

Б.А. Вельяминов-Воронцов

Новые звезды и галактические туманности

Москва
«Книга по Требованию»

УДК 52
ББК 22.6
Б11

Б11 **Б.А. Вельяминов-Воронцов**
Новые звезды и галактические туманности / Б.А. Вельяминов-Воронцов – М.: Книга по Требованию, 2018. – 314 с.
ISBN 978-5-458-60338-6

ISBN 978-5-458-60338-6

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2018
© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2018

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Немногие области науки о небесных светилах испытали такое бурное развитие, как область изучения новых звезд и галактических туманностей. Лет десять назад наши сведения в этой области по своей сущности были немногим обширнее, чем во времена Кеплера и Галилея. Но не одно лишь быстрое увеличение фактических знаний побудило нас посвятить целую книгу столь редким небесным объектам, какими являются новые звезды и галактические туманности. Теоретическая разработка явлений, наблюдающихся в новых звездах и газовых туманностях, тесно связана с общим развитием наших познаний во всех областях, начиная со строения звездной вселенной и кончая строением атомов. Как пример можно указать, что изучение новых звезд дало нам метод определения расстояния до далеких экстрагалактических туманностей, а изучение туманностей, связанных с этими звездами, раскрыло перед нами те свойства атомов, которые не наблюдались еще ни в земных лабораториях, ни даже в атмосферах звезд. Изучая эти объекты, мы знакомимся с наиболее удивительными формами физической материи — с наибольшими и наименьшими из известных плотностей, с наибольшими из известных температур и т. п.

Всякий новый результат в области физики звезд и туманностей является толчком к развитию наших познаний в физике и химии, а следовательно, и в технике. Техника давно ищет новых источников энергии. Мы знаем, что величайшие из них заложены в недрах атомов, но мы не знаем еще, как освободить по своему желанию эти громадные запасы энергии, и не знаем, главным образом, потому, что строение атома известно нам пока еще лишь в самых общих чертах. Как для того чтобы узнать характер человека, надо посмотреть, как он ведет себя в радости, в горе, в опасности и т. д., так и для того чтобы постигнуть строение атома, надо изучить его поведение в различных физических условиях. Между тем условия, в которые мы искусственно можем помещать атомы в земных лабораториях, имеют ничтожное разнообразие по сравнению с условиями природных, космических лабораторий, которыми являются небесные объекты. И поэтому нерушимая, хотя и извилистая нить связывает успехи изучения далеких звезд и туманностей с успехами нашего индустриального фронта.

Но и этим еще не исчерпывается интерес к достижениям наблюдательной и теоретической астрофизики в вопросе о строении и происхождении новых звезд и галактических туманностей.

Под влиянием этих открытий начинают колебаться взгляды на происхождение и эволюцию звезд, сложившиеся за последние десятилетия и казавшиеся довольно прочными. Признаки тех изменений, которые придется внести в наши представления об эволюции звездной материи, таковы: эволюция макрокосма — звезд и их систем — не всегда непрерывна и иногда, может быть, часто, происходит скачком, так же, как в микро-мире — в атомах и их системах. Противоречие в развитии звездных недр само по себе является движущим началом их эволюции, и когда эти количественные противоречия достигают определенной критической величины, звездная материя скачком приобретает новые качества. Это открытие диалектики в области явлений звездного мира крайне ценно, и в нашей книге мы пытаемся показать его в тех формах, которые нам стали доступны за последние годы.

При разработке всякой области теоретическим и опытным путем ведущую роль играет рабочая гипотеза, без которой всякие искания происходят вслепую. Положив в основу исканий определенную гипотезу, мы тем самым намечаем путь дальнейших исследований. Мы пытаемся обнаружить опытным и теоретическим путем факты, подтверждающие эту гипотезу, опровергающие или уточняющие ее. В области новых звезд и туманностей такой объединяющей гипотезы до сих пор не имелось, примеры чего неоднократно встретятся читателям на последующих страницах. Существовали только отдельные гипотезы, касающиеся преимущественно отдельных частных явлений и объектов. В большинстве из них галактические туманности и новые звезды фигурировали совершенно оторванно от всей массы звездного мира и его саморазвития. Одной из главных причин этого явилось обилие разноценного разрозненного фактического материала, еще ни разу не объединенного в одно целое, что необходимо для правильного ориентирования в сложных процессах звездной космогонии. Отсутствие такой сводки наблюдений и теорий часто порождало чрезвычайно односторонние гипотезы, оторванные к тому же друг от друга.

