

Воздушный змей Бена Франклина

Бенджамин Франклин (1706–1790)

Бенджамин Франклин был изобретателем, государственным деятелем, философом и ученым. Хотя у него было много талантов, историк Брук Хиндел пишет: «Большая часть научных исследований Франклина относится к молнии и другим электрическим явлениям. Установленная им связь молнии с электричеством посредством знаменитого эксперимента с запуском в грозу воздушного змея оказала существенное влияние на развитие науки. Это открытие способствовало созданию и широкому распространению громоотводов, защищавших от молнии здания в США и Европе». Воздушный змей Франклина, быть может, и не стоит на одном уровне со многими открытиями, описываемыми в этой книге, но он стал символом поиска научной истины и уже многие поколения школьников вдохновляет на занятия физикой.

В 1750 г. для проверки того, что молния имеет электрическую природу, Франклин предложил опыт с запуском воздушного змея в облако, которое вот-вот должно было превратиться в грозовую тучу. Согласно записям Франклина, его эксперимент состоялся 15 июня 1752 года в Филадельфии, и он сумел успешно извлечь электрическую энергию из облака. В некоторых вариантах рассказа на конце бечевки, идущей к змею, был привязан ключ и шелковая лента, которую держал Франклин. Тем самым он был изолирован от электрического тока, который пошел по бечевке к ключу, а с него – в **Лейденскую банку** (устройство, накапливающее электричество между двумя электродами). Другие исследователи не принимали таких мер предосторожности и были убиты электрическим током по время подобных опытов. Франклин писал: «Когда дождь намочит бечевку от змея, которую вы сжимаете в кулаке, и она сможет свободно проводить электрический огонь, вы обнаружите, что он обильно устремится из ключа к вашему кулаку, и от этого ключа ... может зарядиться лейденская банка...»

Историк Джойс Чаплин замечает, что эксперимент Франклина со змеем хоть и не был первым, где молния связывалась с электричеством, тем не менее он подтвердил это. Франклин «пытался измерить, действительно ли облака заряжены, и если это так, то какого знака их заряд – положительный или отрицательный. Он хотел определить наличие электричества в природе, а потому не следует оценивать значение его опытов только изобретением громоотвода – оно значительно шире».

СМ. ТАКЖЕ Огни Святого Эльма (78), Лейденская банка (1744), Фигуры Лихтенберга (1777), Катушка Тесла (1891), Лестница Иакова (1931).

«Бенджамин Франклин извлекает электричество с небес» (ок. 1816) – картина англо-американского художника Бенджамина Уэста (1738–1820). Ярко светящийся электрический ток стекает с ключа в лейденскую банку, зажатую в кулаке Франклина.



Галактика Черный Глаз

Эдвард Пиготт (1753–1825), Иоганн Элерт Боде (1747–1826),
Шарль Мессье (1730–1817)

Галактика Черный Глаз находится в созвездии Волосы Вероники на расстоянии около 24 млн световых лет от Земли. Писатель и естествоиспытатель Стивен Джеймс О’Мира поэтично описывает эту знаменитую галактику: «Гладкие шелковые руки, грациозно охватывающие фарфоровую сердцевину. ... Галактика напоминает закрытый человеческий глаз с “фингалом” под ним. Темное пылевое облако выглядит как толстая и грязная пашня, но если поместить это вещество в банку, то будет трудно отличить его от глубокого вакуума».

Галактика Черный Глаз была открыта в 1779 г. английским астрономом Эдвардом Пиготтом и независимо, всего двенадцать дней спустя, – немецким астрономом Иоганном Боде, а через год – еще и французским астрономом Шарлем Мессье. Как было замечено в статье «Объяснение радуги», такие почти одновременные открытия довольно обычны в истории естествознания. Например, британские натуралисты Чарльз Дарвин и Альфред Уоллес развили теорию эволюции независимо и одновременно. Аналогично, Исаак Ньютон и немецкий математик Готфрид Вильгельм Лейбниц независимо и примерно в одно время создали дифференциальное исчисление. Такая одновременность привела некоторых философов к мысли, что повторы научных открытий неизбежны, поскольку они рождаются из общего интеллектуального «бульона», существующего в данный момент в данном месте.

Последние наблюдения показывают, что межзвездный газ на периферии галактики Черный Глаз и вещество (газ и звезды) во внутренних ее областях вращаются в противоположных направлениях. Это объясняют тем, что галактика Черный Глаз миллиарды лет назад столкнулась и поглотила другую галактику с другим направлением вращения.

