

# ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ И ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

Когда астрономам казалось, что теория Большого взрыва может объяснить историю Вселенной, обнаружили темную материю и темную энергию. Что же это такое?

**О**ткрытия в космологии обычно проходят в два этапа. На первом исследуется сама суть вопроса: существует ли это нечто? На втором ставится вопрос: что это такое? В случае с темной материей большинство ученых уверено, что первый этап пройден. Если же говорить о темной энергии, то так далеко они пока не продвинулись.

## СКРЫТАЯ МАССА

Первым, кто указал на возможность существования темной материи, был швейцарский астроном Фриц Цвикки (см. «Звезды космоса»). В 1932 году он изучал скопление Волосы Вероники. Исследуя движение галактик,

**ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ** Эта концептуальная компьютерная иллюстрация показывает гипотетическое распределение темной материи во Вселенной.



## ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

**ФРИЦ ЦВИККИ** (1898–1974)

**Р**одился Фриц Цвикки в Болгарии, образование получил в Швейцарии, а затем переехал в США, где с 1925 года начал работу в Caltech под руководством Роберта Милликена, ученого, доказавшего существование космических лучей. Цвикки придумал термин «сверхновая» и считал ее источником космических лучей.

Цвикки выдвинул предположение, что ядро сверхновой звезды разрушается и на его месте образуется нейтронная звезда. Для поиска доказательств он вел наблюдения за сверхновыми и зафиксировал их рекордное количество – 121. Цвикки был невысокого мнения о коллегах-астрономах и часто высказывал его. Как результат, его идеи крайне редко находили сторонников.



## УМНЫЙ ЦВИККИ

Многие идеи Цвикки оставались без должного внимания в силу его недружелюбного отношения к коллегам-астрономам.

вращавшихся вокруг его центра, Цвикки вычислил, сколько материи требуется, чтобы поддерживать их гравитационную связь. Проанализировав их излучение и рассчитав общее количество имевшихся звезд, он обнаружил, что большей части массы не хватало.

Открытие Цвикки должно было бы вызвать громадный интерес, но из-за его

раздражительного характера коллеги-ученые его не любили, поэтому это открытие, как и многие другие, сделанные им, были проигнорированы.

## СПИРАЛЬНАЯ ЗАГАДКА

Пройдет еще 40 лет, когда другой ученый снова займется изучением скрытой массы. Этим ученым окажется Вера Рубин (см. «Звезды космоса»), работавшая на кафедре геомагнетизма



ЗВЕЗДЫ КОСМОСА

ВЕРА РУБИН (РОД. В 1926)

**В**ыпускница Вассарского колледжа Вера Рубин поступила в Корнельский университет и училась у легендарного физика Ханса Бете. В 1954 году получила степень доктора философии в Джорджтаунском университете.

В своей докторской работе она показала, что галактики распределены в космосе неравномерно, что противоречило доминировавшей тогда теории. Позднее ее правота была доказана. Она стала первой женщиной, которую официально допустили к работе с телескопом Маунт-Паломарской обсерватории. Несмотря на первоначальный скепсис, позднее ее открытие скрытой массы в спиральных галактиках подтвердилось, благодаря чему Веру Рубин избрали членом Национальной академии наук США.



### РУБИН В ПОИСКАХ

Вера Рубин на фотографии прилб. 1970 года измеряет спектры спиральных галактик.

лагали, что звезды в центре, где скоплена большая часть массы, вращаются гораздо быстрее, чем во внешних областях (как планеты в планетных системах).