Если так обстоит дело в области мировой специальной литературы, то еще хуже обстоит с литературой на русском языке. За исключением некоторых частных вопросов, советские читатели знакомятся с новыми звездами и туманностями по материалам, современным изданию Литтрова „Тайны неба“ и Мейера „Мироздание“ (1899 г.).

Работая последние годы в области изучения новых звезд и галактических туманностей, автор поставил себе в этой книге две цели: дать критическую сводку существующих данных и попытаться объединить их с развитием общего познания звездной вселенной. Необходимость сделать книгу доступной возможно более широкому кругу читателей, располагающих лишь общими сведениями по астрономии и физике, заставила ряд крайне интересных вопросов затронуть весьма поверхностно. К таким вопросам относятся в частности: теория определения температуры

ядер планетарных туманностей, определение их астрофизических параллаксов, расчет ионизации атмосфер новых звезд и др. Некоторые из этих вопросов более специально изложены автором в *Астрономическом журнале* и *„Успехах астрономических наук“* за 1930 и 1931 гг., куда мы и отсылаем интересующихся. Для введения менее подготовленных читателей в круг новейших идей первые три главы посвящены общим данным о строении звездного мира и атома, а также общим методам астрофизических исследований. Лицам более ориентированным в астрономии эти главы также могут быть полезны для освежения в памяти ряда моментов, в особенности потому, что 1) они, касаясь „нормальных звезд“, помогают отчетливее представить себе общую картину, 2) освежение затронутых в них вопросов связано с последующим изложением.

Автор пытался изложить не только факты и заключения, но и по возможности пытался осветить методику новейших исследований, которая часто интересна сама по себе. В некоторых случаях это повело к неизбежному введению более трудных мест, которые читатель при желании может опустить. Более общие методы исследования, которые пришлось бы повторять в разных главах, отнесены к трем вводным главам, и к ним время от времени полезно возвращаться. Следует иметь в виду, что целью книги было вовсе не создание справочника, а лишь изложение общих идей в затрагиваемых областях.

В книгу помимо работ, опубликованных автором в специальной печати, введено значительное количество оригинальных данных, еще не опубликованных им и представляющих предварительные результаты. К таковым относятся в частности статистика звезд типа О и планетарных туманностей и др. Многие числовые данные, приводимые в связи с работами различных исследователей, перечислены заново в соответствии с новейшими данными. Исследования, произведенные за время нахождения этой книги в печати, представлены в ней в той мере, в какой это оказалось технически возможным.

Автору хотелось бы, чтобы читатели, дойдя до последней страницы этой книги, испытали хотя бы частицу того удовольствия и удовлетворения, которое получил он сам в процессе работы над книгой, собирая и систематизируя данные и намечая туманные очертания волнующих открытий будущего.

Январь 1933 г.

Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Рядовые обитатели звездной вселенной	9
Видимые яркости звезд (10). — Болومترические яркости звезд (11). — Спектральная классификация (12). — Физический смысл спектральной классификации (17). — Частота звезд разных спектральных типов (18). — Абсолютные яркости звезд (19). — Диаграмма Рёссела (20). — Спектроскопические параллаксы (21). — Дисперсия абсолютных яркостей (23). — Диаметры звезд (24). — Массы звезд (26). — Связь масс и абсолютных яркостей звезд (23). — Белые карлики (30). — Двойные звезды (32). — Вращение звезд (34). — Переменные звезды (36).	
Глава II. Архитектура и динамика звездной вселенной	38
Движения звезд (38). — Апекс Солнца (41). — Пекулярные движения звезд (43). — Видимое распределение звезд (47). — Местная система и галактика (50). — Спиральные туманности (53). — Межзвездная материя (54). — Вращение галактики (56).	
Глава III. Атомы в звездных атмосферах	60
Строение атомов (61). — Ионизация атомов (63). — Возбуждение атомов и излучение (64). — Спектральные серии (66). — Строение звездных атмосфер (69). — Химический состав звездных атмосфер (72). — Спектрофотометрия и температуры звезд (74).	
Глава IV. Звезды типа O	79
Спектры звезд типа O и их классификация (79). — Видимое распределение звезд типа O (85). — Абсолютные яркости звезд типа O (88). — Температуры звезд типа O (93). — Двойные звезды типа O и их массы (96). — Переменные звезды типа O (99). — Вращение. Итоги (100).	
Глава V. Диффузные туманности	101
Видимое распределение диффузных туманностей (102). — Связь между звездами и туманностями (106). — Переменные туманности и переменные звезды (111). — Количественная проверка гипотезы Хюббла (115). — Поглощение света в туманностях (119). — Расстояния, размеры и массы туманностей (122). — Темные туманности и межзвездная материя (125). — Диффузные туманности вне галактики (131).	
Глава VI. Планетарные туманности	133
Видимые размеры и форма (133). — Пространственная форма туманностей (137). — Яркость и спектр ядер (138). — Яркость туманностей (143). — Источник свечения туманностей (145). — Движения туманностей (146). — Вращение туманностей (147). — Внутренние движения в туманностях и гипотеза расширения (149). — Расстояния туманностей и абсолютные величины ядер (152). — Внегалактические планетарные туманности (156).	
Глава VII. Физика газовых туманностей	158
Отождествление линий спектров туманностей (158). — Условия возникновения запрещенных линий (161). — Процесс свечения туман-	