Писатель и астроном Дэвид Дарлинг сообщает, что радиус внутренней зоны галактики составляет около 3000 световых лет, «внутренний край внешнего диска вращается со скоростью около 300 км/с и удален от центра по крайней мере на 40 000 световых лет. Трение внешнего и внутреннего дисков (за счет встречных столкновений газа и звезд – *прим. перев.*), по-видимому, порождает мощные вспышки при формировании в пограничном слое новых звезд, наблюдаемые как голубые узлы в огромном пыльном коридоре».

СМ. ТАКЖЕ Черные дыры (1783), Небулярная гипотеза (1796), Парадокс Ферми (1950), Квазары (1963), Темная материя (1933).

Межзвездный газ на периферии галактики Черный Глаз вращается в направлении, противоположном вращению газа и звезд в ее внутренних областях. Это разнонаправленное вращение могло возникнуть, когда более миллиарда лет назад Черный Глаз столкнулся с другой галактикой и поглотил ее.

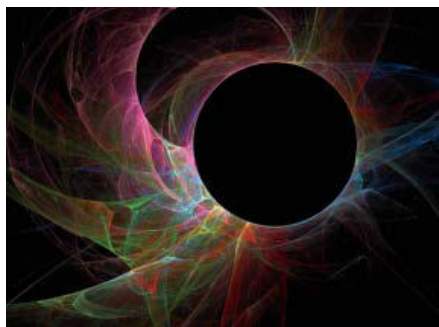


Черные дыры

Джон Мичелл (1724–1793), Карл Шварцшильд (1873–1916),
Джон Арчибальд Уилер (1911–2008), Стивен Уильям Хокинг (род. 1942)

Астрономы могут не верить в преисподнюю, но большинство верит в ненасытные черные области пространства, на которых впору было бы повесить надпись «Оставь надежду всяк сюда входящий». Это предупреждение итальянского поэта Данте Алигьери при описании входа в ад в его «Божественной комедии» было бы, как считает астрофизик Стивен Хокинг, подходящим предупреждением путешественникам, приближающимся к черной дыре.

Эти космические преисподние действительно существуют в центрах многих галактик. Они представляют собой объекты с массами, в миллионы или даже миллиарды раз превышающими массу нашего Солнца, но сжатые в объеме не больше нашей Солнечной системы. Согласно классической теории черных дыр, гравитационное поле вокруг них так велико, что ничто, и даже свет, не может вырваться из их цепких объятий. Любой, кто провалится в черную дыру, погрузится в центральную зону чрезвычайно малого объема с экстремально высокой плотностью – и там остановится время. Когда ученые применили к описанию черной дыры квантовую теорию, они обнаружили, что черные дыры все-таки испускают излучение, называемое излучением Хокинга (см. раздел «Комментарии и список литературы для дальнейшего чтения» и статью «Стивен Хокинг в “Звездном пути”»).

