

От редактора перевода

Название предлагаемой вниманию читателя книги — «Черные дыры, белые карлики и нейтронные звезды» — как бы открывает нам мир неведомой восточной сказки. И в самом деле, компактные объекты, физике которых посвящена книга профессоров Корнеллского университета (США) Стюарта Шапиро и Саула Тьюколски — мир поистине сказочный, в котором все представляется иначе, чем в наших лабораториях. Фундаментальное отличие этого сказочного мира от привычного нам земного состоит в том, что главный герой книги — вещество, находящееся в сверхплотном состоянии, недостижимом (пока?) в земных условиях.

Первые указания на существование в космосе вещества, находящегося в экстремальном состоянии, было получено еще в 1914 г. Именно тогда американский астроном Адамс, анализируя спектр Сириуса В, слабого спутника (с абсолютной величиной всего $11,3^m$) самой яркой звезды нашего неба, пришел к заключению, что Сириус В имеет высокую температуру, близкую к температуре самого Сириуса, и, следовательно, должен иметь малый радиус (меньше радиуса Земли) при массе, почти равной солнечной. До того времени Сириус В относили к красным звездам и малую светимость связывали с низкой температурой. Поверить в существование «белых карликов» в то время было трудно; но с их реальностью пришлось примириться.

Первым слово «черная дыра» произнес Джон Уилер в 1968 г., но история идеи об абсолютно неустойчивом небесном теле — сингулярности в космосе — уходит в давние времена. О ней впервые заговорил даже не Лаплас в конце XVIII в., как это было общепринято считать, а еще раньше, в 1776 г., ученик Кавендиша Майкл, который размышлял о том, что скорость света должна уменьшаться, когда свет совершает работу против сил поля тяготения. Он считал, что, измеряя скорость света от далекой звезды, можно оценить ее массу. В записках Кавендиша, изданных Максвеллом, имеется также краткое замечание о возможности существования небесных тел, «запирающих» в своих недрах свет. Но все эти идеи были прочно забыты и возродились лишь в наши дни.

Открытие нейтронных звезд — в виде пульсаров — относится к 1967 г., но их существование предсказывалось теоретиками еще в начале 30-х годов нашего века. Так что лишь в случае белых карликов наблюдения поставили теорию в тупик — Эддингтон писал, что современники должны были считать соображения о белых карликах абсурдными; в двух же остальных случаях компактных объектов теория намного опередила наблюдения.

История открытий всегда интересна, и, нарушая порядок страниц, полезно начать читать книгу, которую сейчас открыл читатель, с исторических введений — первых параграфов глав 3, 9, 10, 12; они окрашивают изображение драматизмом развития новых идей в науке.

Приведенные выше слова Эддингтона взяты из его книги «Внутреннее строение звезд»¹⁾, изданной в 1926 г. и переизданной с некоторыми дополнениями в 1930 г. С появлением этой книги теория звезд превратилась в физическую науку. Новым в книге Эддингтона было признание ядерной энергии (субатомной, как тогда говорили) источником, определяющим эволюцию звезды. Эта гипотеза (тогда еще только гипотеза) унесла в небывшие критике Нернстом и Джинсом ранних попыток объяснить излучение звезд.

Следует напомнить и о предшественниках Эддингтона, которым он отдает должное. Первым из них был Лейн, опубликовавший в 1870 г. работу с длинным названием: «О теоретической температуре Солнца на основе гипотезы о массе газа, объем которого поддерживается его внутренним теплом, и описываемого газовыми законами, известными по земным экспериментам»²⁾.

Ньютон в свое время перенес закон всемирного тяготения из космоса на Землю; физики прошлого века перенесли в космос земную термодинамику.

Второй важной работой, развивающей теорию звезд, стала книга Эмдена, вышедшая в 1907 г.³⁾

Около 1913 г. произошло важное событие — Герцшпрунг и Рассел высказали смелую гипотезу о том, что звезды, которые мы видим, находятся на разных ступенях эволюции. На диаграмме спектральный класс — абсолютная звездная величина (носящей теперь их имя) звезды выстроились по своему «возрасту» от гигантов до карликов.

К этим работам, ставшим классическими, полезно добавить еще работу К. Шварцшильда⁴⁾ о радиационном равновесии солнечной атмосферы.

Заканчивая свою книгу, Эддингтон писал, что одна из туч, закрывающих путь развития теории, — это непонимание законов высвобождения ядерной энергии. Тем не менее Эддингтон был полон надежд: «... недалеко то будущее, когда мы будем достаточно знать, чтобы понять такую простую вещь, как звезда».

Сейчас это время пришло, хотя объект нашего познания оказался совсем не таким уж простым.

Теория компактных небесных тел возникла только потому, что придирические естествоиспытатели не прошли мимо парадоксального явления, а на

¹⁾ *Eddington A. S.* The Internal Constitution of Stars. Dover Publ., N. Y., 1959 (reprinted).

²⁾ *American Journal of Science and Arts*, Ser. 2, 4, 57, 1870.

³⁾ *Emden K.* Gaskugeln: Anwendungen der mechanischen Wärmetheorie. Leipzig und Berlin, 1907.

