

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

СТРУКТУРА

ВСЕЛЕННАЯ 12 • ПРОСТРАНСТВО-ВРЕМЯ 14 • РАСПРЕДЕЛЕНИЕ И СОСТАВ МАТЕРИИ 16
ГРАВИТАЦИОННО СВЯЗАННЫЕ СИСТЕМЫ 18 • ДИФФУЗНАЯ МАТЕРИЯ 20 • ЗВЕЗДЫ 22
НЕСВЕТЯЩИЕСЯ ОБЪЕКТЫ 24 • ЭЛЕМЕНТЫ 26 • СУБАТОМНЫЕ ЧАСТИЦЫ 28
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ СИЛЫ 30

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

Вселенная

ЭДВИН ХАББЛ: *A SPIRAL NEBULA AS A STELLAR SYSTEM, MESSIER 31.*

ОБСЕРВАТОРИЯ МАУНТ-ВИЛСОН, США, 1924–1929

КЛЮЧЕВЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

EDWIN HUBBLE, *EXTRAGALACTIC NEBULAE* (1926)

EDWIN HUBBLE, *A SPIRAL NEBULA AS A STELLAR SYSTEM, MESSIER 31* (1929)

EDWIN HUBBLE, *A RELATION BETWEEN DISTANCE AND RADIAL VELOCITY AMONG EXTRAGALACTIC NEBULAE* (1929)

Вселенная — это все, что нас окружает, это все сущее во всей его полноте. Вселенная заполнена материей, из которой формируются астероиды, луны, планеты, звезды, галактики и скопления галактик, и все это окружено таинственной темной материей.

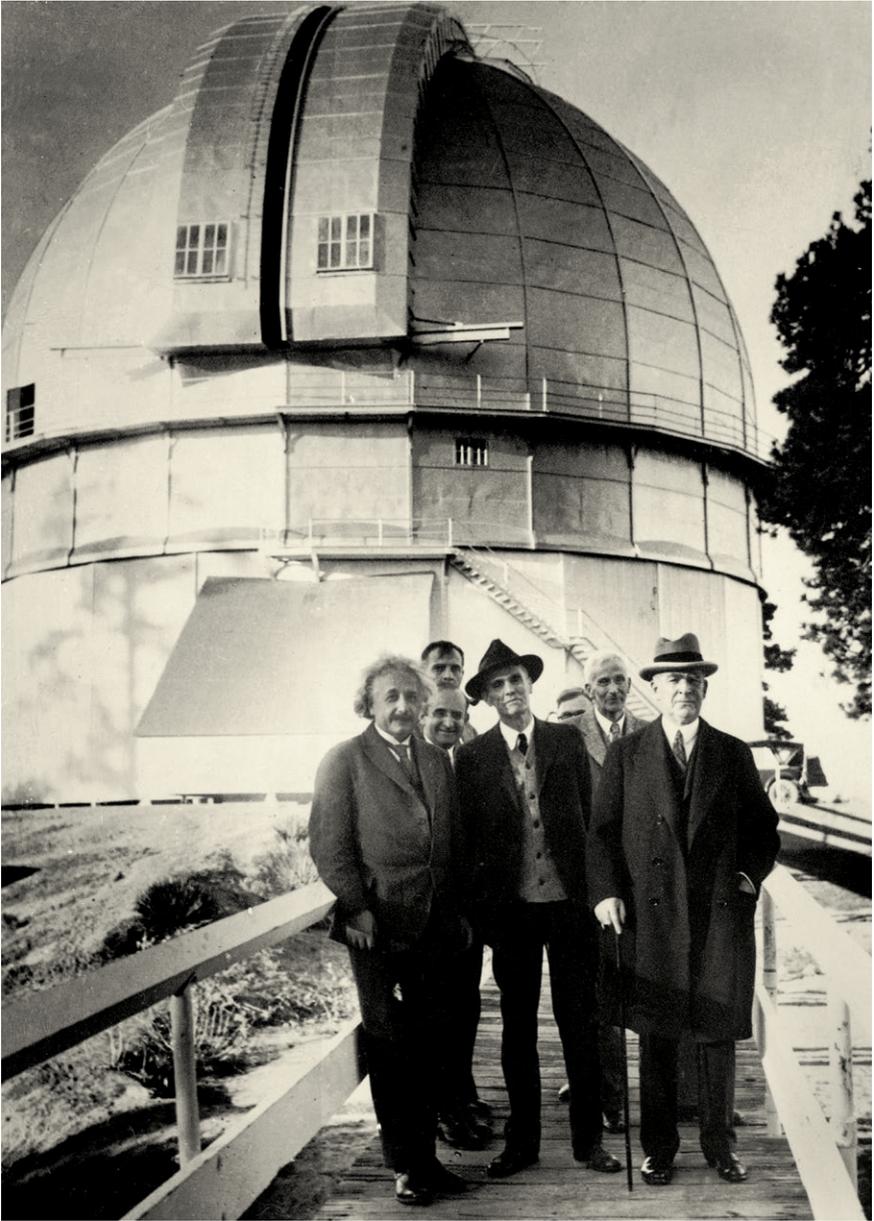
Вселенная стара. Она родилась 13,8 млрд лет назад во время Большого взрыва и с тех пор расширяется. В 1998 году астрономы обнаружили, что скорость этого расширения увеличивается под действием неизвестной силы, природу которой мы не понимаем; ученые назвали ее темной энергией.