ностей (163). — Ионизация газов в туманностях (164). — Физические условия в туманностях (167). — Цвет и температура ядер планетарных туманностей (173). — Расстояния и размеры туманностей и их ядер (181).

Глава VIII. Результаты наблюдения новых звезд	187
Типичные новые звезды (187). — Открытия новых звезд (188). — Видимое распределение на небе (191). — Новые звезды до вспышки (192). — Угасание новых звезд (193). — Спектры новых звезд до максимума (196). — Спектры вблизи эпохи максимума (199). — Небулярная стадия новых звезд (204). — Конечная стадия новых звезд (207). — Цвет и температура новых звезд (211). — Туманности вокруг новых звезд (213). — Новая Живописца как кратная звезда (217). — Внегалактические новые звезды (218).	
Глава IX. Физическая природа новых звезд	226
Статистические параллаксы новых звезд (226). — Гипотетические параллаксы (230). — Изменения плотности новых звезд (236). — Гипотеза вздутия новых звезд (238). — Объяснение поздних стадий новых звезд (243). — Определение плотности небуля (248). — Причина выбрасывания газовых оболочек (250). — Происхождение новых звезд (251). — Теория Мильна (254).	
Глава X. Загадочные звезды	260
Аномальные новые звезды (260). — Звезды типа Р Лебедя (261). — Новоподобные звезды (264). — Нормальные звезды с яркими линиями (273). — Происхождение ярких линий в спектрах (275). — Происхождение ярких спектральных полос (277). — Причина выбрасывания атомов с поверхности звезд (282). — Происхождение новоподобных звезд (285).	
Глава XI. В поисках заключения	292
Вопросы космогонии (292). — Происхождение диффузных туманностей и межзвездной материи (293). — Происхождение планетарных туманностей и звезд типа О (299). — Новые звезды и звездная эволюция (300).	
Приложения	303
Каталог планетарных туманностей	304
Новая Геркулеса	310
Указатель имен	311

ГЛАВА I

РЯДОВЫЕ ОБИТАТЕЛИ ЗВЕЗДНОЙ ВСЕЛЕННОЙ

На дальнейших страницах этой книги львиная доля нашего внимания будет уделена некоторым интересным, но немногочисленным объектам, населяющим известную нам звездную вселенную. Эти исключительные как по своим свойствам, так и по своему значению объекты — новые звезды и галактические туманности — не являются раритетами, удивительными уродцами в кунсткамере многообразной природы. Едва ли теперь кто-нибудь из астрономов Старого или Нового света решится утверждать, что так называемые новые звезды, а тем более туманности, являются случайными вырожденками в бесконечно многочисленной семье звезд, образующих систему Млечного Пути. Если в отношении туманностей сразу приходит в голову их космогоническое значение, то в отношении новых и родственных им звезд сомнения в их космогоническом значении лет десять и даже менее назад были вполне законны. Теперь же с каждым годом становится все труднее и труднее приписывать этим объектам роль в развитии вселенной, пропорциональную их количеству, в каждый данный момент наблюдаемому на небе.

Природа не кунсткамера и не музей, где под стеклянными колпаками, изолированно друг от друга, выставлены напоказ типичные или уродливые ее проявления. В природе все живет, все движется, все взаимодействует и развивается, и даже если бы затронутые нами светила были уродливыми аномалиями, существование и эволюция их неизбежно влияли бы и на общий ход развития вселенной. Роль исследователя заключается в том, чтобы уяснить место этих „редких“ форм звездной материи по отношению к последовательности „типичных“ звезд, вскрыть их взаимодействие и попытаться установить их эволюцию на протяжении космических отрезков времени.