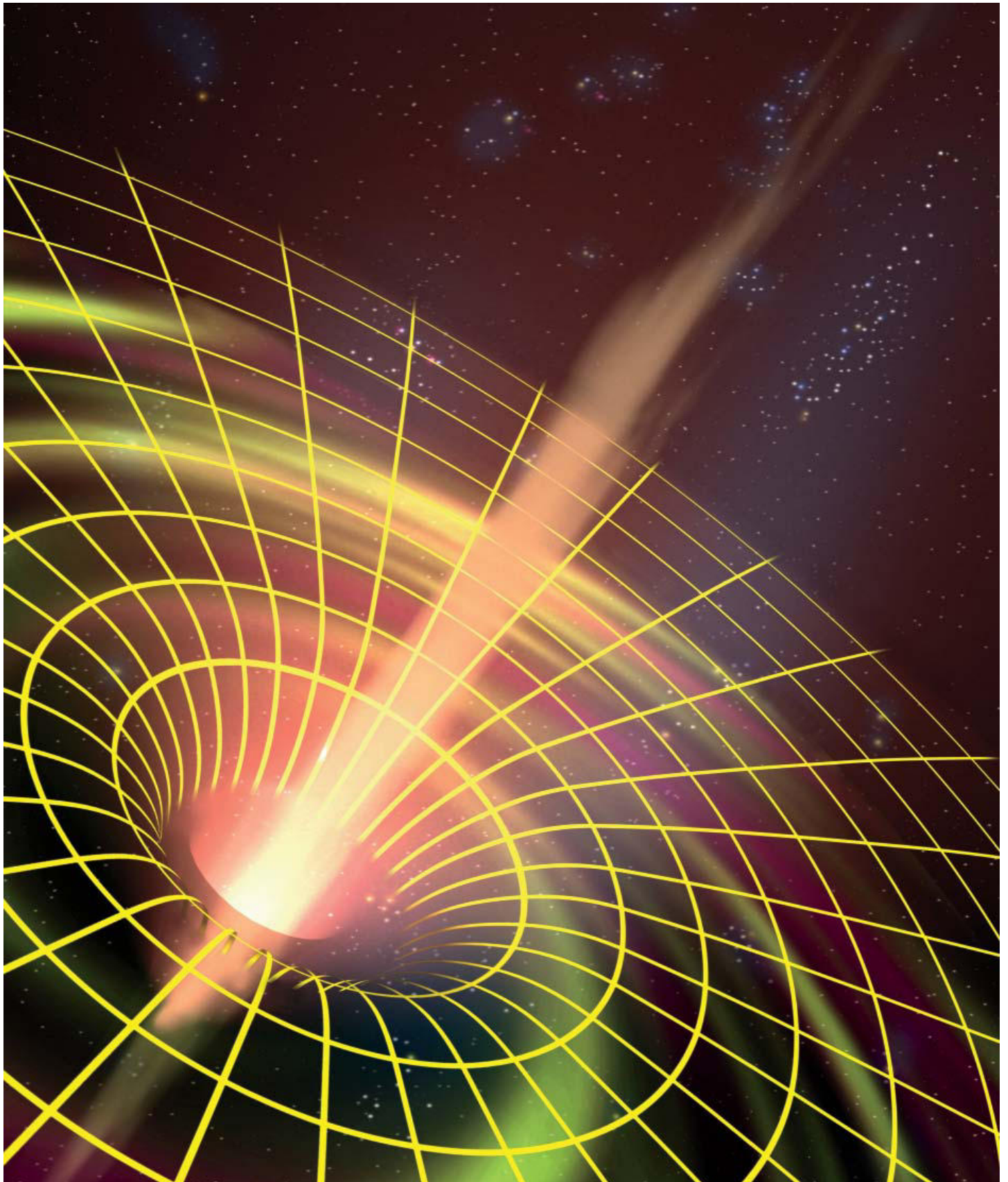


Черные дыры могут иметь различные размеры. В качестве исторического фона вспомним, что уже через несколько недель после публикации Альбертом Эйнштейном в 1915 г. своей общей теории относительности немецкий астроном Карл Шварцшильд выполнил точные вычисления величины, которая называется теперь радиусом Шварцшильда или горизонтом событий. Этот радиус определяет размеры сферы вокруг тела заданной массы. Согласно классической теории черных дыр, внутри этой сферы гравитация столь велика, что ни вещество, ни свет, ни какой-либо сигнал не могут из нее выйти. Для массы, равной массе нашего Солнца, радиус Шварцшильда составляет три километра. Черная дыра массой, равной массе Земли, будет иметь горизонт событий размером в грецкий орех.

Сама идея существования объектов, которые не может покинуть даже свет, была выдвинута в 1783 г. геологом Джоном Мичеллом. Термин «черная дыра» был придуман в 1967 г. физиком-теоретиком Джоном Уилером.

СМ. ТАКЖЕ Скорость убегания (1728), Общая теория относительности (1915), Белые карлики и предел Чандрасекара (1931), Нейтронные звезды (1933), Квазары (1963), Стивен Хокинг в «Звездном пути» (1993), Увядание Вселенной (через 100 триллионов лет).

СЛЕВА. Черные дыры и излучение Хокинга вдохновили словенскую художницу Матюшку Тейя Крашек на создание множества полотен. **СПРАВА.** Искривление пространства в окрестности черной дыры.



Флюоресценция Стокса

Джордж Габриель Стокс (1819–1903)

В детстве я собирал зеленые светящиеся камни, напоминавшие мне об Изумрудном городе из книги «Удивительный волшебник из страны Оз». Флюоресценция – это свечение объекта в видимом диапазоне световых волн, обусловленное поглощением электромагнитного излучения. В 1862 г. физик Джордж Стокс наблюдал явление, описываемое законом, который мы называем теперь *законом флюоресценции Стокса*. Он гласит: длина волны испущенного флюоресцентного света всегда больше длины волны возбуждающего излучения. Стокс рассказал о своем открытии в книге «Об изменении преломляемости света», вышедшей в 1852 г. В современной науке *флюоресценцией Стокса* иногда называют переизлучение фотонов более длинных волн (более низких частот) атомом, который поглотил фотоны более коротких длин волн (более высоких частот). Детали такого процесса зависят от свойств участвующих в нем атомов. Обычно свет поглощается атомом за время около 10^{-15} с. Это возбуждает электроны, которые перепрыгивают в состояния с более высокой энергией. Там они остаются в течение примерно 10^{-8} с, после чего отдают энергию в виде испускаемых фотонов (квантов света) и возвращаются в основное состояние. Выражение «стоксов сдвиг» обычно относится к разнице длин волн (или частот) поглощенного и испущенного квантов.