⁴⁾ *Schwarzschild K.* Ueber des Gleichgewicht der Sonnenatmosphäre. Göttingen Nach., No. 41, 1906.

стойчиво искали его объяснения. Раскрытие загадок Сириуса В и импульсных радиоисточников уже кажется сейчас далекими событиями, описание которых занимает всего несколько строк. Но недаром говорят, что озарение в начале пути стоит больше многих идей в середине. Полезно понимать, какие преграды стояли на пути исследователей и как рассеялись тучи, закрывавшие горизонты науки. Это помогает увидеть красоту и оценить скрытую сложность путей познания.

Теория компактных объектов замечательна еще и тем, что такое состояние вещества неизвестно на Земле. Когда-то в конце прошлого века ученый мир был взволнован открытием «солнечного вещества»¹⁾ — линий не известного тогда гелия в спектре Солнца. Однако вскоре гелий был получен в лаборатории.

Со звездным веществом дело обстоит не столь просто. Есть популярный рассказ об изобретателе, придумавшем универсальный растворитель, который растворяет любое вещество. Но этот растворитель, к несчастью, не в чем было хранить.

Природа хитроумно обошла это препятствие. Сосудом для сверхплотного вещества служит собственное гравитационное поле звезды, которое удерживает ее от разлета. В земной лаборатории аналогом служат современные токамаки, в которых физики рассчитывают реализовать термоядерные процессы. В токамаках горячая плазма удерживается магнитным полем. Внутренность токамака — первая, хотя еще очень приближенная модель звезды.

В земных лабораториях физики стремятся создать условия, при которых возникли хотя бы ничтожные количества сверхплотного вещества. Задача состоит в том, чтобы сжать каким-то способом ядро атома и узнать, нет ли у ядерной материи более плотной устойчивой фазы? Пока единственный способ для достижения такой цели — это столкновение тяжелых ионов друг с другом. Однако во всех известных опытах сталкивающиеся ядра — от легких до ядер урана — разбивались на части, и большая часть их энергии расходовалась на кинетическую энергию осколков. Но хотя звездное вещество пока нельзя изучать в лаборатории, физики уже знают, что при малых расстояниях между частицами, при больших плотностях, в сотни и тысячи раз превышающих плотности, характерные для ядер, в игру должны вступить кварки и глюоны; за пределами расстояний порядка миллиферми (10^{-16} см) начинается, как мы сейчас уверены, новая физика. В ее изучении ускорители и телескопы будут помогать друг другу, физики и астрофизики пойдут рука об руку.

И для тех, кто захочет пойти по этой дороге или хотя бы познакомиться с теми удивительными перспективами, которые открываются по пути, предназначена эта книга.

¹⁾ Так назвал свою научно-популярную книгу, опубликованную в конце 30-х годов, советский физик-теоретик М. П. Бронштейн. В 1960 г. книга «Солнечное вещество» была переиздана издательством «Детская литература».

Книге предпослано авторское предисловие, где рассмотрены цели, которые преследовали авторы, принципы отбора материала и характер изложения, а также раздел «Рекомендации к использованию книги». Все это несомненно окажет помощь читателю — как специалисту и преподавателю, так и студенту или начинающему исследователю. Ввиду этого здесь можно ограничиться лишь несколькими замечаниями.

Новая физика развивается очень быстро, поскольку здесь действительно проходит «линия фронта» развития науки. Поэтому читателю, желающему быть в курсе последних известий с поля этой незримой битвы, мы рекомендуем регулярно следить за новой литературой. В частности, хорошим дополнением к книге Шапиро и Тьюколски будет выпускаемая издательством «Мир» в 1986 г. монография С. Чандрасекара «Математическая теория черных дыр», в которой читатель найдет богатый теоретический материал, в том числе по методам исследования сингулярностей в пространстве-времени.

Далее, к настоящему времени получен новый богатый материал по вспышкам сверхновых звезд, которым посвящены заключительные главы книги. Большой вклад здесь внесен советскими астрофизиками. Информацию об этих гигантских катастрофах содержат данные о распространенности химических элементов, которые можно попытаться расшифровать на основе теоретических представлений о процессах нуклеосинтеза.

Наконец, в гл. 8 приводится вывод уравнения состояния плотного вещества на основе теории ядерных сил. Этой цели вполне удовлетворяют методы и формулы, использованные в книге. Читателю, пожелавшему расширить применение описанных приемов для иного круга задач, мы рекомендуем обратиться к последним обзорам по физике ядра.

Следует указать, что с любезного разрешения издательства «Джон Уайли энд Санз» в русском переводе книга по техническим причинам разбита на две части. В первую часть вошли гл. 1—8 оригинального издания, во вторую — гл. 9—16 и приложения.

И завершая наше изложение, отметим, что авторы книги написали ее на основе курса лекций, который они читают в Корнеллском университете. Тем самым они выполнили долг ученого — передавать новому научному поколению последние достижения бурно развивающейся науки нашего времени. Читатель должен узнать из книги, которая у него перед глазами, не только об успехах науки, но и попытаться распознать на горизонте те новые тучи, которые не позволяют завершить счастливым концом рассказ о необычайных явлениях природы.

Я. Смородинский