

РЕДАКТОР-СОСТАВИТЕЛЬ

Владимир
СУРДИН

Звёзды

Мир небесных светил

ИЗДАНИЕ 5-Е, ИСПРАВЛЕННОЕ И ДОПОЛНЕННОЕ

Издательство АСТ
Москва

УДК 523+520
ББК 22.654
С 90

Авторский коллектив:

В. П. Архипова, С. И. Блинников, С. А. Ламзин, С. Б. Попов,
М. Е. Прохоров, Н. Н. Самусь, В. Г. Сурдин, Ю. А. Фадеев, Д. Ю. Цветков

С 90 **Звезды. Мир небесных светил** / Ред.-сост. В. Г. Сурдин. — 5-е изд.,
испр. и доп. — Москва : Издательство АСТ, 2005. — 448 с. + 8 с. цв.
вкл. ; ил. — (Понятная астро-физика)

ISBN 978-5-17-175872-1

Книга из серии «Понятная астрофизика» содержит обзор современных представлений о звездах. Рассказано о названиях созвездий и именах звезд, о возможности их наблюдения ночью и днем, об основных характеристиках звезд и их классификации. Основное внимание уделено природе звезд: их внутреннему строению, источникам энергии, происхождению и эволюции. Обсуждаются поздние стадии звездной эволюции, приводящие к формированию планетарных туманностей, белых карликов, нейтронных звезд, а также к вспышкам новых и сверхновых.

Книга ориентирована на студентов младших курсов естественно-научных факультетов университетов и специалистов смежных областей науки. Особый интерес книга представляет для любителей астрономии.

УДК 523+520
ББК 22.654

На обложке:

Планетарная туманность NGC 3132. Изображение получено космическим телескопом «Джеймс Уэбб» (STScI/NASA/ESA/CSA) 12 июля 2022 г. в ближнем инфракрасном диапазоне.

ISBN 978-5-17-175872-1

© ООО «Издательство АСТ», 2025

Звездные века человечества

В. Г. Сурдин

Так что должны мы признать,
что и солнце, и месяц, и звезды
Света метают лучи, возмещая их снова и снова,
Пламя теряя всегда, излученное ранее ими;
А потому и не верь, что они нерушимы и вечны.

Лукреций Кар. «О природе вещей»

Вот уже 400 лет технический прогресс обеспечивает непрерывное и стремительное развитие астрономии. Телескоп, спектроскоп, фотография и электроника позволили детально изучить движение и излучение небесных тел, в результате чего наши представления о Вселенной совершенно изменились. Каждое из четырех прошедших столетий обеспечивало прорыв в определенном направлении.

В XVII в. Земля потеряла уникальность: благодаря телескопу блуждающие огоньки планет превратились из «живых звезд» в удивительные миры, будоражившие фантазию естествоиспытателей. XVIII век стал веком небесной механики: ряды точных наблюдений позволили перейти от эмпирических законов Кеплера к рафинированному анализу и прогнозу движения планет на основе механики Ньютона. XIX век славен многими достижениями, но принципиальным для астрономов стало создание методов изучения звезд. Если в начале этого века были сомнения в принципиальной познаваемости недостижимых небесных тел, то к концу века астрономы поняли, как можно изучать физические условия, химический состав, движение и распределение в пространстве звезд и галактик. А наивысшим достижением XX в., без сомнения, явилась физика звезд.

Первые интуитивные попытки понять механизм работы звезды предпринимались еще в начале XX в. Но для полновесной теории внутреннего строения звезд потребовались «три кита»: точные данные о наблюдаемых параметрах звезд, теория ядерных реакций и быстродействующие компьютеры. Усилиями астрономов, физиков и инженеров-электронщиков эти три слагаемых были созданы к середи-



Рис. 1.1. Фред Хойл.

не XX в. Разумеется, запрос шел не от естествоиспытателей: теория ядерных реакций и мощные компьютеры потребовались военным. Фактически создатели ядерных бомб стали и отцами теории эволюции звезд. Нет смысла отрицать, что физика звезд — дитя атомной бомбы.