Вселенная огромна. По сегодняшним оценкам, протяженность видимой части космоса (наблюдаемой Вселенной) составляет 93 млрд световых лет. Расстояние до ее горизонта (или края) определяется как расстояние, которое свет успел пройти до нас за всю историю. Вселенная отнюдь не заканчивается за этим космическим горизонтом — просто она так велика, что свет оттуда еще не успел дойти до нас.

Чтобы оценить масштаб, вспомните, что один световой год — это примерно 9 трлн км. Для сравнения: расстояние между Солнцем и Землей в среднем составляет 149,6 млн км, а расстояние между Солнцем и самой удаленной от него планетой, Нептуном, — 4,5 млрд км.

ЭДВИН ХАББЛ (1889–1953)

Перед тем как стать астрономом, Хаббл профессионально занимался спортом, работал школьным учителем и служил в армии. Его деятельность в обсерватории Маунт-Вилсон в Калифорнии изменила наше представление о Вселенной — в частности, мы узнали, что существуют и другие галактики, помимо нашей, и что Вселенная расширяется. Космический телескоп «Хаббл» был назван в его честь.



Альберт Эйнштейн (крайний слева) во время посещения обсерватории Маунт-Вилсон в Калифорнии в 1931 году. Эдвин Хаббл стоит позади него в третьем ряду (первый слева)



Пространство-время

АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН: *THE FIELD EQUATIONS OF GRAVITATION*. БЕРЛИН, ГЕРМАНИЯ, 1915

Вселенная имеет четыре измерения — три пространственных и одно временное. Альберт Эйнштейн назвал их пространством-временем, а общая теория относительности показала, как оно ведет себя под воздействием массы и гравитации.

Эйнштейн представил его в виде огромного эластичного листа, который изгибается и растягивается, когда на его поверхности появляются планеты, звезды и галактики. Чем больше масса и гравитация объекта, тем больше он искривляет пространство вокруг себя.

Джон Уилер (1911–2008) сформулировал эту мысль так: «Материя диктует пространству, как искривляться, а искривленное пространство диктует материи, как двигаться». Меняется траектория распространения света: там, где искривляется пространство-время, искривляется и траектория движения света. В результате появляются гравитационные линзы — это когда искривление пространства-времени, вызванное гравитацией массивного объекта, увеличивает яркость более далекого объекта.

Кроме того, Эйнштейн понял: гравитация может влиять и на время. В поле притяжения черной дыры вы не заметите, что часы идут реже, но сторонний наблюдатель в среде с меньшей гравитацией увидит вас как в замедленной съемке.