Значит, все эти, кажущиеся нам аномальными по своей природе, наиболее горячие, новые или туманные звезды находятся в среде обычных для нас звезд и связаны с ними и в прямом и в переносном смысле. Для проникновения и в строение и в эволюцию подобных „уродов“ или „больных“ необходимо самое тщательное изучение, так сказать, „рядовых обывателей“ звездной вселенной. Я позволил бы себе сказать больше: без строгого сравнительного изучения тех и других мы не получим правильного представления о строении и самодвижении как аномальных, так и нормальных

звезд, а вместе с тем и всей вселенной в целом. Едва ли кому-нибудь кажется, что все звезды совершенно похожи друг на друга, так как уже различия в их видимой яркости крайне велики. Чем „дотошнее“ исследователь, тем больше, конечно, индивидуальностей находит он у звезд, и в конце концов сейчас мы часто встречаемся с трудностями совершенно противоположного характера: большое количество как индивидуальных, глубоко различных, так и связующих переходных форм настолько велико, что иногда бывает трудно найти у звезд достаточно общих признаков, чтобы разбить их на немногочисленные группы.

Самым замечательным критерием физического состояния звезд является сейчас спектральный анализ и в особенности изучение спектральных линий. Я думаю, что пока мы не исчерпали еще и десятой доли тех возможностей, которые представляет детальное исследование линий в звездных спектрах. Едва ли в какой-нибудь другой книге наш читатель принужден будет отдать столько внимания изучению этих линий. Мы надеемся, что едва ли это ему покажется скучным — ведь это наиболее замечательные, наиболее много-речивые из существующих иероглифов. Расшифровать их — значит расшифровать увлекательнейшие повести о далеких мирах, и даже простое рассмотрение этих иероглифов, элементарная систематизация их (пока мы еще не можем их прочесть полностью) приподнимает уголок таинственной завесы, закрывающей от нас неизвестное.

Видимые яркости звезд. Наиболее простым признаком, позволяющим различать звезды, является их видимая яркость.

Визуальная яркость каждого источника света определяется суммарной световой энергией, излучаемой им в области спектра, воспринимаемой человеческим глазом. Поскольку распределение энергии в спектре самосветящегося тела зависит от его температуры и других причин, энергия, находящаяся в той части спектра, которая воспринимается сетчатой оболочкой глаза, может и не быть пропорциональной полной энергии, излучаемой телом. Можно принять, что визуальные яркости звездных объектов, воспринимаемые человеческим глазом, соответствуют яркости лучей с длиной волны 555 μ (микромикронов), испускаемых этими объектами. Эта длина волны называется эффективной длиной волны человеческого глаза и соответствует максимуму его чувствительности. Помимо визуальных яркостей пользуются еще фотографическими, определяемыми при помощи различных методов фотографической фотометрии.

Фотографические яркости соответствуют суммарной энергии лучей в области спектра, действующей на обычную фотографическую пластинку (примерно 3600—5200 $\text{\AA}$). Эти лучи для различных сортов пластинок опять-таки несколько различны, но в среднем для фотографических пластинок можно принять за эффективную длину волны 390 μ .

Звезды имеют различную окраску: красную, оранжевую, желтоватую, белую или голубоватую. Эта окраска определяется

относительным преобладанием красных или голубых лучей в спектре звезды.

Благодаря различию в восприятии глаза и фотопластики мы замечаем следующее. Белая, желтая и красная звезда на-глаз могут иметь одинаковую яркость, но на фотографии белая звезда выйдет самой яркой, желтая слабее и самой слабой выйдет красная. Различие между фотографической и визуальной яркостью светила может служить мерой цвета звезды, показателем ее цвета. Этот показатель цвета, или колор-индекс (CI), может быть выражен в числах и потому является лучшим мерилем цвета, чем неопределенные и субъективные словесные описания. Таким образом: показатель цвета = фотографическая звездная величина — визуальная звездная величина.

Для чисто белых звезд (спектрального типа A0) условно принимают, что их фотографическая и визуальная яркость равны, и так как большие звездные величины соответствуют меньшим яркостям, то показатели цвета чисто белых звезд равны нулю, для желтых и красных показатели положительны, а для голубых звезд — отрицательны.