Уже первые сферически симметричные модели звезд, не учитывавшие ни вращения, ни наличия магнитного поля, ни особенностей химического состава, тем не менее в целом неплохо описывали наблюдаемые характеристики звезд. В научно-популярной

литературе часто цитируется высказывание знаменитого английского астрофизика сэра Фреда Хойла о том, что «нет ничего проще звезды». Однако вот как вспоминает эту историю английский астроном Питер Фелгетт: «Как очевидец могу сказать, что замечание о простоте звезд было сделано Фредом Хойлом (тогда еще не „сэр“) на коллоквиуме, который он проводил в старой обсерваторской библиотеке в Кембридже. Насколько я помню, фраза Хойла, произнесенная с его изумительным северным акцентом, звучала так: „В принципе, звезда имеет довольно простую структуру“. В ответ на это профессор Редман (Redman R. O.) заметил: «Вы бы тоже выглядели довольно простым, Фред, с расстояния в десять парсеков» (Fellgett, 1995).

Глубокий смысл этого замечания открывается нам постепенно. Чем детальнее мы изучаем звезды, тем более сложными выглядят их структура и поведение. Так что впору согласиться с высказыванием английского астронома Джона Брауна: «Вопреки известной реплике Фреда Хойла, звезды не так уж просты, по крайней мере когда изучаешь их с расстояния в 5 микропарсеков, как в случае с Солнцем» (Brown, 1994).

К началу XXI в. астрономы накопили колоссальный материал о свойствах и поведении звезд всевозможных типов. Базовые представления о физике звезд были подтверждены прямыми наблюдениями: современные нейтринные детекторы уверенно видят процессы, происходящие в недрах Солнца, и непосредственно фиксируют продук-

ты термоядерных реакций. В целом удалось понять и основные физические процессы, ответственные за кризисные эпохи в жизни звезд — их формирование, динамическую перестройку и гибель. Астрономам уже стало казаться, что создание картины Вселенной близится к завершению: ведь звезды всегда считались главным ее элементом. Но вдруг родилось сомнение: а так ли уж велика в эволюции Вселенной роль звезд?

Вернемся на 30 лет назад. Тогда наш крупнейший астрофизик Иосиф Самуилович Шкловский в очередном издании своего бестселлера «Звезды: их рождение, жизнь и смерть»

писал: «Если задать наивный детский вопрос, какие из космических объектов во Вселенной „самые главные“, я не колеблясь отвечу: звезды. Почему? Ну, хотя бы потому, что 97% вещества в нашей Галактике сосредоточено в звездах. У многих, если не у большинства, других галактик „звездная субстанция“ составляет более чем 99,9% их массы. Похоже на то, что плотность крайне разреженного, пока еще с достоверностью не обнаруженного межгалактического газа слишком мала, поэтому основная часть вещества во Вселенной сосредоточена в галактиках, а следовательно, в звездах... На современном этапе эволюции Вселенной вещество в ней находится преимущественно в звездном состоянии. Это означает, что большая часть вещества Вселенной „скрыта“ в недрах звезд и имеет температуру порядка десятка миллионов градусов при очень высокой плотности...».

На этом мы прервем цитату из книги Шкловского, чтобы удивиться тому, как сильно за прошедшие годы изменилось представление астрономов о составе Вселенной. Если иметь в виду среднюю плотность энергии-массы во Вселенной, то теперь уже почти нет сомнений, что около 68% ее принадлежит неведомой антигравитирующей сущности, условно называемой «темной энергией». Если же ограничиться обычной гравитирующей массой, на которую приходится около четверти средней плотности Вселенной, то примерно 27% заключено в «темном веществе» неизвестной природы и только около 5% — в обычном барионном веществе, представленном в таблице Менделее-

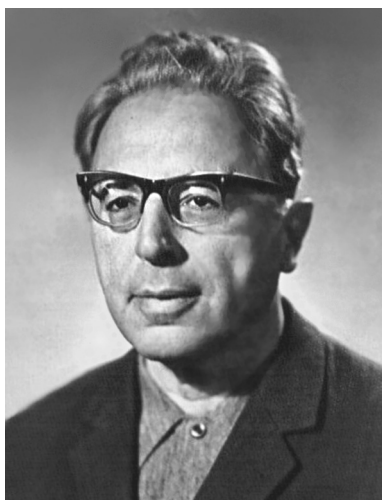


Рис. 1.2. И. С. Шкловский.