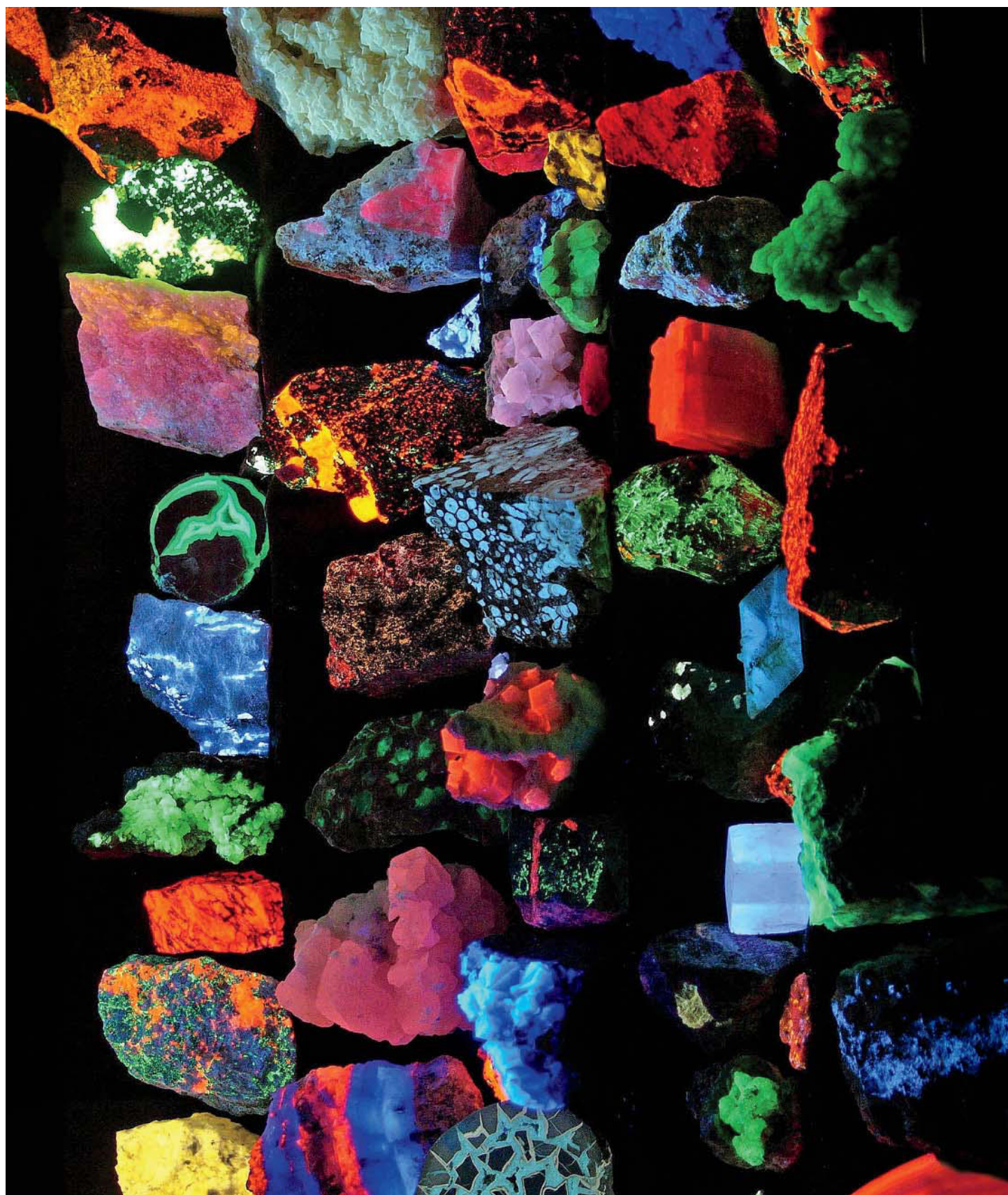
Стокс придумал термин *флюоресценция* по названию минерала флюорит (плавиковый шпат), проявляющего способность к сильному свечению. Стокс первым адекватно объяснил свечение у некоторых материалов при облучении их ультрафиолетовым (УФ) светом. Сегодня мы знаем, что можно сделать материалы, которые будут светиться под действием электромагнитного излучения разных диапазонов, включая видимый свет, инфракрасное излучение, рентгеновские лучи и радиоволны.