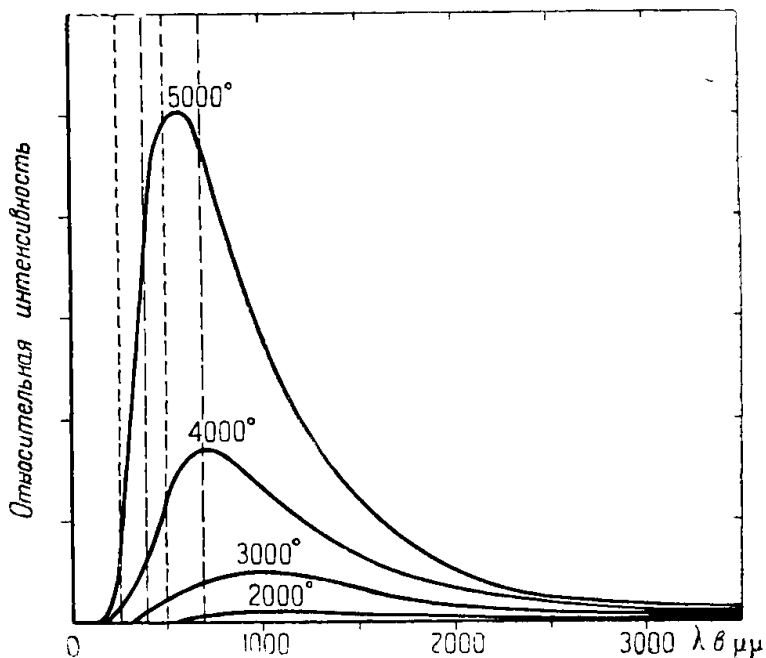


Рис. 1. Кривые распределения энергии в спектре абсолютно черного тела при разной температуре.

Болометрические яркости звезд. В астрофизике, особенно там, где идет дело о строении оболочек или недр звезд, часто употребляется термин „болометрическая звездная величина“. Болометрическая звездная величина, или болометрическая яркость, характеризует уже полную энергию светила, а не ту небольшую ее часть, которая доступна глазу или пластинке.

Излучение звезды зависит от температуры ее поверхности, однако связь между ними не линейна и выражается законом Стефана:

$$E = \sigma \cdot T^4, \quad (1)$$

т. е. полное излучение E пропорционально четвертой степени абсолютной температуры T ($\sigma = 5,72 \cdot 10^{-5}$ эрг/см² сек град⁴ есть так называемая постоянная Стефана). Поэтому звезда с температурой в 3000°, т. е. вдвое меньшей, чем у Солнца, с каждого см²

своей поверхности испускает по закону Стефана в 16 раз меньше энергии, чем Солнце (см. рис. 1). Энергия разных длин волн входит в излучение различных звезд не в одинаковой пропорции. У холодных звезд невидимая тепловая энергия составляет большую часть полного излучения, чем у горячих звезд. Звезда с температурой 3000° будет посылать тепловых лучей с большой длиной волны больше чем $1/16$ долю тех же лучей, посылаемых Солнцем. Значит, для вычисления величины достигающей наблюдателя полной энергии, посылаемой звездой (ее болометрической звездной величины), надо знать ее температуру, чтобы придать к видимой яркости соответствующую поправку за невидимые тепловые и ультрафиолетовые излучения. Эта поправка, зависящая от температуры звезды, называется болометрической поправкой. На рис. 1 представлено распределение энергии вдоль спектра звезды при разных температурах. Здесь по оси абсцисс отложены длины волн в ангстремах (ангстрем равняется одной десятой микрометра и обозначается буквой $\text{\AA}$). По оси ординат отложены соответствующие каждой длине волны величины энергии при разных температурах. Полное излучение, испускаемое при какой-либо температуре, измеряется площадью, заключенной между осями координат и соответствующей кривой. Сплошные вертикальные линии отмечают границы лучей, видимых глазом, а пунктирные линии — границы лучей, действующих на обычную фотографическую пластинку. Площади, ограниченные этими линиями, какой-либо кривой и осью абсцисс, определяют величину полной энергии, воспринимаемой глазом или пластинкой. Если бы глаз мог воспринять все невидимые им излучения, то относительная яркость знакомых нам звезд показалась бы совершенно иной.

Точные сведения о распределении энергии в спектре источника света служат более надежным мерилем его температуры, чем цвет, хотя бы и выраженный при помощи специального показателя.

В тех случаях, когда требуется знание только температуры звезд, а сами звезды слишком слабы, чтобы их спектр мог быть сфотографирован, приходится довольствоваться показателями цвета, определить которые можно и для более слабых звезд и с меньшими инструментальными средствами и с меньшей затратой времени. Особое значение показатели цвета, как суррогаты кривой распределения энергии в спектре, приобретают при изучении звезд со статистической точки зрения, когда нужен обширный, хотя бы и менее точный материал.

Спектральная классификация. В настоящее время общепринята классификация спектров, предложенная Гарвардской обсерваторией в Америке. Эта классификация основана на относительных интенсивностях темных, а в некоторых случаях и ярких линий, в спектрах звезд. Так как описание этой классификации можно встретить в большинстве пособий по общей астрономии и астрофизике, то мы его здесь не приводим, ограничиваясь помещением таблицы, иллюстрирующей эту классификацию.