ева. Именно в эти 5% умещаются все звезды, планеты, межзвездная и межгалактическая среда. Но и в этой скромной 5-процентной группе роль звезд оказалась не самой важной. Почти 4/5 массы барионного вещества заключено в межгалактическом газе, и только 0,5% средней плотности Вселенной сосредоточено в звездах! Даже если не принимать в расчет загадочную темную энергию и непонятное темное вещество (хотя наша Галактика в основном «сделана» именно из него), то и в подгруппе обычного вещества звездам принадлежит всего около 10%. Как ни крути, но тезис о том, что Вселенная — это звезды, оказался неверным.

Следует ли из этого, что несколько десятилетий назад астрономы совершенно неверно представляли себе жизнь Вселенной? Чтобы проверить это, продолжим читать Шкловского: «Основная эволюция вещества Вселенной происходила и происходит в недрах звезд. Именно там находился (и находится) тот „плавильный тигель“, который обусловил химическую эволюцию вещества во Вселенной, обогатив его тяжелыми элементами. Именно там вещество по естественным законам природы превращается из идеального газа в очень плотный выродженный газ и даже в „нейтронизированную“ материю. Именно у некоторых звезд на поворотных этапах их эволюции может реализоваться пока еще далекое от ясности состояние „черной дыры“. Вместе с тем, если не говорить об особых, пока еще недостаточно исследованных областях, окружающих ядра галактик, звезды (в среднем) занимают около 10^{-25} объема Вселенной.

Огромное значение имеет исследование взаимосвязи между звездами и межзвездной средой, включающее проблему непрерывного образования звезд из конденсирующейся межзвездной среды. Наличие звезд подчеркивает необратимость процессов эволюции вещества во Вселенной. Ведь звезды в основном излучают за счет необратимого процесса превращения водорода в более тяжелые элементы, прежде всего в гелий. Постоянно накапливающиеся во Вселенной „инертные“ (т. е. „мертвые“) конечные продукты эволюции звезд — белые карлики, нейтронные звезды и, по-видимому, „черные дыры“ также подчеркивают необратимый характер эволюции Вселенной».

С удивлением следует признать, что к этой картине, нарисованной Шкловским полвека назад, сегодня можно добавить лишь мало существенные детали. Главным двигателем эволюции Вселенной по-прежнему считаются звезды. Происходящие в них и рядом с ними процессы по-прежнему являются основным предметом астрономических исследований. И чем глубже мы проникаем в физику звезд, тем



Рис. 1.3. Туманность NGC 3582 со сложной структурой, находящаяся в области звездообразования RCW 57. Видны плотные сгустки темной межзвездной пыли, яркие звезды, которые сформировались за последние несколько миллионов лет, поля светящегося водорода, ионизованного ими, и огромные петли из газа, сброшенного умирающими звездами. В составе вещества туманности обнаружены органические молекулы. Возможно, появление органических соединений в туманности, из которой 5 миллиардов лет назад сформировалось Солнце, сыграло роль в возникновении жизни на Земле. Изображение получено на 4-метровом телескопе «Виктор Бланко» Межамериканской обсерватории Серро-Тололо в Чили.

более разнообразной и красочной предстает перед нами их жизнь. В последнее время нередко можно встретить термин «звездный зоопарк», которым некоторые специалисты подчеркивают колоссальное разнообразие типов звезд. Реакцией на это служат попытки дать формальное определение звезде как объекту астрономической картины мира. До сих пор ни одно из определений не признано как исчерпыва-

ющее. В качестве рабочего варианта можно использовать модифицированное нами определение В. В. Иванова (Санкт-Петербургский университет): звезда – это гравитационно связанная непрозрачная для излучения масса вещества, светимость которой в основном поддерживается происходящими в ней термоядерными реакциями. Впрочем, и это определение вряд ли устоит под напором новых фактов.