Флюоресценция имеет множество разнообразных приложений. Электрический разряд в флюоресцентной лампе заставляет атомы ртути испускать УФ-излучение. Оно поглощается флюоресцирующим материалом, покрывающим колбу, который испускает уже видимый свет. В биологии флюоресцентные красители применяют как метки для слежения за молекулами. *Фосфоресцирующие* материалы переизлучают поглощенные кванты медленнее, чем флюоресцирующие объекты.

СМ. ТАКЖЕ Огни Святого Эльма (78), Лампа черного света (1903), Неоновые рекламы (1923), Лестница Иакова (1931), Атомные часы (1955).



СЛЕВА. Энергосберегающая флюоресцентная лампа. СПРАВА. Коллекция различных флюоресцирующих минералов под ультрафиолетовым светом разных длин волн – длинных (УФ-А), средних (УФ-В) и коротких (УФ-С). Картинка повернута для лучшего размещения на странице.



Антивещество

Поль Дирак (1902–1984), Карл Дэвид Андерсон (1905–1991)

«Вымышленные космические корабли часто оснащаются двигателями, работающими на антивеществе, – пишет научный обозреватель Джоан Бейкер. – Однако антивещество само по себе вполне реально и может быть создано на Земле. Будучи “зеркальным отображением” вещества, антивещество не может сосуществовать с веществом. Как только они придут в контакт, тут же оба аннигилируют во вспышке энергии. Само существование антивещества указывает на глубокую симметрию в физике частиц».

Британский физик Поль Дирак однажды сказал, что абстрактная математика, которую мы изучаем сегодня, дает нам возможность заглянуть в физику будущего. И в самом деле, в 1928 г. он вывел уравнение, описывающее движение электрона, и оно предсказало существование антивещества, которое открыли позже. Согласно формулам, должна существовать античастица такой же массы, как у электрона, но с положительным электрическим зарядом. В 1932 г. американский физик Карл Андерсон обнаружил эту новую частицу и назвал ее позитроном. В 1955 г. на протонном ускорителе «Беватрон» в Беркли (Калифорния) был открыт антипротон. В 1995 г. физики ЦЕРНа создали на своих установках первый атом антиводорода. ЦЕРН – Европейская организация ядерных исследований в Женеве, – крупнейшая в мире лаборатория физики элементарных частиц.

