

УМЕНЬШЕНИЕ МАССЫ ЗВЕЗД ВСЛЕДСТВИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ЭНЕРГИИ¹⁾.

Г. Фогт.

Не только сторонники теории относительности, но также и те ученые, которые стоят на почве классической физики, в настоящее время считают, что материя есть лишь особый вид энергии, и что инертная масса тела есть мера заключающейся в нем энергии. Соотношение, связывающее энергию тела E и его массу m , как известно, имеет вид

$$m = \frac{E}{C^2},$$

где C — скорость света. Исходя из этого представления, приходится уже неизбежно признать, что звезды, вследствие излучения энергии, должны, с течением времени, уменьшаться по массе. Если звезда излучает в секунду энергию dE , то ее масса за то же время должна уменьшиться на величину $\frac{dE}{C^2}$. По величине энергии, которую мы

на земле получаем от Солнца, можно подсчитать, что Солнце в одну секунду излучает в мировое пространство $9,4 \cdot 10^{25}$ грамм-калорий. Это соответствует потере массы в 4 000 000 тонн в секунду. Уменьшение массы гигантской звезды, абсолютная яркость которой равна — $5 \text{ } mg$, должно быть, примерно, в 10 000 раз больше.

Доставляют ли наблюдения такие данные, которые бы свидетельствовали о том, что подобное уменьшение массы звезд действительно происходит? Здесь нужно заметить прежде всего следующее: могут ли вообще достигнуть заметной величины те потери массы, которые звезды, в процессе своего развития, испытывают вследствие излучения энергии, — это, понятно, зависит от продолжительности жизни звезды; ибо те числа, которые мы выше указали для уменьшения массы Солнца или звезд, по сравнению со всей массой звезды (10^{27} — 10^{28} тонн), исчезающе-малы. Если принять, что абсолютная яркость звезды есть функция ее массы — как это вытекает из Эддингтоновой

¹⁾ «Scientia», 38, I/VII 1925.

теории внутреннего строения звезд,—то можно показать, что продолжительность жизни звезды должна быть порядка 10^{12} лет, если только уменьшение массы, связанное с излучением, играет заметную роль. Этот вывод можно подвергнуть проверке на основании статистических изысканий. — Допущение подобной большой продолжительности жизни для звезды вовсе не содержит в себе ничего невероятного. В самом деле, геологи находят для возраста некоторых минералов на земле числа порядка 10^9 — 10^{10} ; между тем, возраст этих минералов составляет ничтожно-малую часть возраста Солнца или же звезды. Далее, расположение звезд в пространстве, распределение их скоростей, большие эксцентриситеты орбит двойных звезд — позволяют заключить, что звезда в течение своей жизни испытывает, вообще говоря, одно или несколько столкновений с другими звездами. И вот — по оценке Шварцшильда и Джинса — звезда в среднем испытывает одно подобное столкновение в течение 10^{12} — 10^{13} лет.

Таким образом, что касается масштаба времени, то он вполне позволяет обнаружить на основании статистических наблюдений уменьшение массы звезд вследствие излучения, — если только этот процесс на самом деле осуществляется. В нижеследующем мы увидим, что существуют такие результаты наблюдений, которые, повидимому, подкрепляют гипотезу об уменьшении массы звезд.

1. Известно, что так называемую диаграмму Рёсселя (H. M. Russell), которая устанавливает соотношение между абсолютными яркостями и спектральными типами звезд, трактуют так же, как диаграмму истории развития звезды. Согласно этому представлению, каждая звезда начинает свой жизненный путь в виде газового шара большого объема, очень малой плотности и с малой температурой на поверхности — красная гигантская звезда. Затем звезда пробегает отдельные спектральные классы в порядке M, K, G, F, A, B, и при этом ее средняя плотность и ее температура на поверхности становятся все больше. Когда же звезда в виде A- или B-звезды (белая звезда) достигает высшей точки своего развития, то ход эволюции обращается, и звезда пробегает вторично те же спектральные классы, но в обратном порядке. При этом ее средняя плотность еще продолжает возрастать, между тем как температура поверхности будет уже убывать до тех пор, пока звезда, сделавшись плотным и холодным телом, не станет для нас невидимой. Но Эддингтон¹⁾ недавно показал, что, если продвигаться вдоль диаграммы Рёсселя — которая, как уже сказано, представляет также ход развития звезд, — то встречаются звезды с постоянно уменьшающейся массой. Если это верно, то тогда диаграмма Рёсселя не может представлять ход развития звезд с постоянной

¹⁾ A. S. Eddington. On the Relation between the Masses and Luminosities of the Stars. — «Monthly Notices», 84, № 5.

массой, как это принималось до сих пор. Остаются лишь две возможности: 1) Масса звезды остается в течение ее развития постоянной; но тогда диаграмма Рёсселя, вопреки современным представлениям, не имела бы ничего общего с ходом развития звезд — она давала бы только абсолютные яркости и спектральные типы, при которых звезды, в зависимости от их массы, достигают устойчивых состояний. 2) Диаграмма Рёсселя — в согласии с современными представлениями — дает ход развития звезды; но тогда звезда в течение своего развития должна убывать по массе, — и притом убывать довольно значительно.

2. Если правильно допущение, что в течение развития звезды масса ее уменьшается вследствие излучения энергии, то отсюда можно сделать дальнейшие выводы. Во-первых, уменьшение массы всякой звезды должно быть пропорционально ее абсолютной яркости или энергии, излучаемой звездой в единицу времени. Но, с другой стороны, абсолютная яркость звезды тем больше, чем больше ее масса, и притом — как это следует из Эддингтоновой теории, внутреннего строения звезд — абсолютная яркость растет быстрее, нежели пропорционально первой степени массы. Следовательно, уменьшение массы, выраженное в долях общей массы для некоторой звезды, должно быть тем больше, чем больше ее общая масса. Но тогда отношение массы более яркой компоненты двойной звезды к менее яркой, по мере дальнейшего развития, должно становиться все меньше, постепенно приближаясь к единице. Вместе с тем, естественно, тот же ход отношения масс двойных звезд должен обнаружиться, если их расположить на диаграмме Рёсселя, т.е. распределить их по их спектральным типам в порядке прогрессирующего развития. Из специального исследования, выполненного автором¹⁾, следует, что, повидимому, в среднем отношение массы более яркой компоненты к менее яркой для двойных звезд становится тем меньше и тем ближе к единице, чем дальше расположена эта звезда на диаграмме Рёсселя.

3. Если спектроскопические двойные звезды расположить по их спектральным типам, то обнаруживается следующая тенденция: средние размеры орбит подобных двойных звезд с возрастанием спектрального типа увеличиваются, так что очень тесные системы встречаются все реже. Далее, вместе с размерами орбит в среднем увеличивается также и их эксцентриситет. Можно показать, что, если масса двойной звезды испытывает очень медленное изменение, то произведение из массы и большой оси орбиты двойной звезды должно оставаться постоянным. Следовательно, если масса двойной звезды вследствие излучения энергии уменьшается, то орбита ее должна увеличиваться; если, например, масса уменьшится вдвое, то большая ось орбиты

¹⁾ H. V o g t. Massenabnahme der Sterne infolge Strahlung.—Zeitschr. für Physik, 26, 139, 1924.

должна вдвое увеличиться. В согласии с наблюдениями, эту тенденцию должны обнаруживать средние размеры орбит спектроскопических двойных звезд, если эти звезды расположить по их спектральным типам в порядке прогрессирующего развития. Что же касается распределения эксцентриситетов орбит двойных звезд, то его нельзя объяснить уменьшением массы звезд, — по крайней мере, нельзя объяснить прямым путем. Ибо можно показать, что, если двойная звезда испытывает очень медленные изменения массы, то эксцентриситет ее орбиты должен оставаться неизменным. Но можно сказать, что гипотеза уменьшения массы звезд — косвенным образом — дает объяснение и распределению эксцентриситетов орбит. В самом деле, эта гипотеза требует таких больших промежутков времени для продолжительности жизни звезд, что каждая звезда в течение своего развития может испытать, вообще говоря, одну или несколько близких встреч с другими звездами, в результате которых могут получиться значительные увеличения эксцентриситетов. Чем старше двойная звезда и чем дальше друг от друга удалены ее компоненты, тем больше вероятность того, что она уже испытала „эффективное“ столкновение с другой звездой и именно поэтому обладает орбитой с таким большим эксцентриситетом.

Однако не только это хорошее совпадение отдельных результатов наблюдений с теорией, но также и общие соображения говорят в пользу уменьшения массы звезд в течение их развития. Всякая научная теория Космоса должна исходить из того, что вселенная находится в стационарном состоянии, что в любой момент времени в среднем вспыхивает вновь ровно столько звезд, сколько становится невидимым, вследствие остывания. Иначе в мировом пространстве уже давно носились бы только темные тела, между тем как поверхностный взгляд свидетельствует о том, что вселенная еще очень далека от такого состояния. И так как число темных звезд — как об этом можно заключить из целого ряда астрономических фактов — не превосходит значительно число светящихся, то недостаточно только принять, что каким-то неизвестным нам способом постоянно возникают новые звезды, которые светят в течение более или менее значительных промежутков времени и затем достигают своего конечного состояния в виде темных тел. Приходится заключить, что звезды не только потухают с течением времени, но и исчезают в качестве скопления материи, а это именно и принимает развиваемая здесь гипотеза. Эту гипотезу следует дополнить постольку, поскольку процесс превращения материи в энергию должен продолжаться и в темных телах в виде общего распада атомов, до тех пор, пока эти темные звезды не прекратят своего существования, как материальные тела. Далее, мы должны последовательно заключить, что в отдельных местах пространства, вследствие местных перегруппировок, энергия обратно

превращается в материальные атомы — такова мысль Нернста¹⁾. Эти атомы могут затем собираться вновь в туманности, из которых разовьются затем новые звезды. Этот процесс возникновения новых атомов должен совершаться весьма редко — по крайней мере, по нашему, человеческому, масштабу времени, — ибо материя обладает очень большой продолжительностью жизни.

Согласно этой теории — правильность которой хотя и не доказана, но в пользу которой говорит весьма многое, — во вселенной происходит космический круговорот, связанный с постоянным возникновением и исчезновением материи.

Следует еще упомянуть, что если развиваемые здесь воззрения правильны, то сами собой отпадают те трудности, которые до сих пор были связаны с отысканием источников солнечной энергии. Как известно, в течение долгого времени полагали, что лучистая энергия, испускаемая Солнцем, поддерживается механической работой, совершаемой силами тяготения при сжатии солнечной массы. В настоящее время можно считать доказанным, что постоянная отдача энергии Солнцем в течение тех грандиозных промежутков времени, которые получаются для возраста земли и — стало быть — для минимального возраста Солнца из геологических и палеонтологических исследований, — не может быть объяснена гипотезой сжатия. Отсюда неизбежный вывод, что, кроме сжатия, на Солнце должен существовать другой, гораздо более мощный источник энергии. Но этот источник энергии, согласно нашим представлениям, есть само Солнце, вещество которого идентично со скоплением энергии, при чем последняя превращается в другой вид энергии — в лучистую энергию за счет солнечной массы.

¹⁾ В. Нернст. Мироздание в свете новых исследований. — Успехи Физических Наук, III, 1923. Отдельным изданием. М. 1923.