Как уже было сказано, основные этапы звездной эволюции на качественном уровне астрономы поняли в 1950–1970-е гг. Количественная теория спокойных, длительных этапов эволюции одиночных звезд была создана в 1980-е гг., и тогда же выяснились качественные сценарии эволюции тесных двойных звезд. Но ключевые, переходные моменты жизни звезд, связанные с их рождением, внутренней перестройкой и гибелью, мы до сих пор понимаем лишь в самых общих чертах. Даже о процессах, происходящих на поверхности звезд (особенностях химического состава, температурных «пятнах», динамике активных областей), астрономы пока имеют лишь весьма общее представление. Что уж тут говорить о звездных недрах!

Лишь в самые последние годы стали развиваться новые удивительные методы исследования звезд. Оптическая интерферометрия позволяет теперь прямо измерять размер и даже форму звезд. Высокоточные космические фотометры открыли большие возможности перед астросейсмологией: выходящие из глубин на поверхность звезды звуковые волны изменяют структуру фотосферы, позволяя нам с помощью оптических телескопов получать информацию о звездных недрах.

Важную роль в этих исследованиях играют сейчас космические телескопы. Их угловое разрешение в десятки раз выше, чем у наземных инструментов, а спектральный диапазон вообще ничем не ограничен. Плеяда великих космических телескопов NASA: оптический «Хаббл», инфракрасный «Спитцер», рентгеновский «Чандра» и гамма-телескоп «Комптон» – открыла перед астрофизикой новые горизонты, особенно сильно обогатив наши представления о взаимодействии звезд с окружающей их околозвездной и межзвездной средой. Новых открытий мы ожидаем и от запущенного в конце 2021 г. космического телескопа ближнего/среднего инфракрасного диапазона «Дж. Уэбб» (NASA), обладающего рекордно большим объективом диаметром 6,5 м.

Для изучения внутренних процессов в звездах сейчас создаются специализированные космические инструменты. Например, запущенный 27 декабря 2006 г. ракетой «Союз» (Россия) с космодрома Байконур (Казахстан) европейский астрономический спутник COROT

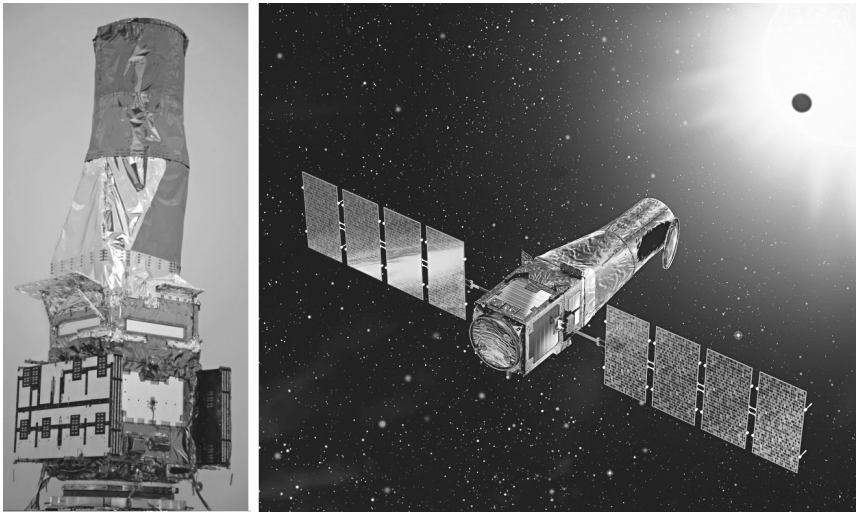


Рис. 1.4. Космический телескоп COROT: слева — подготовленный к запуску; справа — в процессе наблюдения за прохождением планеты по диску звезды (рисунок D. Ducros, CNES). Размер спутника: длина 4,1 м, диаметр 2 м (без панелей солнечных батарей). Полная масса 630 кг, масса научной аппаратуры 300 кг. Точность наведения телескопа 0,5". Мощность канала связи 1,5 Гбит/сутки. Основной вклад в создание этой космической обсерватории внес Национальный центр космических исследований Франции (Centre national d'études spatiales — CNES).