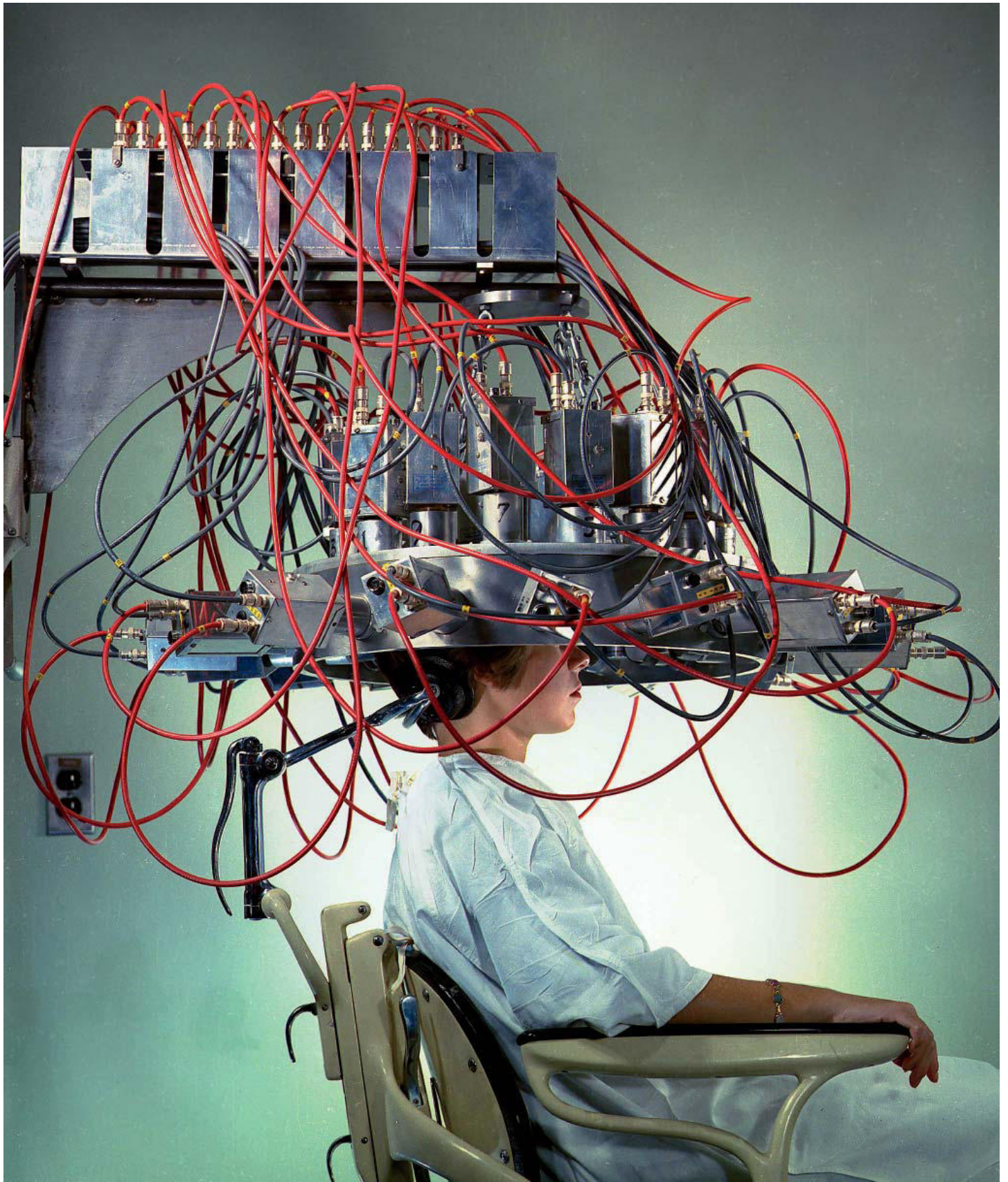
Реакции взаимодействия вещества с антивеществом имеют в наши дни практическое применение в виде позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ). Этот используемый в медицине метод построения изображений основан на регистрации пары гамма-квантов (фотонов высокой энергии), рождающихся при аннигиляции позитронов, испускаемых введенным внутрь организма радиоизотопом – атомом с нестабильным ядром.

Сегодня физики пытаются объяснить, почему наблюдаемая Вселенная почти целиком состоит из вещества. А существуют ли где-то в космосе области, где преобладает антивещество?

На первый взгляд оно было бы почти неотличимо от обычного вещества. Физик Мичио Каку пишет: «Можно образовать антиатом из антиэлектронов и антипротонов. Теоретически возможны даже антилюди и антипланеты. Однако при контакте антивещества с веществом произойдет их взаимная аннигиляция, и они превратятся во вспышку света. Каждый, кто возьмет в руку кусочек антивещества, немедленно взорвется с мощностью тысяч водородных бомб».

СМ, ТАКЖЕ Туманная камера Вильсона (1911), Уравнение Дирака (1928), Нарушение СР-инвариантности (1964).

В 1960-х гг. ученые Брукхейвенской национальной лаборатории применяли детекторы, подобные изображенному на фотографии, для исследования небольших опухолей мозга, поглощавших введенный в организм радиоактивный материал. Научные достижения вылились в практические и привели к созданию устройств, подобных современным позитронным эмиссионным томографам, используемым для получения изображения отделов головного мозга.



Темная материя

Фриц Цвикки (1898–1974), Вера Купер Рубин (род. 1928)

Астроном Карл Фримен и преподаватель Джефф Макнамара пишут: «Учителя часто говорят своим ученикам, что Периодическая таблица элементов показывает, из чего состоит Вселенная, но это – неправда. Мы теперь знаем, что большая часть Вселенной – около 96% – состоит из темного материала (темной материи и **Темной Энергии**), который не поддается краткому описанию». Из чего бы ни состояла темная материя, она не испускает и не отражает достаточно света или других видов электромагнитного излучения, чтобы ее можно было наблюдать непосредственно. Ученые сделали вывод о ее существовании по гравитационному воздействию на движение видимого вещества – например, по скоростям вращения галактик.