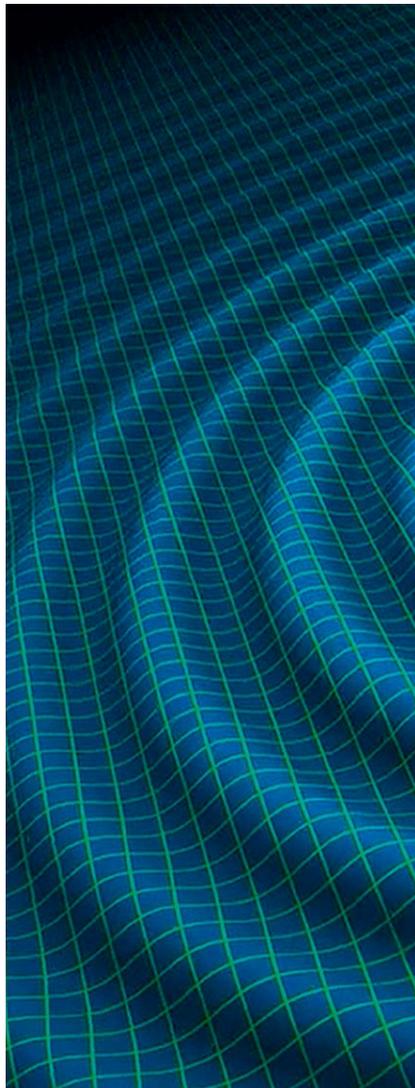
КЛЮЧЕВЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

ALBERT EINSTEIN, *THE FIELD EQUATIONS OF GRAVITATION* (1915)

HERMANN MINKOWSKI, *SPACE AND TIME* (1908–1909)

OREST KHVOLSON, *UBER EINE MOGLICHE FORM FIKTIVER DOPPELSTERNE* (1924)

Гравитационные волны, испускаемые парой нейтронных звезд, которые вращаются вокруг друг друга и вот-вот столкнутся, в представлении художника