(Convection, Rotation and planetary Transits) имеет на борту телескоп диаметром всего 30 см, но обладает непревзойденной точностью фотометрических измерений звезд (поскольку его наблюдениям не мешает нестабильность земной атмосферы). COROT замечает изменение блеска солнцеподобной звезды при ее покрытии землеподобной планетой; этим методом он уже открыл несколько таких планет. Но этот инструмент очень полезен и для исследования физики звезд. Ему под силу решать задачи звездной сейсмологии, регистрируя малые колебания блеска, вызванные звуковыми волнами, идущими из недр звезды.

Наземная астрономия, ограниченная оптическим атмосферным «окном», тем не менее тоже быстро развивается, используя возможности вычислительной техники. Диаметры телескопов стремительно растут, успешно перешагнув деформационный предел пассивных зеркал, очевидно, составляющий 6 метров. Применение активной оптики уже позволило превзойти 10-метровый рубеж, и не видно препятствий (кроме финансовых) для создания 30-метрового телескопа. Кроме этого, на всех крупнейших телескопах уже второе десятиле-

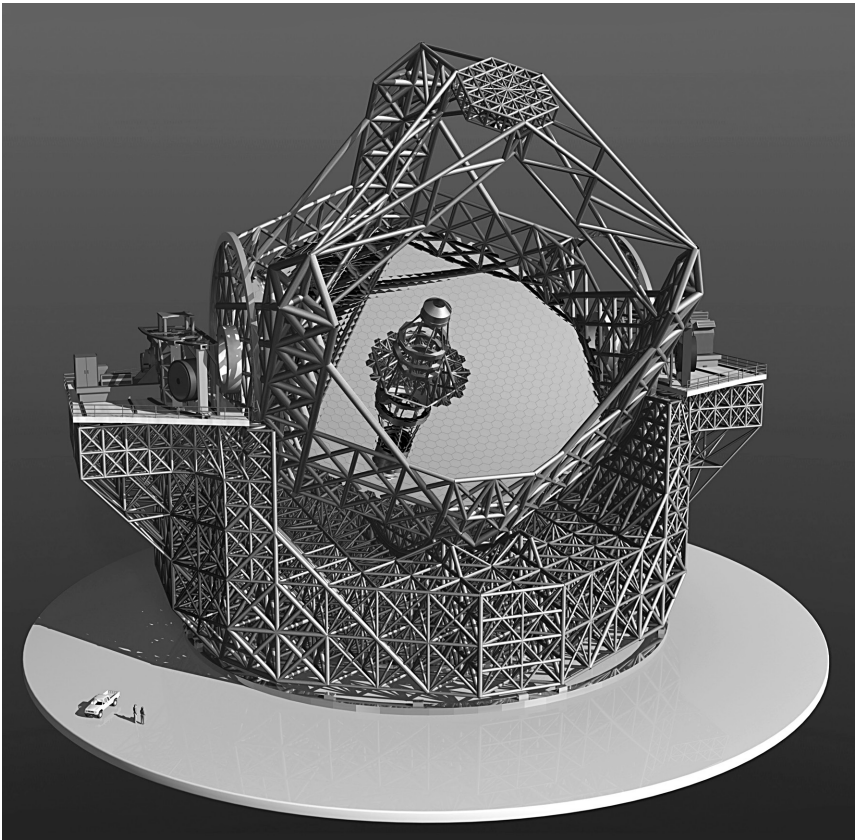


Рис. 1.5. Проект 39-метрового телескопа ELT обсерватории ESO для наблюдений в оптическом и ближнем ИК диапазонах с системой адаптивной оптики, которая позволит довести угловое разрешение до $0,001''$. Предполагается, что к 2027 г. он будет установлен в Чили на горе Армазонес высотой 3 км.

тие успешно применяются системы адаптивной оптики, восстанавливающие почти до идеального качества изображения, искаженные неоднородной атмосферой Земли. Для изучения протяженных объектов эти системы не особенно пригодны, поскольку угловой размер исправленного поля зрения весьма мал, но при изучении звезд эффективность этой технологии очень высока. Таким образом, появление доступных быстродействующих компьютеров позволило существенно увеличить как размер телескопов, так и качество даваемых ими изображений. В результате эффективность телескопов теперь возрастает существенно быстрее их стоимости.