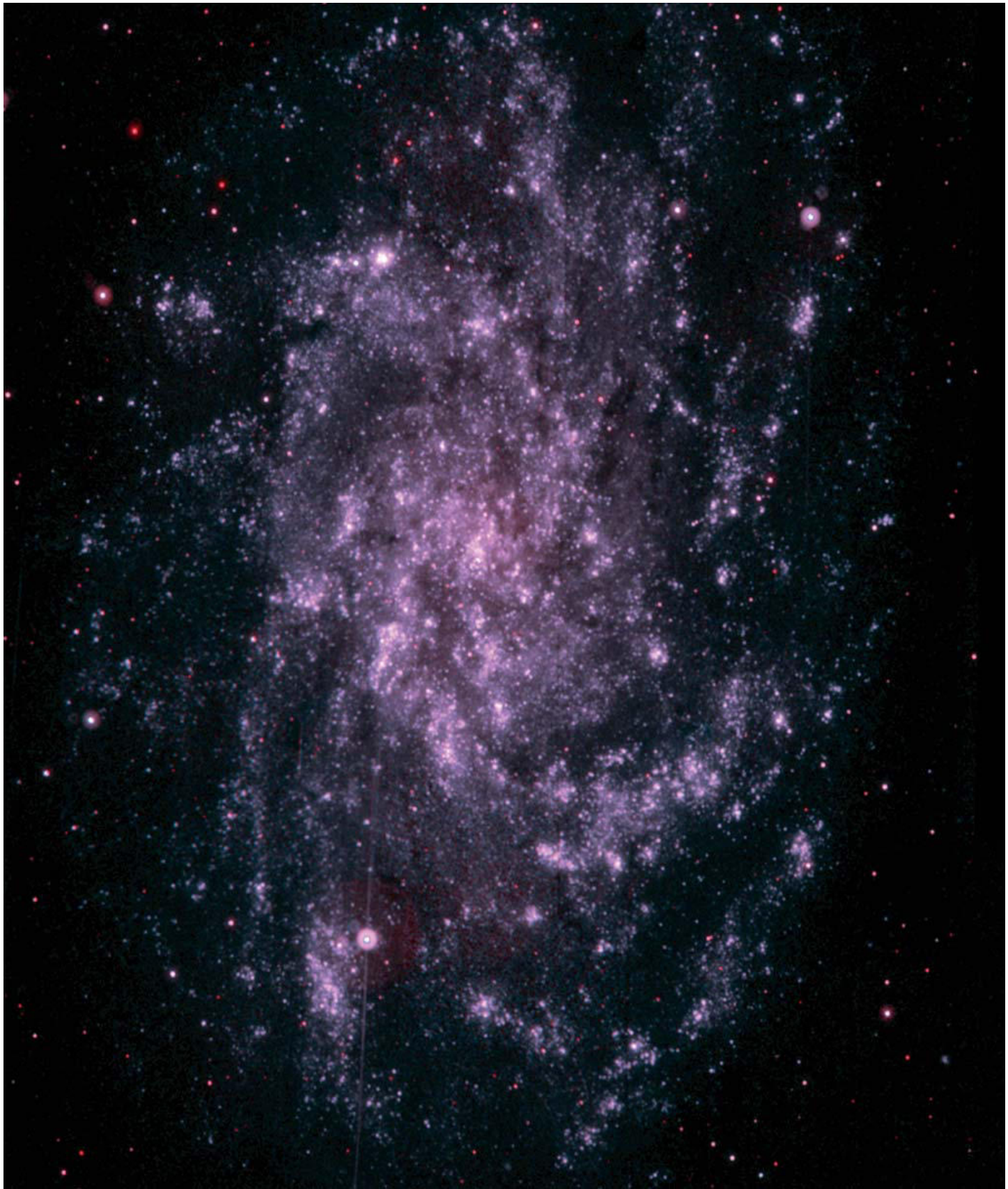
Большая часть темной материи, возможно, состоит не из обычных элементарных частиц, таких как протоны, нейтроны, электроны и известные **Нейтрино**, а из неких гипотетических частиц с экзотическими названиями – стерильных нейтрино, аксионов, ВИМПов (от англ. *WIMP* – слабовзаимодействующие массивные частицы, включая нейтралино). Их трудно обнаружить, поскольку они не взаимодействуют с электромагнитным полем. Гипотетические нейтралино подобны нейтрино, но массивнее их и движутся медленнее. Теоретики предполагают и то, что в темную материю входят и гравитоны, гипотетические частицы, переносящие гравитационные взаимодействия, которые просочились в нашу Вселенную из соседних вселенных. Если наша Вселенная расположена на “мембране”, плавающей в многомерном пространстве, то за темную материю могут быть ответственны обычные звезды и галактики на соседней мембране.

