.
9. Bull, P., et al. (2016). Beyond Λ CDM: Problems, solutions, and the road ahead in cosmology. *Physics of the Dark Universe*, 12, 56–99.
10. Kolb, E. W., & Turner, M. S. (1990). *The Early Universe*. Addison-Wesley.
11. Kriger, B. (2024). *The unresolved challenges of an expanding universe: A critical evaluation of the large-scale structure, ancient galaxies, and horizon problems in cosmology*. Global Science News.