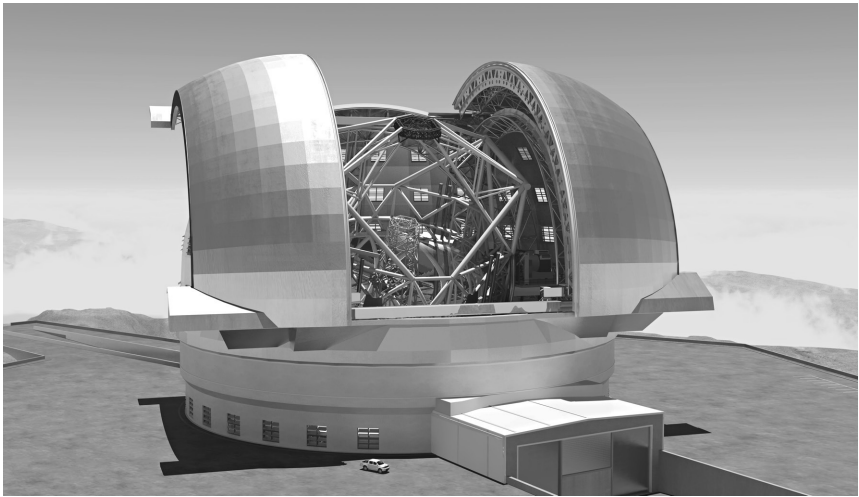


Рис. 1.6. Проект башни телескопа ELT.

Наиболее интригующие вопросы исследования звезд касаются сейчас их формирования и конечных этапов эволюции. Изучать звезду в эпоху ее рождения и в эпоху смерти сложно, поскольку на этих этапах звезда изменяет свои физические параметры в очень широком диапазоне. Протозвездный объект проходит путь от холодного межзвездного облака, состоящего из молекул и твердых частиц, до плотного плазменного шара. Умиравшая звезда распадается на слои, среди которых одни имеют ядерную плотность, а другие рассеяны до состояния вакуума. Если же происходит взрыв звезды, то плотность энергии превосходит всё, с чем сталкивались физики в лаборатории. Изучать такие экзотические объекты очень интересно, но очень сложно. Для этого требуются приборы с экстремальными характеристиками (и часто — с экстремальной ценой).

Помимо уже созданных крупных оптических телескопов 8–10-метрового калибра, грядущее десятилетие обещает нам два новых грандиозных инструмента: оптический телескоп ELT (Extremely Large Telescope) с составным главным зеркалом диаметром 39,3 м и радиointерферометр ALMA (Atacama Large Millimeter Array) миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов. Оба инструмента создает Европейская южная обсерватория (ESO). В то время как оптический гигант пока лишь проектируется, радиотелескоп уже строится. Его сооружают на плато Чакнантор в северной чилийской пустыне Атакама, на высоте 5100 м. Это одно из самых сухих мест на Земле, идеально подхо-

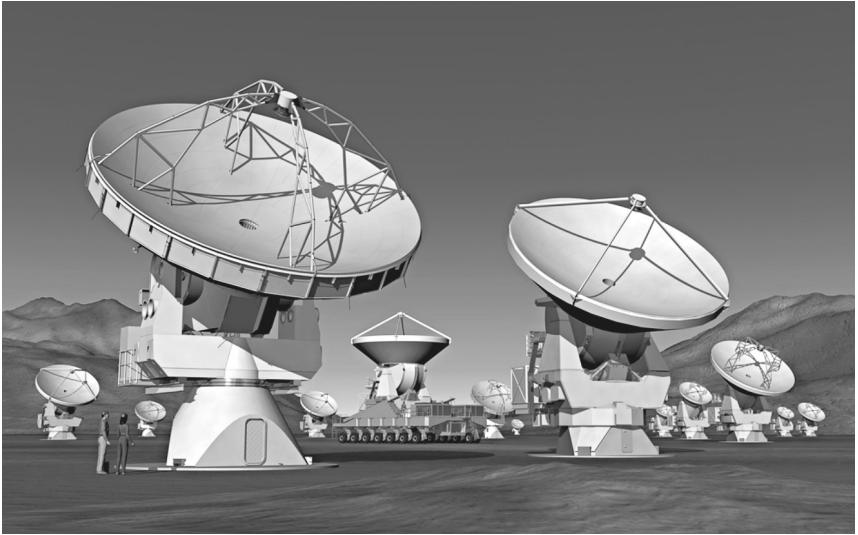


Рис. 1.7. Многоантенный радиотелескоп ALMA в Чили состоит из 64 параболических рефлекторов диаметром по 12 м каждый. Имея возможность перемещаться, они смогут располагаться на расстояния от 150 м до 14 км друг от друга.

дящее для наблюдений в коротковолновом диапазоне. Проект ALMA начат в 2003 г.; первые антенны были поставлены в 2007 г., а первый двухантенный интерферометр заработал в 2008 г. Полностью система завершена в 2013 г. В техническом смысле ее отличает не только рекордная для астрономических сооружений высота (где человеку весьма нелегко работать), но и рекордные характеристики оборудования. Ее приемники фиксируют излучение в диапазоне от 30 до 950 ГГц, до сих пор не исследованном. А специализированный компьютер-коррелятор обрабатывает сигналы от антенн со скоростью $1,6 \cdot 10^{16}$ (16 миллионов миллиардов!) операций в секунду.

Еще одним важным прорывом в области астрономических наблюдений стала их автоматизация, также ставшая возможной благодаря внедрению компьютеров. На современных обсерваториях автоматизировано практически всё: подготовка программы наблюдений, контроль погоды, открытие башни телескопа и его наведение на объект, выполнение наблюдений и обработка их результатов. Еще недавно остряки ехидно замечали, что осталось лишь автоматизировать подготовку статей к печати, и астроном сможет не вставать с дивана. Однако за последнее время удалось продвинуться и в этом направлении: при наблюдении кратковременных явлений, требующих бы-

строго подключения дополнительных инструментов (например, при исследовании оптического послесвечения гамма-всплесков), телескопы обмениваются информацией через интернет без участия человека. Фактически это не что иное, как автоматическая экспресс-публикация результатов наблюдений. Впрочем, не замечено, чтобы астрономы стали проводить больше времени на диване.

Применение автоматических телескопов для патрульных наблюдений приносит неожиданные находки. Некоторые звезды, казавшиеся ранее абсолютно стабильными, демонстрируют кратковременные вспышки. Самым потрясающим и до сих пор загадочным явлением остаются гамма-всплески, часть из которых, несомненно, связана с катастрофами массивных звезд в далеких галактиках. Повышенное внимание астрофизиков к наиболее мощным взрывам во Вселенной объясняется как минимум двумя причинами: во-первых, до сих пор загадочен источник их энергии и не ясно, как ведет себя вещество в столь экстремальных условиях, а во-вторых, взрывы звезд — это самые мощные маяки, просвечивающие насквозь почти всю Вселенную и помогающие изучать динамику ее самых удаленных областей. Особенно много внимания в связи с этим уделяется сейчас вспышкам сверхновых типа Ia, как считается, эталонным источникам света для всех космологических эпох, позволяющим измерять фотометрические расстояния до самых далеких галактик. В каждой отдельной галактике эти события происходят редко — примерно раз в столетие, поэтому накопить данные об этих явлениях можно лишь путем систематического наблюдения множества далеких галактик.

Результат автоматизации поиска сверхновых поражает. К примеру, скромный телескоп КАИТ (Katzman Automatic Imaging Telescope) диаметром всего 0,76 м на Ликской обсерватории в Калифорнии теперь ежегодно открывает около 80 сверхновых; это существенно больше, чем еще недавно обнаруживали все обсерватории мира. Каждую ясную ночь КАИТ автоматически фотографирует избранные участки неба, получая в неделю около 7000 изображений галактик. Свежий портрет каждой галактики автоматически сравнивается с ее предыдущими снимками для выявления кандидатов в сверхновые. И только на последнем этапе подключаются люди: студенты-астрономы просматривают подозрительные изображения для отбраковки следов астероидов, а также треков высокоэнергичных заряженных частиц (космических лучей), попадающих в ПЗС-матрицу. В принципе и этот этап работы тоже можно было бы автоматизировать, но для студентов это полезная практика (Ratcliffe, 2008).

Раз уж речь зашла о наблюдении сверхновых, то нелишним будет еще раз подчеркнуть роль звезд в изучении Вселенной. Несмотря на свой микроскопический вклад в массу нашего мира, звезды по-прежнему дают нам наилучшую информацию о нем. Знания о первых сотнях тысяч лет эволюции Вселенной приносит реликтовое излучение, историю следующих миллиардов лет мы изучаем по звездам. Самое поразительное открытие в космологии за последние 40 лет — ускорение расширения Вселенной — сделано путем наблюдения за вспышками сверхновых звезд в далеких галактиках. Если это открытие безоговорочно подтвердится, то перед физикой откроются совершенно новые горизонты.

Таким образом, эпоха изучения звезд отнюдь не близится к завершению. Напротив, уникальные свойства звезд позволяют все полнее использовать полученные о них знания для развития других наук. Сегодня звезды — это и объект изучения, и уникальная космическая лаборатория.

Где еще мы сможем исследовать поведение вещества в магнитных полях с напряженностью в тысячи раз выше внутриатомной? Только у намагниченных нейтронных звезд плотность энергии поля доходит до 10^{11} Тл (10^{15} Гс), что соответствует массовому эквиваленту плотности поля в полсотни тонн на кубический сантиметр! Где, если не у поверхности черных дыр, можно исследовать квантово-гравитационные эффекты? Какой источник релятивистских частиц может сравниться со взрывом сверхновой? В конце концов, как, не разобравшись до конца в эволюции звезд, мы сможем предугадать судьбу нашего Солнца, а значит, и свою собственную судьбу? Все это делает науку о звездах лидером астрономических исследований.

Литература

- Шкловский И. С. Звезды: их рождение, жизнь и смерть. М.: Наука, 1977.
Brown J. C. // The Observatory. 1994. Vol. 114. P. 124.
Fellgett P. B. Simple stars // The Observatory. 1995. Vol. 115. P. 95.
Ratcliffe M. State of the Universe 2008: New images, discoveries, and events. Springer and Praxis. 2008. P. 174.



Глава 2

Небо звезд и созвездий

В. Г. Сурдин

2.1. Что такое созвездие

Одно из древнейших понятий современной астрономии, до сих пор не вышедшее из употребления, — это созвездие. Само слово «созвездие» (лат. *constellatio*) в прямом смысле означает «коллекция (или группа) звезд». В астрономии этот термин претерпел определенную эволюцию и приобрел свое окончательное значение сравнительно недавно — менее века назад.

Но уже много тысяч лет назад люди начали выделять на ночном небе выразительные группы звезд — астеризмы, которые помогали запоминать узор звездного неба и с его помощью ориентироваться в пространстве и во времени. Именно астеризмы стали предшественниками созвездий. В быту мы и сейчас, как правило, называем созвездиями лишь наиболее яркие, выразительные, легко запоминающиеся группы звезд. Довольно долго и астрономы не задумывались о точных границах созвездий, хотя и включали в них не только яркие, но и окружающие их тусклые звезды. Однако с изобретением телескопа (XVII в.) и особенно фотографии (XIX в.) возникла проблема: для изучения оказались доступны миллионы звезд, которым надо было давать обозначения, включающие имена созвездий, а точных границ созвездий не существовало. Поэтому астрономы решили поделить весь небосвод на площадки с точно установленными и легко воспроизводимыми границами, стараясь при этом не сильно отступать от исторической традиции.

Впрочем, у каждого народа были свои традиции деления звезд на созвездия. Заметно различалось даже количество традиционных созвездий: у древних европейцев их были десятки, у китайцев — сотни. Очевидно, слишком крупные созвездия как небесные ориентиры не имеют смысла, а слишком мелкие и многочисленные трудны для запоминания, да и ярких звезд на все не хватило бы. Используемые современными астрономами созвездия в большинстве своем включа-