

УДК 530.01+ 524.3

В.Т. САРЫЧЕВ

ПОЧЕМУ ЗВЕЗДЫ СВЕТЯТ? ¹

Предлагается алгоритм построения модели звезды на основе гиперболического уравнения состояния вещества. Модель предполагает наличие ядра в звездах, состоящего из антивещества, и оболочки из вещества. Для сферически-симметричного случая приводятся результаты численных расчетов плотности, давления и температуры вещества и антивещества для Солнца. Показано, что механизм аннигиляции вещества и антивещества обеспечивает энергию излучения звезд.

Ключевые слова: звезды, излучение, антивещество, аннигиляция.

Вопрос, стоящий в заголовке, включает в себя два вопроса: что такое свет и каков механизм его возникновения? Исчерпывающего ответа на эти простые вопросы до сих пор нет. Предлагаемую работу надо рассматривать как своего рода провокацию, цель которой привлечь внимание научной общественности к поставленным вопросам. Поиск ответов на них актуален не только для радиофизики, но и для всей физической науки.

Постоянным спутником исследований света являлся и является до сих пор дуализм – волна – частица. Представления об объекте исследования становятся теорией, когда они приобретают математический аппарат. Волновая теория света возникла раньше корпускулярной теории в трудах Гюйгенса, Френеля [1], а затем Дж.К. Максвелла [2]. Максвелл считал свет волновым процессом в эфире, который определяет взаимодействие между материальными телами.

Корпускулярная теория света своим появлением обязана М. Планку [3]. Можно сказать, что эта теория возникла в результате влияния на Планка идей Л. Больцмана и Максвелла. От первого Планк взял аппарат теории идеального газа, от второго – теорию электромагнитного поля. Планк полагал, что не существует полной аналогии в процессах установления теплового равновесия идеального газа и электромагнитного излучения, поскольку в одном случае происходит лишь обмен энергии между атомами, а в другом – носители энергии поглощаются или испускаются. Однако допустима и противоположная точка зрения. Луи де Бройль предлагал рассматривать излучение как газ световых квантов [4]. Де Бройль выдвигает постулат: «...свободно движущееся тело равномерно перемещается вдоль направления своей волны фазы». Каждая волна фазы может содержать целое число квантов энергии ($n = 0, 1, 2, \dots$). Де Бройль отмечает: «...нужно, однако, ещё понять, каким образом частью *одной и той же* волны может быть несколько световых квантов».

Соглашаясь с де Бройлем, логично считать осцилляторы Планка долгоживущими объектами, энергия которых определяется двумя величинами: частотой ν и квантовым числом $n+\alpha$. Подобная точка зрения отражена в работе [5]. При взаимодействии с атомом или со свободным электроном может меняться как квантовое число, так и частота. К сожалению, до сих пор не предложено какой-либо физической модели фотонов. Процесс аннигиляции электрона и позитрона вселяет надежду, что в недалеком будущем такая модель появится. Вероятно, в процессе аннигиляции принимают участие три частицы: фотон нулевого уровня с энергией $\alpha h\nu$ и пара электрон – позитрон. В результате аннигиляции фотон нулевого уровня, получив энергию, превратится в γ -квант, а пара электрон – позитрон, потеряв энергию, станет новым фотоном (γ -квантом). Такой сценарий возникновения фотонов нуждается в источнике позитронов. Где такой источник может располагаться?

Поскольку источником света служат звёзды, то естественно искать этот источник следует внутри них. Наблюдения указывают на существенную асимметрию содержания вещества и антивещества в нашей вселенной. Казалось бы, встреча вещества и антивещества должно сопровождаться взрывом с колоссальным выделением энергии. Вопрос о возможности регулирования темпов аннигиляции даже не рассматривался. Тем более не предполагалось наличие антивещества внутри звёзд.

¹ Исследование выполнено при поддержке Программы «Научный фонд им. Д.И. Менделеева Томского государственного университета», грант № 8.1.12.2015.

Модели звезд основаны на решении уравнений, определяющих динамическое равновесие между силами давлением вещества и гравитационного притяжения. О. Хэвисайда считает, что теория гравитации должна быть подобна электромагнитной теории, но следует учитывать отличия, проявляющееся в притяжении одноименных гравитационных зарядов [6]. Разноименные гравитационные заряды (какими являются вещество и антивещество) должны отталкиваться. Характер подобного гравитационного взаимодействия можно обеспечить, если плотность гравитационного заряда $q(r)$ и уравнение гравитационного поля, соответствующее этой плотности, определить выражениями

$$q(r) = \pm i(\rho(r) + E_g^2(r)/8\pi), \quad \nabla \cdot E_g = q(r). \quad (1)$$

Знак плюс соответствует веществу, а минус – антивеществу. Мнимая единица обеспечивает притяжение одноименных и отталкивание разноименных гравитационных зарядов.