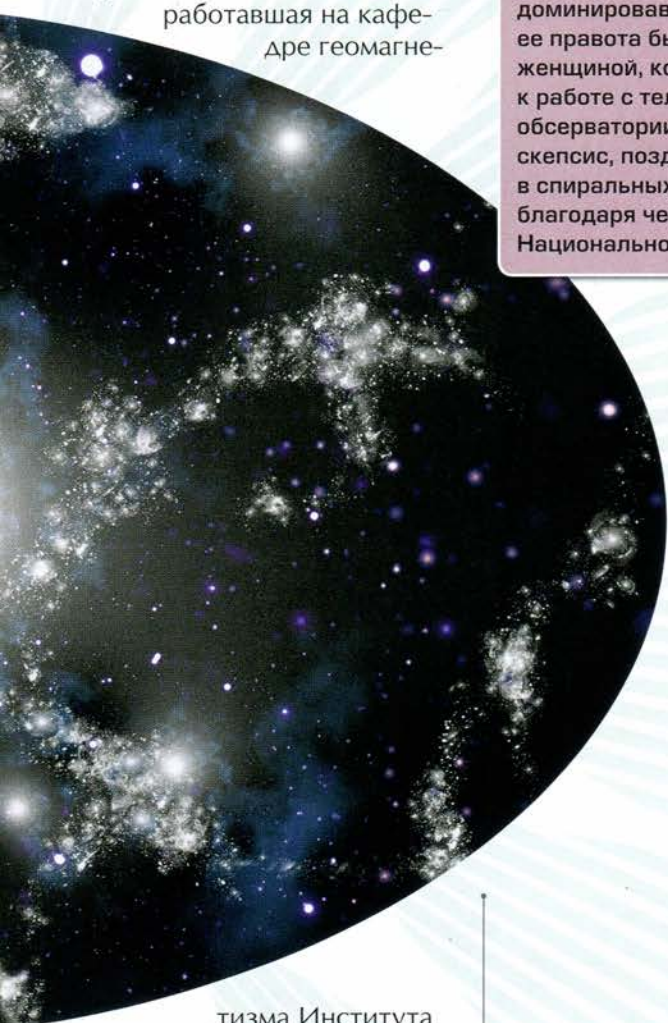
## ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

Рубин поняла, что во внешнем гало спиральных галактик должна концентрироваться та же масса, что и в ярко сверкающем центральном диске. Однако увидеть ее невозможно, поскольку речь идет о темной материи. Поначалу эти рассуждения были встречены скептически,

но дальнейшие исследования подтвердили выводы Рубин и Форда. Анализ газа в скоплениях галактик с помощью рентгеновской обсерватории «Чандра» показал, что темной материи в 10 раз больше, чем вещества, имеющего излучение. Оказалось, что Цвикки был целиком прав.

Для более точного подсчета темной материи было разработано гравитационное линзирование (см. «Наши сведения»). Этот метод впервые предложил также Цвикки.

Все указывало на то, что темной материи было гораз-



тизма Института Карнеги в Вашингтоне. С помощью высокочувствительного спектрографа, сконструированного ее коллегой физиком Кентом Фордом, Рубин изучала движения звезд в спиральных галактиках, лежащих на ребре. При расчете скорости этих звезд она отметила аномалию. На удалении от центра галактики звезды не замедлялись, как считалось ранее. Ученые по-

### ГАЛО СПИРАЛИ

Невидимая темная материя во внешнем гало этой спиральной галактики NGC 5866 (видна на ребре) вносит свою долю в ее общую массу.