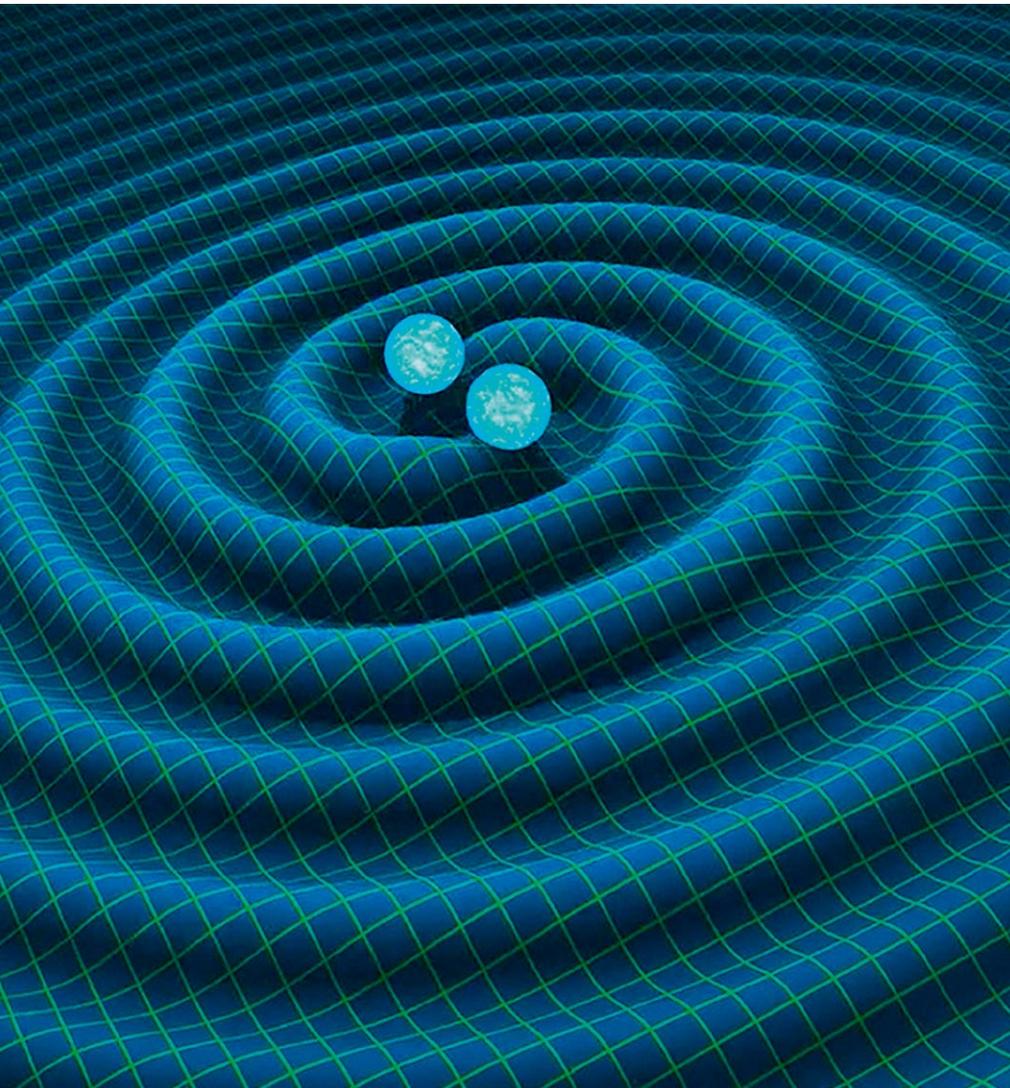


[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)



АЛЬБЕРТ ЭЙНШТЕЙН (1879–1955)

Альберт Эйнштейн — возможно, самый великий физик и уж точно самый известный. Его имя стало нарицательным. Его теории относительности (и специальная, и общая) объяснили нам многое про свет, энергию, пространство и гравитацию, а затем показали, как все это работает в масштабе Вселенной. Иронично, что в 1921 году он был награжден Нобелевской премией совсем за другое, а именно за открытие фотоэлектрического эффекта.



Распределение и состав материи

(VIRGO CONSORTIUM)*: SIMULATIONS OF THE FORMATION, EVOLUTION AND CLUSTERING OF GALAXIES AND QUASARS. ГЕРМАНИЯ И ОБЪЕДИНЕННОЕ КОРОЛЕВСТВО, 2005

РИЧАРД БРЕНТ ТАЛЛИ (р. 1943)

Имя Ричарда Брента Талли сохранится в истории астрофизики в названии соотношения Талли — Фишера. Ученый сформулировал его с соавтором Джеймсом Ричардом Фишером (р. 1943); оно описывает зависимость между яркостью спиральной галактики и скоростью ее вращения. Кроме того, Талли открыл комплекс сверхскоплений Рыб-Кита, включающий и нашу Галактику. Это огромная стена из галактик, составляющая часть космической паутины.

В космосе много пустого пространства. Если вы взгляните в ночное небо, то увидите, что между звездами есть большие пустоты, а если смотреть еще шире, то можно заметить их и между галактиками. В масштабе всей Вселенной существуют огромные пустоты размером в миллионы световых лет, содержащие очень мало галактик. А в некоторых областях сотни или тысячи галактик собираются вместе и образуют кластеры.

То, как материя распределяется во Вселенной, многое говорит нам о ее развитии и о роли гравитации в этом процессе. Большой взрыв прошел не очень гладко — материя и энергия сформировали слегка комковатую Вселенную. В более плотных областях гравитация была немного сильнее, чем в менее плотных, а потому они притягивали к себе все больше и больше материи. Вскоре основная ее часть оказалась сосредоточена в этих областях, и образовалась космическая паутина из гигантских нитей материи и темной материи, пронизывающих всю Вселенную. Вдоль этих нитей формировались галактики, а там, где нити пересекаются, мы находим скопления галактик. Скопления, если их много, способны образовывать листы, или стены, — самые крупные структуры во Вселенной. Из того, как материя распределена сейчас, мы благодаря гравитации можем многое узнать об условиях, при которых происходил Большой взрыв, ведь из-за них материя распределилась именно так.

КЛЮЧЕВЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

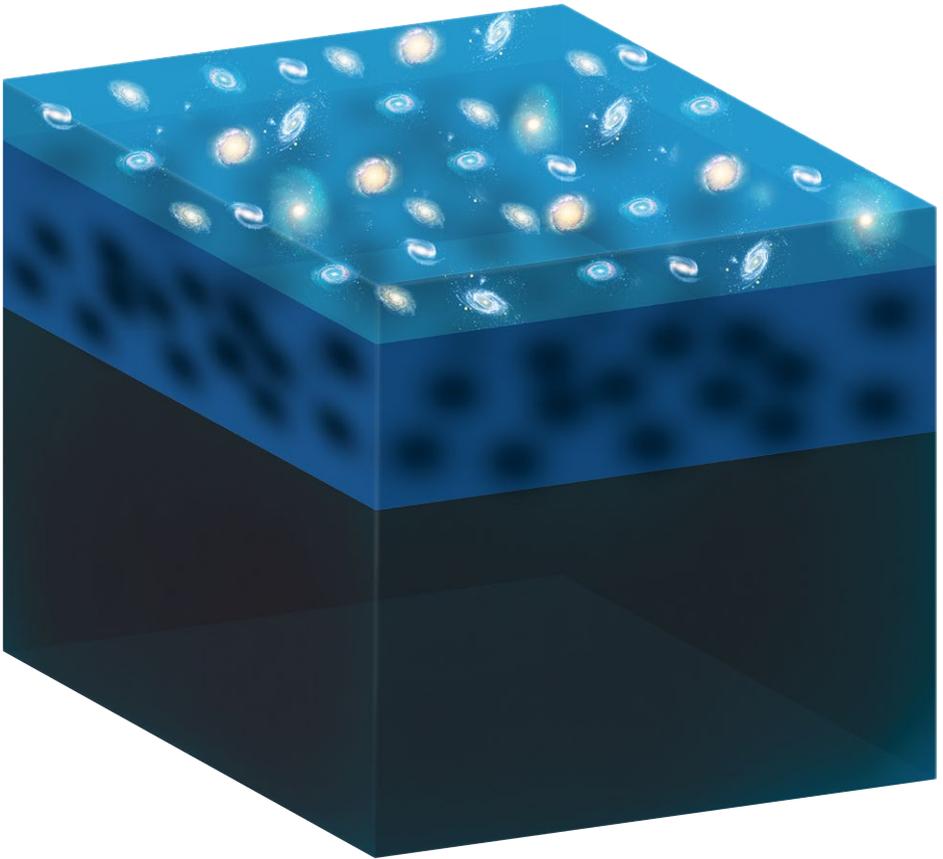
MARGARET GELLER AND JOHN HUCHRA, *MAPPING THE UNIVERSE* (1989)

R. BRENT TULLY, HÉLÈNE COURTOIS, YEHUDA HOFFMAN & DANIEL POMARÈDE, *THE LANIAKEA SUPERCLUSTER OF GALAXIES* (2014)

VOLKER SPRINGEL ET AL. *SIMULATING THE JOINT EVOLUTION OF QUASARS, GALAXIES AND THEIR LARGE-SCALE DISTRIBUTION* (2005)

* Консорциум Девы — международное научное объединение, где специалисты моделируют космологические процессы с помощью суперкомпьютеров. *Прим. ред.*





Содержание материи во Вселенной. Материя занимает около 30%, остальное — темная энергия. Материя может быть темной (29%) и видимой (1%, верхний слой куба). Темную материю мы разделяем на небарионную (25%, нижний слой) и барионную (4%, средний слой)



Гравитационно связанные системы

ФРИЦ ЦВИККИ: *ON THE MASSES OF NEBULAE AND OF CLUSTERS*

OF NEBULAE. КАЛИФОРНИЙСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ, США, 1933

КЛЮЧЕВЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

VERA RUBIN AND KENT FORD,
*ROTATION OF THE ANDROMEDA
NEBULA FROM A SPECTROSCOPIC
SURVEY OF EMISSION REGIONS*
(1970)

FRITZ ZWICKY, *ON THE MASSES
OF NEBULAE AND OF CLUSTERS
OF NEBULAE* (1933)

Наша Солнечная система — это структура, состоящая из гравитационно связанных между собой Солнца и восьми планет, а также множества комет и астероидов, находящихся в плену его гравитации. Солнце, в свою очередь, гравитационно привязано к Галактике Млечный Путь. В масштабе Вселенной гравитация связывает между собой галактики, которые образуют скопления. Млечный Путь с галактикой Андромеда, галактикой Треугольник и небольшим числом карликовых галактик составляют небольшое скопление, называемое Местной группой. Местная группа гравитационно связана с более крупной структурой, сверхскоплением Девы — Волос Вероники, а то гравитационно связано с другими сверхскоплениями и образует комплекс сверхскоплений Рыб-Кита. По размерам его превосходит сверхскопление Ланиакея, в котором гравитация удерживает несколько меньших сверхскоплений.