В 1933 г. астроном Фриц Цвикки нашел свидетельства существования темной материи, изучая движение краев галактик. Его результаты говорили, что значительная часть массы галактик остается скрытой, невидимой. В конце 1960-х гг. астроном Вера Рубин показала, что большинство звезд в спиральных галактиках вращаются примерно с одной скоростью, откуда следовало существование темной материи в пространстве далеко за видимыми звездами. В 2005 г. астрономы Кардиффского университета заявили об открытии, как они полагают, галактики в Скоплении Девы, которая почти полностью состоит из темной материи.

Фримен и Макнамара пишут: «Темная материя – это еще одно напоминание нам, что мы, люди, не очень-то нужны Вселенной... Мы даже сделаны не из того материала, что большая часть Вселенной. ... Наша Вселенная состоит из темноты».

СМ. ТАКЖЕ Черные дыры (1783), Нейтрино (1956), Суперсимметрия (1971), Темная энергия (1998), Браны Рэндалл-Сандрама (1999).

Одно из первых доказательств существования темной материи получила в 1959 г. астроном Луиза Волдерс. Она показала, что спиральная галактика М33 вращается не так, как следовало бы из стандартной ньютоновской динамики. На картинке – фотография этой галактики в ультрафиолетовых лучах, сделанная со спутника NASA Swift.



Бозон Хиггса («Частица Бога»)

Роберт Браут (1928 – 2011), Питер Уэр Хиггс (род. 1929),
Франсуа Энглер (род. 1932)

«Бродя в 1964 году по шотландским нагорьям, – пишет научный обозреватель Джоан Бейкер, – физик Питер Хиггс размышлял, как частицы могут обрести свои массы. И однажды он пришел к “одной хорошей мысли”, как сам об этом позже сказал. Частицы кажутся более массивными, потому что они замедляются, плавая в силовом поле, которое сейчас называется “полем Хиггса”. Квант этого поля – бозон Хиггса, который лауреат Нобелевской премии Леон Ледерман назвал “Частицей Бога”».

Элементарные частицы группируются в две категории: *бозоны* (частицы, переносящие силовое взаимодействие) и *фермионы* (частицы, составляющие вещество, – такие как **Кварки, Электроны и Нейтрино**). Бозон Хиггса – единственная частица, предсказанная **Стандартной Моделью**, которая до сих пор не открыта. Ученые надеются, что на Большом адронном коллайдере – ускорителе частиц высоких энергий в Европейском центре ядерных исследований ЦЕРН – могут быть получены экспериментальные свидетельства его существования. (И они были действительно получены в марте 2013 г. – *Прим. перев., см. также примечания в конце книги.*)

Представим для наглядности поле Хиггса как вязкий мед, который прилипает к движущимся в нем безмассовым фундаментальным частицам и таким образом придает частицам массу. На очень ранних стадиях эволюции Вселенной, как предполагают теоретики, все фундаментальные взаимодействия (т. е. сильные, электромагнитные, слабые и гравитационные) были объединены в одной суперсиле. По мере охлаждения Вселенной возникли различные силы. Физикам удалось объединить слабые и электромагнитные силы в единое «электрослабое» взаимодействие. Возможно, когда-нибудь будет построена теория, объединяющая все фундаментальные взаимодействия. Более того, физики Питер Хиггс, Роберт Браут и Франсуа Энглер предположили, что сразу после **Большого взрыва** родившиеся частицы не имели массы. Когда же Вселенная стала остывать, появился бозон Хиггса и связанное с ним поле. Некоторые частицы (например безмассовый фотон) могут пролететь сквозь липкое поле Хиггса, не подхватывая массы, зато другие увязают в нем, подобно муравьям в патоке, и становятся тяжелее.

Бозон Хиггса может быть тяжелее протона более чем в сто раз, а потому для его обнаружения необходим большой коллайдер частиц – чем выше энергия столкновения, тем массивнее получаются осколки.

СМ. ТАКЖЕ Стандартная модель (1961), Теория Всего (1984), Большой адронный коллайдер (2009).

Компактный мюонный соленоид (CMS) – детектор частиц, он расположен под землей в большой пещере, выкопанной на площадке Большого адронного коллайдера. Этот детектор используется для поисков бозона Хиггса и прояснении природы Темной материи.