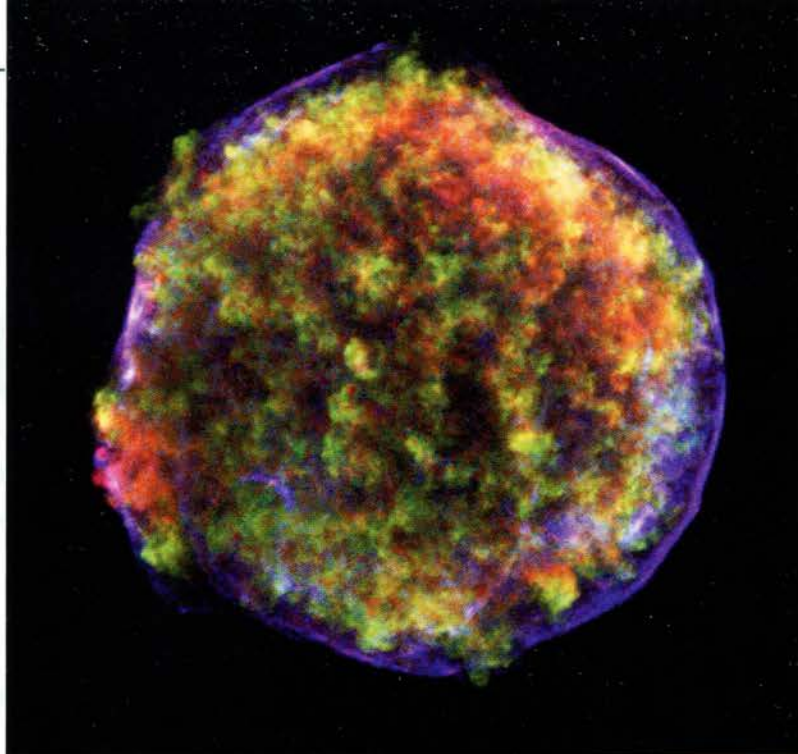


до больше, чем видимого вещества. Правда, если вопрос о самом существовании темной материи больше не стоял, наука пока не могла объяснить, что же это такое.

## СТРАННЫЕ ЧАСТИЦЫ

Считалось, что некоторая часть темной материи может включать нейтрино, черные дыры и плотные образования, названные «массивными объектами гало галактик» (MACHO), такие как коричневые карлики.

Профессор астрономии из Принстонского университета в Нью-Джерси Джерри Острикер считает, что «мы не



## РАСШИРЕНИЕ

Это рентгеновское изображение показывает расширяющийся пузырь из космических обломков, образовавшихся в результате взорвавшейся сверхновой типа Ia, названной Сверхновой Тихо Браге.

**« У НАС ЕСТЬ ТОЛЬКО ОДИН СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ МАССЫ ОБЪЕКТОВ – ГРАВИТАЦИЯ. ВСЕ УКАЗЫВАЕТ НА ТО, ЧТО СУЩЕСТВУЕТ МАТЕРИЯ, КОТОРУЮ МЫ НЕ МОЖЕМ УЧИТЫВАТЬ, НО МЫ ЗНАЕМ, ЧТО ОНА ТОЧНО ЕСТЬ».**

Джерри Острикер, профессор Принстонского университета

знаем, что такое темная материя, зато мы знаем о том, что к ней точно не относится». У темной материи есть масса, говорит он, но она не участвует в электромагнитном взаимодействии с другой материей, поэтому не излучает и не поглощает свет.

Во-вторых, она не содержит обычных элементарных частиц, о которых мы знаем, поэтому, возможно, она состоит из каких-то странных частиц, которые пока не открыты. Ученые называют такие частицы «слабовзаимодействующими массивными

частицами» (WIMP). Предпринимаются попытки обнаружить их, но на сегодня результаты пока нулевые.

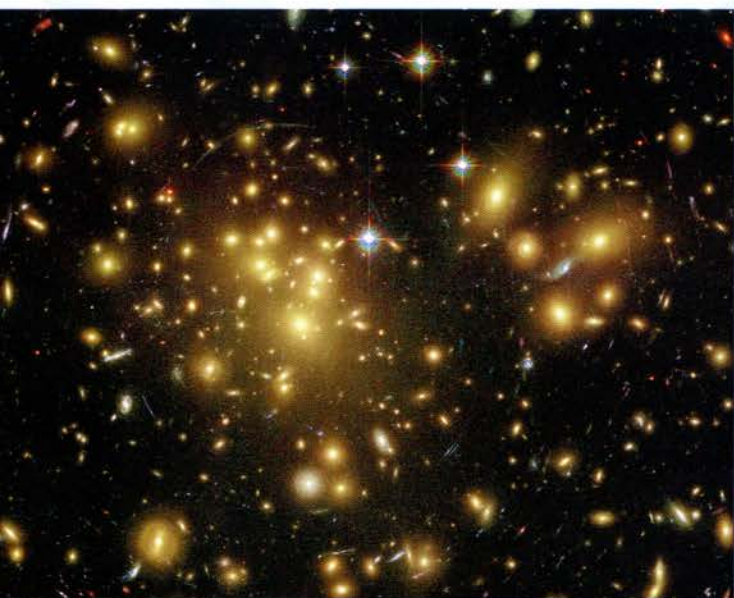
## ТЕМНАЯ ЭНЕРГИЯ

Впереди ученых ожидали два новых удара. Удар № 1: по картам космического фонового излучения вывели форму Вселенной, что дало основание считать, что масса Вселенной намного больше, чем предполагалось ранее.

Удар № 2: изучая красное смещение (см. «Глоссарий») сверхновых типа Ia

## ГЛОССАРИЙ

**Красное смещение** – изменение длины волны света удаляющейся галактики или скопления, которое используется для измерения ее/его скорости.



## НАШИ СВЕДЕНИЯ

### ГРАВИТАЦИОННОЕ ЛИНЗИРОВАНИЕ

Эйнштейн в свое время предположил, что траектория света преломляется объектами, имеющими массу. Чем больше этот объект, тем сильнее эффект преломления. Цвикки сделал предположение, что по-настоящему массивные объекты, например скопления галактик, преломляют свет настолько, что объекты, скрытые за ними, становятся видимыми в разных местах.

Измерив степень преломления света, можно понять массу объекта, который

вызвал этот эффект. Данный метод подтвердил, что скопления галактик имеют большую массу, чем учитывается только по видимой материи, что доказывает существование темной материи.

#### ПРЕЛОМЛЯЮЩИЙСЯ СВЕТ

Гравитация триллионов звезд в скоплении галактик Abell 1689 в сочетании с темной материей действует как линза диаметром 2 млн световых лет, которая преломляет и увеличивает поток света от галактик, уходящий в космос.

в попытках определить скорость расширения Вселенной, астрофизик Сол Перлмуттер, возглавлявший Космологический проект по изучению сверхновых звезд в Национальной лаборатории им. Лоуренса в Беркли (см. «Важные открытия»), сделал открытие. Он обнаружил, что эти сверхновые были на самом деле на 17–25 % более тусклыми, чем предполагалось по теории Большого взрыва. Они находились от нас дальше, чем показывали прежние прогнозы, стало быть, скорость расширения Вселенной растет. Должна существовать отрицательная гравитация. Ее нарекли темной энергией, и все ученые мира принялись за формулировку теории.

### КОСМОС УСКОРЯЕТСЯ

Одно из объяснений, что такое темная энергия, может заключаться в том, что после Большого взрыва она была доминирующей силой, но с расширением Вселенной ее гравитация ослабла. По мере того как плотность пространства уменьшилась примерно 6 млрд лет назад, темная энергия взял верх, и расширение Вселенной стало уско-

## ВАЖНЫЕ ОТКРЫТИЯ КОСМОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ ПО ИЗУЧЕНИЮ СВЕРХНОВЫХ

**С**верхновые типа 1a – это белые карлики, которые стянули из своих звезд-компаньонов столько материи, что достигли критического порога и коллапсировали до нейтронной звезды в сопровождении громадного взрыва. Все они начинают этот свой путь с одинаковой массой, поэтому взрываются с одинаковой яркостью.

Группа Сола Перлмуттера, возглавляющего Космологический проект по изучению сверхновых, разработала систему, благодаря которой были обнаружены 42 сверхновые звезды типа 1a. Команда Перлмуттера рассчитала скорость расширения Вселенной – 22 км в секунду на каждый миллион световых лет.

### СВЕРХНОВАЯ ИДЕЯ

Благодаря изучению сверхновых типа 1a Сол Перлмуттер доказал, что расширение Вселенной ускоряется, за что получил Нобелевскую премию в 2011 году.



ряться. Другая гипотеза требует повторного введения космологической постоянной Эйнштейна, указывающей на то, что пространство само противодействует гравитации.

Еще одна теория описывает темную энергию как форму отрицательного давления или такой тип силового поля (как электромагнетизм), называемый квинтэссенцией, который отталкивает материю.

### СКРЫТАЯ МАТЕРИЯ

Исследования галактик в скоплениях Волосы Вероники (фото внизу) впервые обнаружили скрытую (темную) материю.

Поскольку энергия и масса взаимозаменяемы (по знаменитой формуле Эйнштейна  $E = mc^2$ ), темная энергия может составлять большую часть массы во Вселенной – чуть ли не до 73 %. А вот темная материя охватывает меньше 27 %, тогда как звезды, газ и пыль вместе дают оставшуюся часть (0,5%).

Какое из решений правильное, ученым пока еще только предстоит решить.