Уравнение динамического равновесия звезды при наличии в ней разных видов материи описывается выражениями

$$\frac{dP(r)}{dr} = -\frac{\rho(r)M_{\text{eff}}(r)}{r^2}, \quad \rho(r) > 0; \quad \frac{dP(r)}{dr} = \frac{\rho(r)M_{\text{eff}}(r)}{r^2}, \quad \rho(r) < 0. \quad (2)$$

Формулы, определяющие эффективные массы вещества и антивещества M_{eff} , следующие:

$$M_{\text{eff}}(r) = 4\pi \int_{r^*}^r \left(\rho(r') - \frac{M_{\text{eff}}^2(r')}{8\pi r'^4} \right) r'^2 dr', \quad M_{\text{eff}}(r) = 4\pi \int_0^r \left(\rho(r') + \frac{M_{\text{eff}}^2(r')}{8\pi r'^4} \right) r'^2 dr', \quad r \leq r^*. \quad (3)$$

Здесь r^* – радиус ядра звезды, состоящего из антивещества. Для замыкания этой системы необходимо определить связь между давлением и плотностью вещества и антивещества, т.е. задать уравнение состояния. В астрофизике принято уравнение состояния брать в политропной форме. Политропная модель уравнения состояния не предполагает наличия постоянных интегрирования, тогда как уравнения механического равновесия требуют их присутствия. Эта модель предполагает однородность звезды по химическому составу. Кроме того, политропная модель по определению предполагает постоянство теплоемкости вещества по всему объему звезды. Все эти обстоятельства вынуждают отказаться от политропной формы уравнения состояния в пользу выражения, которое далее называется «гиперболическое уравнение состояния».

Все переменные в выражениях (1) – (3) безразмерные, это позволяет в качестве модели уравнения состояния вещества и антивещества использовать выражение равносоставленной гиперболы, записанное в безразмерном виде:

$$(P + X_0)^2 - (\rho + Y_0)^2 = a^2.$$

Левая нижняя ветвь гиперболы соответствует антивеществу, правая верхняя ветвь – веществу. Связь безразмерных величин с соответствующими размерными определяется выражениями

$$r = \frac{r'}{L}, \quad \rho = \rho' L^2 \frac{G}{c^2}, \quad P = P' L^2 G, \quad M_{\text{eff}}(r) = \frac{GM'_{\text{eff}}(r)}{c^2 L}, \quad L = \frac{GM'_{\odot}}{c^2}.$$

Здесь M'_{\odot} – масса Солнца; G – гравитационная постоянная; c – скорость света.

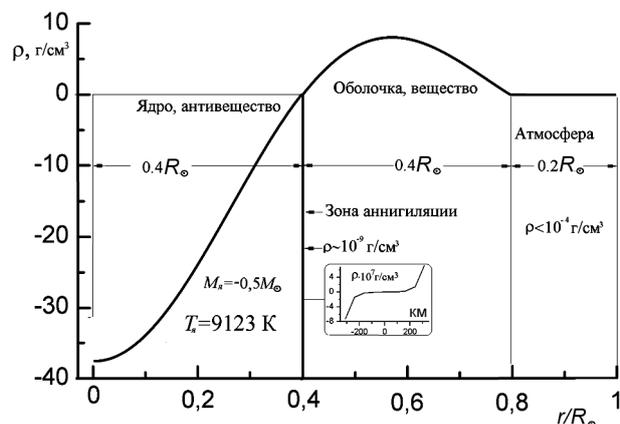


Рис. 1. Зависимость плотности массы от радиуса

На рис. 1 приведены результаты решения системы уравнений (2), (3) с учетом уравнения состояния. Система решалась численно методом Рунге – Кутты. Для решения системы необходимо задать граничные условия и определить значения параметров X_0 и Y_0 . В сферически-симметричном случае граничные условия задаются при $r = 0$ и $r = \infty$. Известными являются $M_{\text{eff}}(0) = 0$, $M_{\text{eff}}(\infty) = M'_{\odot}$ и плотность $\rho(r^*) = \rho(\infty) = 0$.

При малых значениях ρ и P выполняется соотношение $\frac{dP}{d\rho} = \beta_0^2 = \frac{Y_0}{X_0}$. Здесь β_0 – отношение скорости звука к скорости света.

Поскольку остаются неизвестными $\rho(0)$ и X_0 или Y_0 , то их значения ищутся итеративно. При построении модели Солнца они должны иметь значения, при которых выполняются условия $M_{\text{eff}}(\infty) = M'_{\odot}$, а область, занимаемая веществом, соответствовала размерам Солнца. Результаты вычисления плотности ядра и оболочки, представленные на рис. 1, были получены при следующих значениях безразмерных величин: $Y_0 = -10^{-20}$, $\beta_0^2 = 4.43 \cdot 10^{-10}$, $X_0 = Y_0 / \beta_0^2$, $\rho(0) = -6.07 \cdot 10^{-17}$.

В таблице представлены параметры модели в экстремальных точках. Максимальная плотность вещества оболочки составляла 8.05 г/см^3 . Масса вещества оболочки равна $1.5 M_{\odot}$, при этом $0.95 M_{\odot}$ приходится на вещество, плотность которого превосходит 6 г/см^3 . Таким образом, оболочка Солнца, согласно предлагаемой модели, состоит из металла, в основном железа.

r/R_{\odot}	M/M_{\odot}	$\rho, \text{ г/см}^3$	$P, \text{ бар}$	β
0	0	-37.5	$-4.5 \cdot 10^{10}$	$1.6/10^3$
0.4	-0.5	0	0	$6.6/10^5$
0.57	0	8.05	$4.2 \cdot 10^9$	$7.6/10^4$
0.8	1	10^{-11}	10^{-4}	$6.6/10^5$

Границей раздела антивещества и вещества является поверхность сферы, где $r/R_z = 0.397$. В окрестности этой границы на расстоянии $\pm 200 \text{ км}$ абсолютные значения плотности $\sim 10^{-8} \text{ г/см}^3$. Здесь происходит аннигиляция вещества и антивещества, результатом которой является излучение Солнца. Более эффективного процесса превращения массы в излучение не существует. Светимости Солнца $L = 3.8 \cdot 10^{33} \text{ эрг/с}$ соответствует потеря массы $\sim 4 \cdot 10^{12} \text{ г/с}$. За 5 млрд лет за счет аннигиляции (при постоянной светимости) потеря массы составит лишь $\sim 10^{26} \text{ г}$. Однако энергия аннигиляции расходуется не только на излучение, но и на процессы ядерного синтеза, в результате которого легкие элементы превращаются в тяжелые.

В любом случае, горячего для аннигиляции звездам хватит, чтобы светить сотни миллиардов лет. Тогда как, например, процесс термоядерного синтеза у белых карликов считается завершенным. Однако отношение значения массы антивещества к массе вещества у них такое же, как у Солнца, если расчеты проводить на основе приведенного в работе алгоритма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уиттекер Э. История теории эфира и электричества. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. – 512 с.
2. Максвелл. Дж. К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. – М.: ИТТЛ, 1954. – 688 с.
3. Планк М. Избранные труды. Сер. Классики науки. – М.: Наука, 1975. – 788 с.
4. Л. де Бройль // УФН. – 1967. – Т. 93. – С. 178–183.
5. Сарычев В. Т. // Изв. вузов. Физика. – 2013. – Т. 56. – № 9/2. – С. 25–30.
6. Heaviside O. Electromagnetic theory. – London: «The Electrician» printing and publishing company, limited, 1916. – V. 1. – 466 p.

Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия
E-mail: sarychev@mail.tsu.ru

Поступила в редакцию 27.08.15.

V.T. SARYCHEV

WHY DO STARS SHINE?

An algorithm for constructing models of stars based on a hyperbolic equation of state is proposed. The model assumes that a nucleus in stars is composed of antimatter and a shell which is composed of matter. The results of numerical calculations of density, pressure and temperature of matter and antimatter of the Sun for a spherically symmetric case are presented. Annihilation of matter and antimatter provides energy of radiation of the stars.

Keywords: stars, radiation, antimatter, annihilation.

REFERENCES

1. Uitteker E. *Istorija teorii efira i elektrichestva*. Izhevsk, NIC «Reguljarnaja i chaoticheskaja dinamika», 2001, 512 p. (In Russ.)
2. Maxell. D. K. *Izbrannye sochinenija po teorii elektromagnitnogo polja*. Moscow, ITTL Publ., 1954, 688 p. (In Russ.)
3. Plank. M. *Izbrannye trudy*. Moscow, Nauka Publ., 1975, 788 p. (In Russ.)
4. L. de Broill. *UFN*, 1967, vol. 93, pp. 178–183. (In Russ.)
5. Sarychev V.T. *Izv. Vuzov. Fizika*, 2013, vol. 56, no. 9/2, pp. 25–30. (In Russ.)
6. Heaviside O. *Electromagnetic theory*. London, "The Electrician" printing and publishing company, limited, 1916, vol. 1, 466 p.

National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia
E-mail: sarychev@mail.tsu.ru