Движение планет, звезд или галактик в связанных системах дает нам понимание о силе гравитации, которую они ощущают и которая зависит от их массы. В 1933 году Фриц Цвикки (1898–1974) заметил, что галактики в скоплениях движутся быстрее, чем они двигались бы, если бы обладали только видимой массой. В 1960-х Вера Рубин обнаружила, что то же самое можно сказать о звездах и туманностях внутри галактик: при своих скоростях они вроде бы должны разлетаться. Она сделала вывод, что существует невидимая масса — темная материя, — присутствием которой объясняется дополнительная сила гравитации.

ВЕРА РУБИН (1928–2016)

Вера Рубин стала астрономом в то время, когда женщин в астрономии не жаловали, и таким образом проложила путь многим специалисткам, которые пошли по ее стопам. В своей докторской диссертации Рубин описала, как галактики формируют связанные системы, но коллеги из групп, возглавляемых мужчинами, игнорировали ее исследования вплоть до 1970-х годов. Именно тогда Вера Рубин и Кент Форд (р. 1931) обнаружили свидетельства существования темной материи.





Вера Рубин в Колледже Вассара, США. В своем выпуске она единственная получила диплом по астрономии



ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ С. 214

[Почитать описание, рецензии и купить на сайте МИФа](#)

Диффузная материя

ВЕСТО СЛАЙФЕР: PECULIAR STAR SPECTRA SUGGESTIVE OF SELECTIVE ABSORPTION OF LIGHT IN SPACE. ОБСЕРВАТОРИЯ ЛОУЭЛЛА, США, 1909



Вильямина Флеминг (на переднем плане, сидит) с другими членами исследовательской группы Эдуарда Пикеринга, известной под названием «Гарвардские компьютеры». Также в группу входили Генриетта Суон Ливитт, Энни Джамп Кэннон и Антония Мори



КЛЮЧЕВЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

VESTO SLIPPER, PECULIAR STAR SPECTRA SUGGESTIVE OF SELECTIVE ABSORPTION OF LIGHT IN SPACE (1909)

VESTO SLIPPER, ON THE SPECTRUM OF THE NEBULA IN THE PLEIADES (1912)

В межзвездном и межгалактическом пространстве не так пусто, как кажется. Оно заполнено газом, горячим и холодным, и большим количеством пыли, образовавшейся в результате звездной эволюции. На самом деле на межзвездный газ и пыль приходится примерно 15% видимой материи нашей Галактики — это значительная часть материи Млечного Пути.

Межзвездная среда — то, что находится в пространстве между звездами, — примерно на 99% состоит из газа и небольшого количества пыли. Три четверти этого газа — водород, остальное — в основном гелий с небольшой примесью других элементов. В среднем на каждый кубический сантиметр межзвездного пространства приходится один атом или молекула газа, чаще всего водорода. Для сравнения: в земной атмосфере в том же объеме содержится 30 квинтиллионов (это 30 000 000 000 000 000 000) молекул.

Если слой межзвездной пыли особо плотный, он не будет пропускать свет звезд, расположенных за ней. Если же нет, она может нагреться и начать светиться, что позволит нам увидеть, как в туманности рождаются звезды. Часто свет звезд отражается от рассеянных облаков межзвездной пыли, и тогда мы наблюдаем отражательную туманность.

Газ в межгалактической среде может быть невероятно горячим; его температура в галактических кластерах способна достигать порядка 10 млн °С, и тогда он излучает в основном в рентгеновском диапазоне.

ВИЛЬЯМИНА ФЛЕМИНГ (1857–1911)

Флеминг входила в состав «Гарвардских компьютеров» — команды женщин-астрономов, работавших под руководством Эдуарда Пикеринга (1846–1919). Она специализировалась на спектральной классификации звезд — на основе ее исследований были разработаны модели классификации звезд, помогающие нам понять их природу. Также Флеминг открыла 59 туманностей, в том числе в 1888 году знаменитую теперь туманность Конская Голова в созвездии Орион, которая заполнена межзвездным газом и пылью.





[Почитать описание, рецензии
и купить на сайте](#)

Лучшие цитаты из книг, бесплатные главы и новинки:

