

523.8
ф

ПОПУЛЯРНО-НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА



В. Г. ФЕСЕНКОВ

ЗВЕЗДЫ

Государственное Издательство

МОСКВА - - 1924 - - ЛЕНИНГРАД

ПОПУЛЯРНО-НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА

В. Г. ФЕСЕНКОВ



ЗВЕЗДЫ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛЕНИНГРАД

1924



ВВЕДЕНИЕ.

В безлунную ночь, вдали от огней и пыли больших городов, небо кажется усеянным множеством светил. Теперь, как и тысячи лет тому назад, над горизонтом поднимаются все те же созвездия и плавно совершают свой путь по небесному своду. Так же, как и раньше, выделяются между ними блуждающие светила — планеты, принадлежащие к нашей солнечной системе и обращающиеся вместе с нашей Землей вокруг Солнца. На западном или на восточном горизонте по-прежнему появляется время от времени яркая Венера — Геспер и Люцифер Гомера, горит красноватым светом Марс, ровно светит желтоватый Юпитер, медленно перемещаясь между созвездиями, и свинцовый Сатурн — олицетворение смерти — ежегодно показывается на полуночном небесном своде. Почти скрываясь в солнечных лучах, иногда мелькает Меркурий, быстро перемещаясь с одной стороны Солнца на другую и являясь на короткое время то вечерней, то утренней звездочкой.

Эти немногие планеты, доступные невооруженному глазу были известны еще в глубокой древности. Со времени великих исследований Коперника, Кеплера и Ньютона известно, что они представляют тела, подобные нашей Земле, так же, как и она, светят светом, заимствованным от Солнца, и, описывая вокруг него свои круговые пути, вместе с ним несутся в бесконечном пространстве к неведомой цели. Звезды, усеивающие небесный свод множеством мерцающих огней, принадлежат к образованиям высшего порядка. Человеческой мысли нужно было сделать огромное усилие, чтобы привыкнуть к представлению о том, что каждая из бесчисленных звездочек представляет собою светило, по большей части превосходящее размерами и силой света наше Солнце, и что лишь невообразимо громадные расстояния, отделяющие от нас эти светила, обуславливают их

слабый свет. Труды ряда поколений астрономов показали, что вселенная представляет собою бесконечное пустое пространство, в котором кое-где разбросаны отдельные солнца, окруженные вероятно, планетами, которым они дают свет и тепло, необходимые для развития жизни. Эти светила, как и наше Солнце, не являются чем-то неизменным и неподвижным. Каждая звезда летит в пространстве со скоростью многих верст в секунду, и только краткая продолжительность человеческой жизни и дальность расстояния не позволяют нам заметить это вечное движение. Каждая звезда совершает определенный цикл развития, который она проходит более или менее ускоренным темпом в зависимости от своей массы. В этом кратком очерке мы постараемся изложить историю развития звезд и обрисовать строение нашей звездной вселенной, как она представляется нам по современным исследованиям.

1. Созвездия. Видимое и собственное движение звезд.

Уже первобытные люди, обращая внимание на небо, невольно соединяли отдельные звезды в группы — созвездия, в которых они видели фигуры обыденных предметов, зверей, птиц и людей. Отдаленная аналогия, напоминающая ту или другую фигуру в расположении звезд, способствовала этому. Так и теперь во внешних очертаниях облаков мы ищем иногда изображение какого-либо животного или предмета. Раньше при отсутствии точного календаря, при неимении средств определять время, человечество обращало гораздо больше внимания на звезды, и не будет преувеличением сказать, что в древние времена вид звездного неба был гораздо лучше известен рядовому обывателю, чем теперь. Поэтому возникновение названий первых созвездий теряется в глубокой древности. Такие созвездия, как всем известная Большая Медведица, вращающаяся вокруг небесного полюса, никогда не погружаясь под горизонт, Орион с его блестящими звездами, ярко бросающимися в глаза зимой на южной стороне небесного свода, Большой Пес и его главная звезда Сириус, тесная кучка Плеяд, Гиady и др. упоминаются независимо и в древних библейских книгах, и у Гомера, и у Гезиода за три тысячи лет до нашего времени.

В «Илиаде» Гомера мы читаем:

Неутомимое Солнце и круглый сверкающий месяц,
Также и звезды, что свод необъятного неба
венчают,
И Орион, и Плеяды, семеро дочерей Атласа,
Тесная кучка Гиад и Медведица, что Колесницы
Прозвище носит. Свой оборот вкруг небесного
вала свершая,

На Ориона она око свое устремляет
И лишь одна из бесчисленных светочей неба
Не поникает челом золотым в глубину океана.

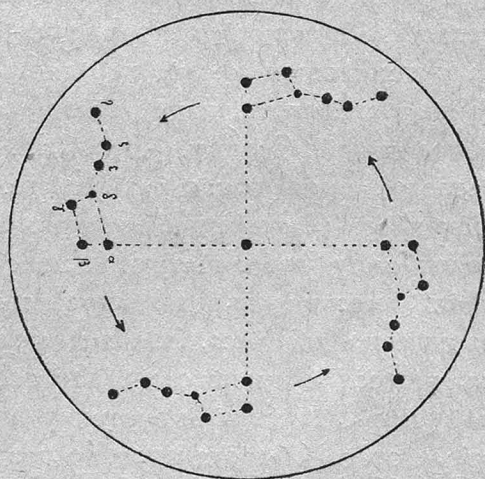
Упоминание о других созвездиях: Драконе, Геркулесе, Северном Венце, Змееносце, Скорпионе, Близнецах и вообще о большинстве созвездий северного неба встречается несколько позднее и восходит до Эвдокса, за три столетия до начала нашей эры. Остальные созвездия, главным образом, южного неба, исследованного сравнительно в недавнее время, с началом кругосветных путешествий, образованы позднейшими составителями небесных атласов, именно Байером, Гевелием, Лакайлем, в XVII и XVIII столетиях. Некоторые из них оказались лишь эфемерного существования и вошли в другие группировки.

Эти созвездия, в особенности, наиболее бросающиеся в глаза, иногда в воображении различных народов подвергались самым неожиданным превращениям. Так, Большая Медведица уже во время Гомера называлась Колесницей; повидимому, до этой эпохи семь наиболее ярких звезд этого созвездия назывались семью волами, и поэтому находящееся рядом с ним созвездие с яркой звездой Арктуром было названо Волопасом или Боотесом. В воображении арабов Большая Медведица превратилась в гроб, образованный четырьмя звездами, составляющими неправильный четырехугольник. Впереди него три звезды — хвост Большой Медведицы или дышло колесницы — рассматривались, как плакальщики, которые, по обычаю арабов, идут впереди гроба. Первая звезда до сих пор называется Бенетнаш, что по-арабски значит предводитель плакальщиков. Таким образом созвездия несут в себе отпечаток различных культур, когда-то существовавших во всем блеске, а теперь канувших в вечность. В настоящее время знание созвездий необходимо лишь для общей ориентировки по небу. Другого значения оно не имеет. Давно уже миновало время, когда созвездиям и планетам приписывалось таинственное влияние на человеческую судьбу и когда составители карт не стеснялись изменять положения звезд, чтобы более удачно нарисовать небесную фигуру.

Самое поверхностное наблюдение в течение какого-нибудь часа времени показывает, что небесная сфера со всеми созвездиями плавно вращается с востока на запад. Не стоит дока-

зывать, что это происходит вследствие вращения земного шара вокруг оси, которое мы, связанные с земной поверхностью, не можем заметить. Если бы мы могли удалиться в междупланетное пространство и наблюдать оттуда Землю, то сразу заметили бы это постоянное вращение, подобно тому, как с Земли мы видим вращение других планет нашей солнечной системы, рассматривая их в телескоп.

Точка небесного свода, которая находится на продолжении оси земного шара, называется небесным полюсом и не участвует в суточном движении. Она неподвижно находится над горизонтом, и высота ее зависит от положения наблюдателя на земной поверхности. Другой конец оси упирается в противоположную точку в южном полушарии — южный полюс, который всегда скрыт под южным горизонтом. Вокруг оси, соединяющей эти оба полюса, происходит видимое круговое движение всех звезд. Большой круг, разделяющий небесную сферу на две половины и проходящий на равных расстояниях от обоих полюсов, называется небесным экватором, подобно тому как земной экватор делит всю Землю на два полушария, северное и южное, и проходит на равных расстояниях между земными полюсами.



Фиг. 1. Суточное обращение Большой Медведицы вокруг полюса.

Звезды, расположенные близко к полюсу, описывают вокруг него маленькие круги и никогда не скрываются за горизонт. Около самого северного полюса находится довольно яркая звезда — Полярная или альфа Малой Медведицы, которая кажется почти неподвижной, так как описывает очень маленький круг в течение суток. Эта звезда приблизительно определяет направление на северный полюс и уже в древности служила мореплавателям для определения стран света в открытом море.

Менее бросается в глаза годичное движение небесного свода. Всякий, обращающий внимание на небо, знает, что в

различные времена года небо усеяно различными созвездиями. Летом на юге блесит созвездие Орла с яркой звездой Аль-таиром, с арабского Аб-эль-наسر-эль или аль-таир, что значит летящий орел. К началу осени в тот же час вечера видно созвездие Рыб, а в декабре их место занимает величественный Орион. Причина этого годичного перемещения заключается в видимом движении Солнца по небесному своду. В течение года Солнце описывает большой круг, немного наклоненный к небесному экватору, и то поднимается над ним, то уходит в южное полушарие, производя этим смену времен года. Мы не можем видеть этого перемещения Солнца между звездами. Только во время полного солнечного затмения можно видеть недалеко от нашего центрального светила наиболее яркие звезды на потемневшем фоне небесного свода. Однако, мы можем точно определить, какие звезды лежат в стороне, прямо противоположной Солнцу. Это — те, которые в полночь кажутся расположенными как раз на юге, на большом круге, проходящем через зенит и полюс мира. В течение месяца Солнце проходит одну двенадцатую часть своего пути; поэтому по истечении месяца определенное созвездие оказывается на юге раньше на два часа. Это видимое движение Солнца есть лишь кажущееся и происходит, как всем известно, от того, что земной шар летит по круговому пути вокруг Солнца, при чем время этого оборота принято равным году и положено в основу календаря.

Остановимся несколько на видимом движении Солнца между звездами, которое нам рассматривать удобнее, чем действительное движение Земли в пространстве. Каждый год в начале весны Солнце пересекает небесный экватор, возвращаясь в северное полушарие, и тогда день равен ночи. Эта точка экватора называется поэтому точкой весеннего равноденствия. Через шесть месяцев после этого в начале осени Солнце снова пересекает экватор в точке осеннего равноденствия, уходя на этот раз в свое странствование по южному полушарию. Этот видимый путь Солнца между звездами, пересекающий небесный экватор в двух равноденственных точках, называется эклиптической. Созвездия, расположенные вдоль эклиптики и называемые зодиакальными, известны с глубокой древности, потому что они служили для приблизительного определения положения Солнца. Их двенадцать, и они располагаются в следующем по-

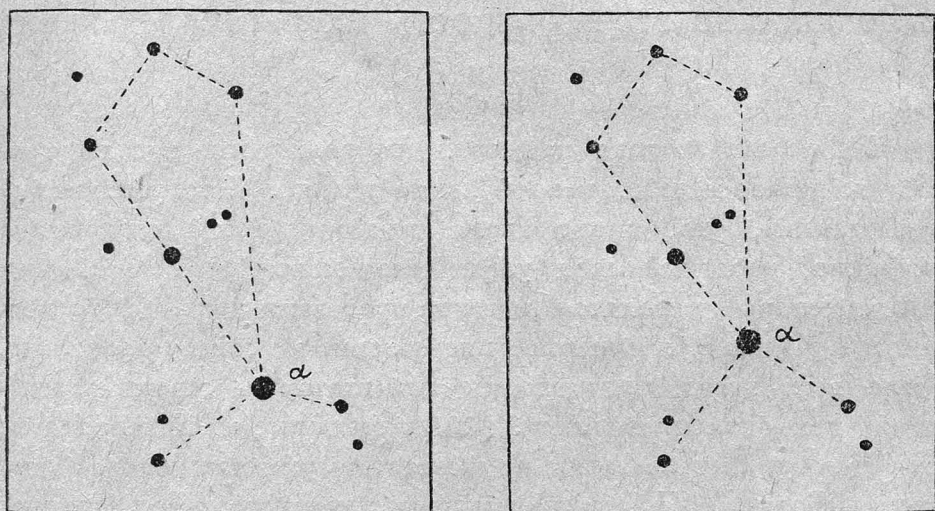
рядке: Овен, Телец, Близнецы, Рак, Лев, Дева, Весы, Скорпион, Стрелец, Козерог, Водолей, Рыбы, — образуя знаки Зодиака, которые раньше назывались «домами Солнца» или «месячными резиденциями Аполлона», потому что наше дневное светило каждый месяц находится в каком-нибудь из этих созвездий. В начале весны Солнце находится в Рыбах, в начале же осени, когда оно начинает спускаться в южное полушарие, оно приходит в созвездие Девы. Еще в древности замечено, что точка весеннего равноденствия, т.е. пересечение экватора с эклиптической, не сохраняет неизменного положения между звездами. Она медленно скользит по эклиптике с левой руки направо, проходя в год приблизительно одну тридцатую часть лунного поперечника. Вследствие такого попятного движения равноденственной точки Солнце приходит в нее раньше, чем оно успеет завершить полный круг на небе. Это явление называется процессией или предварением равноденствий и было открыто Гиппархом за 120 лет до начала нашей эры. Мы не видим такого отступательного перемещения самого экватора вдоль эклиптики, потому что для нас, связанных с земной поверхностью, положение его на небе не может измениться. Нам кажется поэтому, что зодиакальные созвездия медленно движутся в обратном направлении, постепенно переходя одно за другим через равноденственную точку. Это видимое движение звезд совершается чрезвычайно медленно, и требуются столетия для того, чтобы оно могло броситься в глаза. Полный цикл такого движения совершается в 26.000 лет.

Около трех тысяч лет тому назад, когда, вероятно, эти созвездия были выделены первыми наблюдателями, точка весеннего равноденствия находилась в созвездии Овна, которое поэтому и до сих пор считается первым из зодиакальных созвездий. Теперь Овен значительно ушел в северное полушарие, а его место на экваторе занято созвездием Рыб. В недалеком будущем, через какую-нибудь тысячу лет, точка весеннего равноденствия перейдет в Водолея, который, следовательно, вступит на экватор, а созвездие Девы, находящееся около противоположной точки осеннего равноденствия, напротив, опустится вниз и перейдет в южное полушарие. Таково вековое движение созвездий, покрывающих небесный свод. Двадцать шесть тысяч лет тому назад, когда точка весеннего равноденствия занимала такое же положение, как теперь, ни одно из

человеческих племен на земле не поднялось еще на ступень культуры, характеризующую развитием письменности и зачаточным состоянием наук, хотя приготовление каменных орудий и добывание огня уже было известно. Кто знает, что будет представлять человечество при следующем возвращении равноденственной точки!

Все движения, описанные до сих пор, являются лишь видимыми, происходящими от движения в пространстве самой Земли, которое лишь отражается для нас на небесном своде. Поэтому все созвездия в целом разделяют такое движение. Но, кроме этих видимых движений, которые для нас не существовали бы, если бы мы не были связаны с Землей, звезды имеют движение, свойственное им самим. Правда, движение это чрезвычайно медленно, и потребовались точные средства современной науки, чтобы его открыть. Только в семнадцатом столетии современник Ньютона Галлей показал, что положение яркой звезды в созвездии Волоса — Арктура — изменилось по отношению к другим звездам. С того времени установлено, что каждая звезда движется в том или другом направлении, при чем более яркие звезды перемещаются по небесному своду, вообще, с большей скоростью, так как в среднем они находятся к нам ближе, и их движение, поэтому, легче заметить. При точных приборах современной астрономии достаточно сравнить фотографические снимки, разделенные промежутком всего только в несколько лет, для того, чтобы открыть подобное перемещение. Вообще говоря, это собственное движение звезд не может быть замечено невооруженным глазом в течение одной человеческой жизни. Самые быстрые звезды как, например, наблюдавшаяся англичанином Грумбриджем или открытая недавно американским астрономом Барнардом «летающая» звезда, перемещаются едва на одну шестую долю лунного поперечника за шестьдесят лет, т.-е. за среднюю продолжительность человеческой жизни. Другие звезды движутся в десятки и сотни раз медленнее, не говоря уже про светила, едва доступные нашим телескопам, которые настолько удалены, что не показывают почти никакого смещения. Но вообразим, что это движение совершается неизменно в течение тысяч и сотен тысяч лет. Не трудно представить себе, что за достаточный промежуток времени весь вид небесного свода окажется измененным, и очертания созвездий станут совершенно неузнавае-

мыми. Человеческий род существует на Земле, примерно, 100.000 лет, считая с эпохи последнего ледникового периода. Если бы мы мысленно перенеслись в эту отдаленную эпоху, то не узнали бы привычных нам созвездий. Большая Медведица не имела бы своего очертания ковша с длинной ручкой, а представляла бы неправильное собрание далеко вытянутых



Фиг. 2. Созвездие Волоса теперь и за 3.000 лет до нашей эры.

звезд, а блестящий Арктур, сияющий оранжевым светом, оказался бы совсем в другой части небесного свода. И тем не менее, в истории нашей планеты, которая насчитывает многие миллионы лет, этот период развития человеческого рода есть не больше, как один момент.

2. Количество звезд, яркость их и распределение на небе.

На первый взгляд кажется, что количество звезд, усеивающих ночное небо, невообразимо велико. Это усиливается впечатлением, что, кроме звезд, видимых глазу совершенно явственно, небесный свод усеян множеством едва мерцающих светил, которые находятся почти за пределами зрительного восприятия. Однако, это первое впечатление не совсем правильно. Число всех звезд, видимых простым глазом на северном полушарии, немногим превышает 3.000. Некоторые из них довольно яркие и могут быть заметны при светлых сумерках вскоре после захода Солнца. Но таких, однако, немного. Большинство звезд слабо светятся и число их быстро увеличивается по мере уменьшения их яркости. Уже древние наблюдатели, как, например, греческий астроном Гиппарх, составивший первую опись звезд по их яркости и расположению на небе (120 л. до нашей эры), различали звезды шести различных величин. Наиболее яркие звезды считались ими первой величины, а самые слабые какие только возможно было различить простым глазом, — 6-й величины. Это подразделение звезд по величинам сохранилось и до настоящего времени. Следующая табличка показывает, какое число звезд разных величин находится на северном полушарии неба.

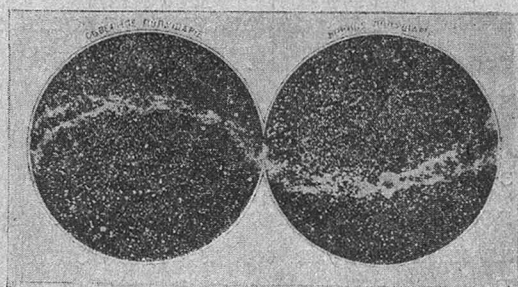
	Число.
1-й величины . .	7
2-й » . .	16
3-й » . .	66
4-й » . .	218
5-й » . .	717
6-й » . .	2089

Число звезд каждой следующей величины приблизительно втрое больше числа предыдущей. Все эти звезды разбросаны по небесному своду почти равномерно, лишь местами образуя отдельные группировки. По большей части они светят белым светом, меньшее количество испускает желтоватый цвет, и лишь отдельные звезды светят красным светом. Такова, на-

пример, звездочка в созвездии Цефея, недалеко от северного полюса мира, и звезда в Зайце к югу от блестящего созвездия Ориона, которое напоминает две капельки крови. Других оттенков среди звезд не существует. Нужно, правда, оговориться, что часто, особенно при беспокойном состоянии атмосферы и низком положении звезды над горизонтом, кажется, что она переливается всеми цветами радуги, вспыхивая то красным, то зеленым, то синим светом. Эти смены оттенков, однако, несвойственны самой звезде, но производятся беспокойным состоянием воздуха.

Вот в немногих словах все, что мы можем узнать об окружающей нас вселенной, наблюдая звездное небо простым глазом. Без сильных инструментальных средств мы не могли бы идти дальше, будучи связаны ограниченностью своих чувств.

Настоящее изучение звездного неба началось только со времени открытия телескопа, или зрительной трубы. Когда было сделано это замечательное изобретение, достоверно неизвестно. Имеются некоторые указания, что устройство телескопа было уже описано в 1558 году. Точные данные о его появлении



Фиг. 3. Северное и южное полушария, содержащие видимые простым глазом звезды.

относятся к 1608 году, когда он был предложен голландскому правительству оптиком Гансом Липперстеймом, а в следующем году был независимо от него изобретен Галилеем, бывшим в то время профессором в Падве. Телескоп Галилея напоминает современный театральный бинокль и состоит из двух стекол, одного выпуклого и другого вогнутого. Последнее наблюдатель приставляет к глазу, а первое направляет на предмет. Постепенно совершенствуя свой телескоп, Галилей довел увеличение его до 30 раз. Современные трубы, снабженные всевозможными приспособлениями, имеют поперечник до 1 метра, и увеличение их может быть доведено до 1.000 и более раз.

Галилею, во всяком случае, принадлежит та честь, что он первый направил телескоп на небо. За этим последовали, как и нужно было ожидать, замечательные открытия. На Луне

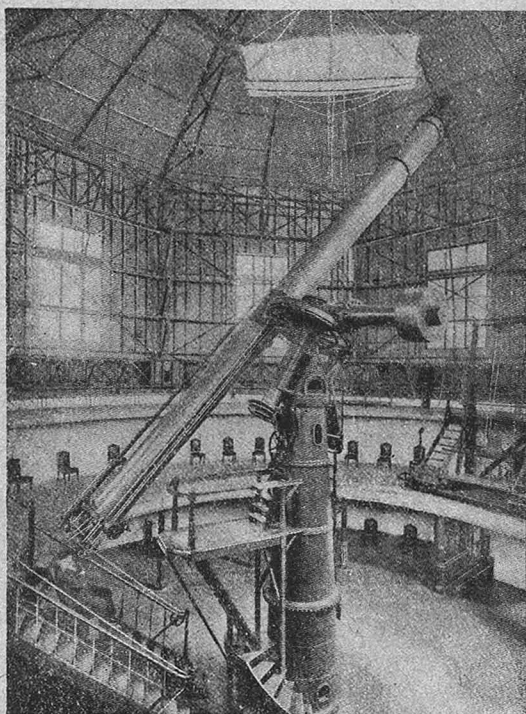
Галилей открыл горы и определил их высоту по тням, которые они отбрасывают на лунную поверхность; у Венеры он обнаружил ее фазы, подобные тем, какие имеет Луна, и доказал этим, что Венера есть темное тело, вращающееся вокруг Солнца и светящееся лишь отраженным светом; у Юпитера, который в миниатюре представляет Солнце с его планетами, он нашел четыре спутника; направив свой телескоп на звездное небо, он увидел огромное число звезд, не доступных для простого глаза. Бледная полоса Млечного Пути, опоясывающая все небо, оказалась во многих своих частях состоящей из множества звезд, в своей совокупности дающих слабое свечение, различаемое нами невооруженным глазом. С этого времени для астрономии началась новая эпоха. Явилась возможность более точным образом определить положение звезд на небе, соединив телескоп с измерительным прибором; изобретение фотометра дало возможность определять яркость звезд, а спектроскоп, изобретенный в начале XIX столетия, позволил проникнуть в их химическую природу.

Наиболее простой способ исследования распределения звезд на небесном своде заключается просто в подсчете их количества, видимого в поле зрения данного телескопа в различных частях неба. Подобные подсчеты производил Вильям Гершель и нашел, что в то время, как звезды, видимые простому глазу, распределяются на небе приблизительно равномерно, слабые телескопические звезды увеличиваются в числе по направлению к Млечному Пути. Чем ближе к Млечному Пути, тем число их больше. Например, в поле зрения телескопа Гершеля, которое выделяло участок неба в половину поперечника Луны, в самом Млечном Пути оказалось 82 звезды, а около полюсов его только 3. В промежуточных областях неба число звезд правильно увеличивается по мере приближения к Млечному Пути. Это показывает, что Млечный Путь имеет особое значение в строении нашей звездной вселенной. Небесный экватор, эклиптика, по которой движется Солнце по небесному своду, имеют значение лишь для нашей Земли и для нашей планетной системы. Для всего же мироздания, доступного нашему восприятию, основной плоскостью служит Млечный Путь и к нему видимым образом скапливаются звезды.

Измерение яркости звезд, видимых простым глазом, при помощи особого прибора—фотометра показало, что звезды пер-

вой величины в 2,5 раза ярче звезд 2-й величины, эти, в свою очередь, в 2,5 раза ярче звезд 3-й величины и т. д. Звезды 6-й величины, последние еще доступные простому глазу, оказались в 100 раз слабее самых ярких звезд, т.-е. звезд первой величины. Телескоп позволил продолжить эти измерения и для слабых звезд, что вместе с тем увеличило его значение, как средства, обладающего способностью проникать в бездны междузвездного пространства. Последние звезды, которые можно еще заметить при помощи самых могущественных приборов нашего времени, относятся к 20-й величине, т.-е. они почти в миллион раз слабее звезд 6-й величины. И каждый раз, когда оптическая сила трубы увеличивается, за уже открытыми светилами появляются новые в еще большем количестве.

Общее число всех звезд, видимых в современные телескопы, невообразимо велико и должно исчисляться сотнями миллионов. Но даже в небольшие трубы их можно видеть сотни тысяч. Профессор Боннского Университета Аргеландер и его сотрудник Шёнфельд определили положение и яркость всех звезд до 9-й величины и нанесли их на карты. Этих звезд оказалось свыше 300.000. В настоящее время ведется международная работа по составлению фотографического каталога всех звезд на небе до 11-й величины. Когда она будет закончена, мы будем иметь точные положения миллионов звезд, что даст драгоценный материал для суждения в будущем об изменениях, постоянно совершающихся на небе, и о строении звездной вселенной.



Фиг. 4. Большой рефрактор
Пулковской обсерватории.

3. Звездные расстояния. Действительная яркость звезд.

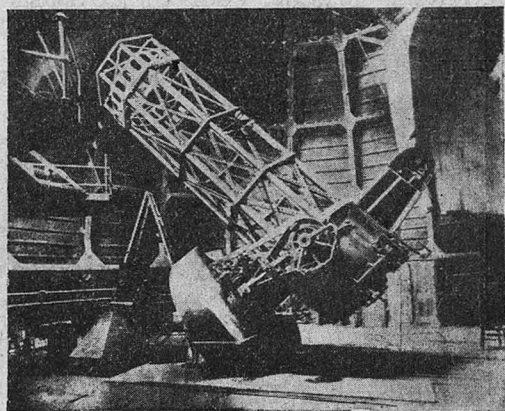
Одним из главных препятствий для утверждения системы Коперника, согласно которой Земля вместе с другими планетами вращается по круговым орбитам вокруг неподвижного Солнца, служило то, что человеческий ум не был достаточно подготовлен, чтобы представить себе неизмеримость вселенной. Действительно, если Земля движется вокруг Солнца на расстоянии, как известно, 149.500.000 километров и по истечении полугода оказывается в точке, удаленной от исходной на двойную величину, равную поперечнику ее орбиты, т.-е. на 299.000.000 км., то, очевидно, что одни и те же звезды должны казаться нам в различных направлениях. Видимое положение звезд на небе должно поэтому меняться и тем больше, чем ближе к нам находится данная звезда. Ведь звезды не являются прикрепленными к небесному своду. Положение звезды на небе определяет только направление, по которому она видна с Земли. Если поэтому смотреть на звезду с двух разных точек земной орбиты, то направление на нее, как сказано, должно быть различным. Это, однако, совершенно незаметно. Сам Коперник объяснял это тем, что расстояния звезд от нашей солнечной системы огромны по сравнению с ее размерами. Как трудно было освоиться с такой мыслью, видно из того, что знаменитый астроном Тихо Браге, живший семьдесят лет спустя после Коперника, допускал вращение всех планет вокруг Солнца, но предполагал, что Солнце со всеми планетами движется вокруг неподвижной Земли. Это избавляло его от необходимости допускать огромные расстояния звезд.

Независимо от этого вопроса, благодаря трудам Кеплера и особенно Ньютона, система Коперника получила всеобщее признание. Движения планет, кажущиеся с Земли такими запу-

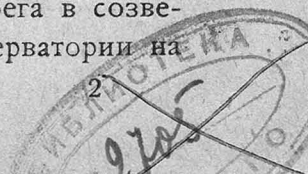
танными, ещё более загадочные движения комет были блестяще разъяснены, но прямое следствие из факта движения Земли вокруг Солнца — видимое перемещение звезд — все еще оставалось необнаруженным. Ряд выдающихся астрономов, начиная с Гука, современника Ньютона, пытались точными измерениями установить это так называемое параллактическое смещение звезд, но безуспешно. В таком положении дело находилось до того времени, пока кенигсбергский астроном Бессель не получил от лучшего оптика своего времени Фраунгофера инструмент новой системы, предназначенный для наиболее тонких измерений положений звезд, и не применил его к определению звездных расстояний. Для разрешения этого векового вопроса Бессель выбрал маленькую, едва видимую простым глазом, в созвездии Лебеда звездочку, имевшую значительное собственное движение. В тысячу лет эта звезда перемещается на $3\frac{1}{2}$ лунных поперечника. Бессель считал, что сами по себе звезды могут быть весьма различной яркости, так что видимая величина звезды еще ничего не говорит о ее расстоянии. Собственное же движение представляется тем больше, чем звезда ближе. В декабре 1838 года Бессель опубликовал результаты своих годовых наблюдений. Звезда действительно меняла свое положение, отражая движение Земли вокруг Солнца. Из величины этого перемещения, которое Бессель определял по отношению к соседним звездам, следовало, что эта звезда находится от нас в 600.000 раз дальше, чем Солнце. Таким образом впервые были определены звездные расстояния. В первый раз астрономы услышали известие о том, что лот, брошенный умелой рукой, действительно коснулся до дна.

Почти в то же время В. Я. Струве, работавший с телескопом того же Фраунгофера на Юрьевской обсерватории, определил подобные же перемещения яркой звезды Вега в созвездии Лиры, а Гендерсон, бывший директором обсерватории на

Звезды.



Фиг. 5. 60-дюймовый рефлексор Вильсоновской обсерватории.



мысе Доброй Надежды, нашел то же самое для главной звезды в созвездии Центавра в южном полушарии. Его работа была опубликована только два месяца спустя после работы Бесселя. Звезда в Центавре оказалась самой близкой из известных нам звезд. Попробуем наглядно представить себе эти огромные расстояния. Известно, что свет распространяется в пространстве со скоростью 300.000 километров в секунду. Чтобы перелететь с Солнца на Землю, он должен употребить 8 минут 40 секунд. Для того же, чтобы достигнуть нас со звезды в Центавре, он должен лететь в течение почти четырех лет. Со звезды в Лебеде он идет к нам около 6 лет, а с яркой Веги — свыше 30 лет.

С этого времени, благодаря усовершенствованным приборам, сделались возможными измерения расстояний многих звезд. Найдены звезды, свет от которых идет к нам десятки и сотни лет, но главная масса звезд лежит от нас так далеко, что световой луч при всей своей скорости только в тысячи и десятки тысяч лет может достигнуть до нас. Если где-либо в междוזвездном пространстве произойдет какое-либо изменение, вспыхнет, например, новая звезда, подобная той, которая светила в течение нескольких месяцев в 1918 году в созвездии Орла, мы узнаем об этой гигантской катастрофе лишь много лет спустя. Вообразим, что какой-либо астроном наблюдает нас со звезды, удаленной на расстояние 100 световых лет или, приблизительно, на один триллион километров. Он видел бы в этот самый момент события, происходившие сто лет тому назад, сопровождающие Наполеоновские войны.

При таких огромных расстояниях может показаться удивительным, что мы, вообще, можем видеть звезды. Путешественники со снежных вершин Пиринейских гор едва в состоянии различать на горизонте слабо вырисовывающийся массив Альп. Лишь при особенно благоприятных условиях едва выделяется белая шапка Монблана, обычно совершенно невидимая, несмотря на чрезвычайную прозрачность горного воздуха, почти лишенного пыли. Между тем, несмотря на огромные расстояния, свет от самых слабых звезд доходит до нас, повидимому, нисколько не поглощаясь на своем пути. Мы должны заключить отсюда, что междוזвездное пространство почти совершенно пусто. В нем кое-где разбросаны отдельные звезды, летящие по различным направлениям. Нормальное состояние вселенной есть

ночь. Мы имеем день только благодаря тому, что находимся близко около одной из звезд.

Можно задать себе вопрос, какова была бы яркость Солнца, если удалиться от него на расстояние ближайшей звезды. На основании фотометрических наблюдений известно, что Солнце посылает нам в 465.000 раз больше света, чем полная Луна, в 6.082 миллионов раз больше света, чем Вега, в 1270 миллионов раз больше, чем Сириус.

Если удалиться от Солнца на расстояние вдвое большее, то видимая яркость его уменьшится в четыре раза. На тройном расстоянии яркость уменьшится в $3 \times 3 = 9$ раз и т. д. Мы говорим, что видимая яркость светила изменяется обратно пропорционально квадрату его расстояния. Если теперь мы мысленно поместим Солнце на расстоянии Альфы Центавра и определим соответствующую яркость, то найдем, что Солнце будет нам казаться звездочкой почти одинаковой с ней яркости. Если Солнце удалить на расстояние Веги, оно покажется в 120 раз слабее последней; значит, действительная яркость Веги гораздо больше нашего Солнца. Таким же образом найдем, что Сириус на самом деле светит в 30 раз сильнее Солнца и т. д. Существуют звезды, светящие слабее Солнца, но по большей части они превосходят его по яркости. Это—новое следствие, которое можно вывести, зная расстояния, отделяющие звезды друг от друга. Мы видим с несомненностью, что не только наша Земля,— об этом теперь было бы странно и говорить,— но и Солнце, властвующее над всей системой планет, не занимает в звездном мире какого-нибудь привилегированного положения. Солнце есть лишь одна из звезд, тысячами усеивающих небесный свод. В огромной армии неба Солнце—лишь простой солдат.

4. Температура и химический состав звезд.

Уже Ньютону было известно, что обыкновенный белый луч имеет сложный состав. Пропустив солнечный свет, исходящий из круглого отверстия, через стеклянную призму, он увидел вместо белого пятна длинную цветную полосу, состоящую из всех цветов радуги, начиная с красного и кончая фиолетовым. Соединение всех таких цветов составляет обыкновенный свет Солнца. Такая световая полоса называется спектром. Вместо одного изображения отверстия мы имеем целый ряд их самых разнообразных цветов, налагающихся друг на друга и дающих упомянутую цветную полосу. Если вместо круглого отверстия взять тонкую щель, то спектр будет состоять из множества изображений щелей разных цветов, сливающихся вместе в одну полосу, в которой, однако, цвета будут чище, так как при достаточно малой ширине щели ее изображения не будут налагаться одно на другое. Простой прибор — спектроскоп — позволяет получать спектры от каких угодно тел. Он имеет следующее устройство. Через щель, освещаемую каким-нибудь светящимся телом, проходят лучи, которые затем пропускаются через двояковыпуклое стекло и параллельным пучком падают на призму, поставленную на столике так, чтобы острый край призмы был параллелен щели. Пройдя через призму, они преломляются и разлагаются на составные цвета и широким пучком входят в зрительную трубку, в которой дают изображение спектра. Через глазное стекло трубы спектр можно рассматривать и изучать. Красные лучи преломляются, т. е. отклоняются от своего первоначального направления, меньше всего, фиолетовые — больше всего. От этого свойства лучей разных цветов неодинаково отклоняется призмой и зависит явление спектра. Давно уже известно, что раскаленные твердые или жидкие тела дают в спектроскопе сплошную цветную

полосу. Спираль электрической лампочки, поток расплавленного чугуна дают непрерывный спектр. Напротив, газы, раскаленные или светящиеся под влиянием электрических разрядов, дают в спектре только отдельные яркие линии. Если, например, в бесцветное пламя газовой горелки ввести кусочек поваренной соли, пламя окрасится в желтый цвет, и в спектроскопе покажется яркая желтая линия, представляющая изображение щели. Если разреженный водород заставить светиться в трубке, пропускающей через нее электрический ток, то спектроскоп покажет несколько светлых линий — красную, зеленую и две фиолетовых. Это свойство дает возможность определить природу светящегося тела. Если, направляя спектроскоп на какое-нибудь неизвестное и недоступное нам тело, мы увидим только светлые линии, это покажет, что данное тело состоит из газа. Если мы увидим сплошную разноцветную полосу, это будет означать, что тело — твердое или жидкое. Но остановимся сначала на свойствах сплошного спектра.

Всякий знает, что если мы будем постепенно нагревать какое-нибудь вещество, например, раскалять кусок железа или пропускать ток через тонкую проволоку, то сначала появится красный цвет, примерно, при температуре 500°C . В спектроскопе мы увидим только красную часть спектра. Нагревая вещество все больше и больше, мы заставим его светить сначала желтым, а затем, при наивысшей степени нагревания, ослепительно ярким белым светом. Спектроскоп соответственно этому будет показывать, как постепенно прибавляются недостающие цвета, пока, наконец, перед нашими глазами не окажется вся полоса до крайнего фиолетового цвета во всем своем развитии. Таким образом распределение яркости в различных частях спектра и сила его света зависят от температуры. Чем последняя выше, тем больше примешивается синих и фиолетовых лучей. Современная физика указывает, какова эта зависимость. Благодаря этому мы имеем возможность, измеряя яркость различных цветов спектра, определять температуру раскаленного вещества, производящего этот спектр. Эти определения могут быть проверены в известных пределах, так как температуры многих веществ можно определять и другими способами.

По отношению к звездам указанный оптический способ является, конечно, единственным, так как все, что мы знаем о

них, приносится нам только их светом, пронизывающим необъятные пространства.

Солнце и звезды, как оказывается, дают спектр сплошной, подобно раскаленным твердым или жидким телам. Что же дает исследование их спектра? Легко заметить, что в солнечном спектре фиолетовая часть развита сильнее, чем в каком угодно земном источнике света. Даже Вольтова дуга, в которой мгновенно плавятся и обращаются в пары всевозможные металлы, температура которой доходит до 3000° Ц, уступает в этом отношении солнечному свету. Мы должны заключить, что температура Солнца должна быть еще выше. Точное исследование показывает, что эта температура равна 6000° .

Применить тот же способ к звездам гораздо труднее, потому что свет их в миллионы раз слабее солнечного. Только современные гигантские телескопы могут собрать достаточное для этого количество света. Вильзинг на Потсдамской обсерватории близ Берлина недавно закончил определение температуры многих звезд видимой нами части неба. Он получил, что белые звезды, которых на небе большинство, имеют температуру около 10000° . Многие из них раскалены до 20000° и выше. Температура желтых звезд значительно ниже и подходит к температуре Солнца. Наконец, красные звезды еще холоднее; их температура около 3000° . Это — наименьшая температура, которая, вообще, была найдена для звезд. Само собой разумеется, что существуют всевозможные переходы между этими пределами.

И в этом отношении Солнце ничем не отличается от других звезд. По силе света и по температуре оно уступает большинству из них.

Эти результаты могут вызвать некоторые сомнения. Мы уже сказали, что сплошной спектр производится раскаленными твердыми или жидкими телами. Но можно ли думать, что при 20000° хотя одно из известных нам тел не превратится в газ? Солнце и звезды должны целиком состоять из раскаленных газов. Но почему же, в таком случае, они дают сплошной спектр? На этот вопрос не трудно ответить. Физические опыты показывают, что блестящие линии, видимые в спектрах газов, кажутся такими только при обыкновенных условиях. Если мы заключим газ в сосуд и будем его сдавливать, спектральные линии начнут расширяться и при очень большом давлении распространятся на весь спектр. Из всего этого надо

заключить, что свет, доходящий к нам от звезд, излучается не только с их поверхности, но, главным образом, с известной глубины, на которой царят огромные давления.

Вот те заключения, которые можно сделать на основании изучения цветной полосы, представляющей звездный свет после прохождения его через призму.

Но спектр небесных светил дает ключ к разрешению и других загадок, которые, казалось, навсегда останутся неразгаданными.

Английский физик Волластон, пропустив солнечный свет через узкую щель, заметил в сплошном спектре Солнца семь темных поперечных линий. На эти линии сначала не обратили особенного внимания. Первый начал изучать их Фраунгофер, который нашел в спектре Солнца не семь, а целые тысячи линий и составил его первую карту. По его имени эти линии были названы фраунгоферовыми. Некоторые наиболее заметные линии Фраунгофер избрал, если можно так выразиться опорными вехами. Он измерил расстояние между ними при помощи измерительного инструмента и назвал их главными буквами латинского алфавита. Но Фраунгофер не остановился на этом. Направив спектроскоп с узкой щелью на Луну и планеты, он и в их спектре нашел те же самые темные линии. Когда же он перешел к звездам, то картина изменилась. Характер спектров был иной, различные звезды давали спектры с различными линиями, и в этом разнообразии таился залог дальнейших научных завоеваний. Какова же причина, производящая фраунгоферовы линии? Это открытие связано с именем Кирхгофа, хотя в данном случае, как и при других великих открытиях, успех подготавливался коллективной работой современников и сделался уже неизбежным, помимо того или другого индивидуального усилия. Мы уже говорили, что крушинка поваренной соли, введенная в пламя горелки перед щелью спектроскопа, дает одну желтую линию. Эта линия обуславливается металлом натрием, который входит в состав соли. Если мы поместим за пламенем горелки какое-нибудь тело, раскаленное до белого свечения, так, чтобы свет от него проходил через пары натрия перед вступлением в спектроскоп, то увидим на ярком фоне непрерывного спектра, даваемого раскаленным телом, темную линию как раз в том месте, где находилась светлая линия натрия. Отсюда видно, что газ обладает свой-

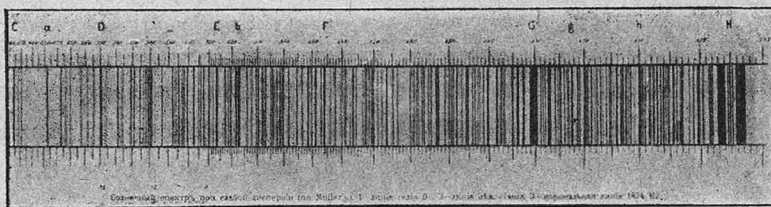
ством поглощать как раз те лучи проходящего через него света, которые он сам испускает при той же температуре. В этом заключается известный закон Кирхгофа. Нельзя ли в таком случае предположить, что раскаленное тело Солнца, состоящее из сжатых газов, дающих непрерывный спектр, окружено атмосферой с более низкой температурой? В этой атмосфере плавают раскаленные пары различных химических элементов, и через нее проходит к нам солнечный свет, прежде чем достигнуть земного наблюдателя. Солнечная атмосфера поглощает различные лучи, которые сама способна испускать, и производит явление фраунгоферовых линий. Если бы можно было устранить самое Солнце и наблюдать одну его атмосферу; если бы можно было увидеть, как темные фраунгоферовы линии делаются при этом светлыми, то этим был бы буквально повторен опыт Кирхгофа со всей его доказательной силой. В редкие моменты полных солнечных затмений мы действительно можем констатировать это явление. Когда блестящий диск Солнца закроется, наконец, постепенно надвигающейся на него Луной, мы еще можем заметить на несколько секунд тонкую оболочку нижних слоев солнечной атмосферы. В момент начала полного затмения мы видим, что темные фраунгоферовы линии внезапно начинают сверкать ярким светом на потемневшем фоне непрерывного спектра. Такую картину впервые наблюдал Юнг в 1878 году, и его наблюдения дали прямое доказательство правильности выводов Кирхгофа и других физиков, работавших над тем же вопросом.

Таким образом установлено, что если в солнечной атмосфере имеется какой-нибудь элемент, то присутствие его может быть открыто по темным линиям в солнечном спектре, которые должны совпадать со светлыми линиями того же элемента, изучаемого в лаборатории. Так появилась возможность определять химический состав небесных светил, изучая расположение их спектральных линий. Перед наукой открылись новые возможности, о которых недавно не могли и мечтать. Так, известный философ девятнадцатого столетия Огюст Конт выражал убеждение, что химический состав Солнца и звезд навсегда останется неизвестным человечеству. Прошло едва несколько десятков лет, и небесная химия стала совершившимся фактом.

Теперь предстояло точно установить, какие же вещества находятся на небесных светилах. Прежде всего был изучен

спектр солнца. Сам Кирхгоф составил карту спектра длиною в 8 футов, на котором нанесены тысячи линий и указаны их интенсивности. Роланд, американский физик, построил более усовершенствованные приборы и составил по своим наблюдениям карту солнечного спектра, которую пришлось сделать длиною в 20 метров, чтобы поместить все наблюдаемые линии. Но это была только половина работы. Параллельно с этим необходимо было изучить спектры всевозможных химических элементов при различных условиях свечения, превращая их в газы и вызывая свечение или посредством пропускания электрического тока, или при помощи Вольтовой дуги. На это потребовалась работа не одного поколения физиков.

Ценой этой упорной работы было установлено, что на Солнце существует большинство из известных нам веществ. Раскаленные газы железа, носящиеся в солнечной атмосфере,



Фиг. 6. Солнечный спектр.

производят сотни фраунгоферовых линий. Все они совпадают с яркими линиями паров железа, наблюдающихся в земных условиях. Водород, важнейшая составная часть воды, наиболее легкий газ, присутствует в большом количестве и на Солнце. Резко бросается в глаза темная линия в желтой части спектра, принадлежащая натрию, о которой мы уже говорили. Рядом с ней расположена довольно тонкая линия, принадлежащая газу гелию, открытому первоначально на Солнце, а затем найденному и на Земле в минерале клевеите. Это — инертный газ, по легкости мало уступающий водороду. В настоящее время он начал вырабатываться в большом количестве для наполнения воздушных шаров вместо водорода. В химии звезд этот газ играет чрезвычайно важную роль. Далее, элемент кальций, из которого сложены на Земле целые известковые горы и который является необходимой составной частью живых организмов, производит, носясь в солнечной атмосфере, несколько резких и широких

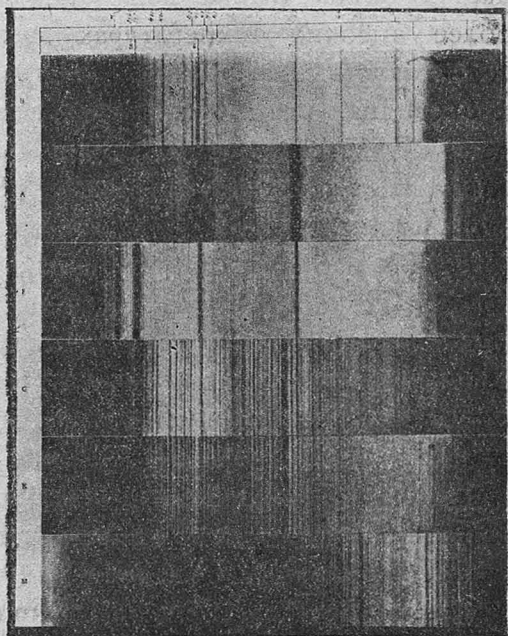
линий в фиолетовой части спектра. Из других элементов, найденных на Солнце, можно упомянуть медь, цинк, алюминий, серебро, свинец, никкель, углерод, хром и другие. Не найдены до сих пор золото, ртуть, фосфор, азот, сера, висмут, но отсюда еще нельзя заключить, что они действительно отсутствуют на Солнце. Не нужно забывать, что мы можем наблюдать только поверхностные слои Солнца до небольшой глубины и что перед нами смесь самых разнообразных веществ. В спектре такой смеси одни элементы гораздо легче дают линии излучения, чем другие. Достаточно, например, ничтожной крупинки соли, чтобы появилась линия натрия. От нее положительно невозможно избавиться, потому что соль носится везде в воздухе, хотя и в минимальных количествах, и сам экспериментатор, содержащий соль в своем организме, уже обуславливает появление натриевой линии. В то же самое время другой элемент, входящий в состав соли, хлор, не показывает так легко своего спектра.

Изучение спектров звезд представило гораздо большие трудности. При современных гигантских телескопах возможно изучать фраунгоферовы линии для звезд не ниже 8-й величины. Но и эти звезды далеко лежат за пределами, доступными простому глазу. Мы должны прежде всего подчеркнуть тот замечательный факт, что, несмотря на все видимое разнообразие звездных спектров, в них не найдено ни одной линии, которая не находилась бы в солнечном спектре. Отсюда вытекает важный вывод. Химическая природа материи, рассеянной на громадном протяжении, доступном для наших инструментов, везде одинакова. На едва мерцающей слабой звездочке, свет от которой, несясь со скоростью 300 тысяч километров в секунду, употребляет десятки и сотни лет, чтобы достигнуть до нас, нет ни одного вещества, которое не было бы известно нам и не входило бы, как составная часть, в наше Солнце. Таким образом спектроскоп, направленный на небо, открыл нам великий факт единства материи во всей вселенной. Если — что очень вероятно — вокруг какого-нибудь отдаленного Солнца носится послушная свита планет, заимствующих от него свет и теплоту, то у нас нет основания думать, что жизнь, развившаяся на этих планетах, примет какие-нибудь другие формы, в корне отличные от наших. До сих пор мы видели, что Солнце есть одна из неизмеримого числа звезд. Теперь же спектроскоп

дал нам почувствовать нашу родственную связь с остальной вселенной.

Перейдем теперь к описанию в общих чертах звездных спектров. Несмотря на все их разнообразие, они могут быть распределены по группам, постепенно переходящим одна в другую, при чем оказывается, что главным фактором, определяющим характер звездного спектра, является температура. Наиболее горячие звезды, светящиеся белым светом, отличаются резкими линиями гелия. В них хорошо заметен и водород, который иногда дает яркие линии, вследствие своей высокой температуры. Линии, производимые металлами, едва заметны.

Из того, что мы знаем об условиях свечения Солнца, нужно заключить, что эти звезды окружены обширными и плотными оболочками из наиболее легких газов — водорода и гелия, остальные же элементы, находясь в более глубоких слоях, почти недоступны для наблюдения. За ними следуют водородные звезды, названные так потому, что в их спектрах линии водорода доминируют над всеми остальными. Гелий почти незаметен. Хорошо видны линии металла кальция, но они еще тонки. Линии других металлов многочисленны, но очень слабы по сравнению с водородными.



Фиг. 7. Звездные спектры.

В звездах еще более низкой температуры, примерно в $7000 - 8000^{\circ}$, составляющих переходную ступень от белых к желтым звездам, линии кальция так же резки, как и линии водорода. Дальше следуют желтые звезды, вполне напоминающие наше Солнце по виду своего спектра. Линии кальция в них очень резки. Много линий металлов. Водород занимает второстепенное место. В оранжевых звездах с температурой

около 5000° многие линии металлов усилены, и они напоминают по своему спектру солнечные пятна, которые, как известно, имеют температуру значительно ниже видимой поверхности Солнца. В конце ряда находятся желто-красные и красные звезды. Их спектр теряет уже свой обычный вид. Вместо непрерывной полосы, перерезанной тонкими линиями, мы видим целые полосы поглощения, размытые то к красному, то к фиолетовому концу спектра. Водород, гелий и кальций отсутствуют. Температура их настолько низка, что в атмосферах этих звезд образуются химические соединения элементов, а именно, наблюдается окись титана или углеводороды, что невозможно при более высоких температурах звезд, описанных выше. Связь температуры с характером спектральных линий настолько ясна и очевидна, что можно без специальных измерений яркости разных частей спектра, прямо по виду спектральных линий, говорить о температуре звезды. Звезды одинаковой температуры имеют и одинаковые спектры.

Для нас во всем этом важно то обстоятельство, что звезды состоят из одних и тех же веществ, которые только проявляются различным образом в зависимости от физических условий, главным образом от температуры. Иезуитский патер Секки первый дал классификацию звездных спектров, основанную на температурном признаке, которая действительно является естественной классификацией, охватывающей все звезды. Она была развита Фогелем на Потсдамской обсерватории, но особенное развитие получила в Америке, где, благодаря трудам Гарвардской обсерватории, были сфотографированы и определены свойства многих десятков тысяч звездных спектров.

5. Определение скоростей и расстояний звезд по спектральным линиям. Скорость Солнца между звездами.

Изложенным выше еще не исчерпывается то богатство новых сведений о звездной вселенной, которое дает нам изучение спектров. В середине XIX столетия Допплер показал, что тон, который издает звучащее тело, меняется при его движении. Если, например, по направлению к нам быстро несется паровоз, все время производя свист, то тон этого звука внезапно меняется и делается ниже в тот момент, когда паровоз, пронесясь мимо нас, начнет удаляться. Причину этого не трудно себе представить. Звук производится воздействием воздушных колебаний на наш слуховой аппарат, — колебаний, совершающихся в направлении распространения звука. Чем число колебаний больше, тем тон звука кажется нам выше. Туго натянутая струна колеблется быстро и производит высокий тон, натянутая слабо колеблется медленно, и если число ее колебаний не менее 32 в секунду, мы воспринимаем их как низкий, глухой звук. Если звучащее тело движется к нам, то число звуковых колебаний, достигающих нас за то же время, увеличивается, и мы воспринимаем это, как повышение тона. Совершенно то же происходит и со светом. Свет мы воспринимаем благодаря воздействию на наш глаз колебаний эфира, чрезвычайно тонкой, но упругой среды, которая, как предполагают, заполняет все мировое пространство. Световые колебания совершаются только не по продольному, а по поперечному направлению, по отношению к световому лучу. Каждая линия в спектре производится колебаниями в эфире определенной частоты. Для того, чтобы мы могли воспринять свет нашей сетчатой оболочкой, число колебаний эфира должно заключаться между 400 и 750 триллионов в секунду. Колебания более медленные, обусло-

вливающие излучения, лежащие за красной частью спектра (инфракрасные) или, напротив, совершающиеся быстрее показанного предела и лежащие за фиолетовой частью (ультрафиолетовые), уже совсем не воспринимаются глазом, но могут быть обнаружены другими способами: инфракрасные — своим тепловым воздействием, ультрафиолетовые — способностью производить химические реакции, в частности, действовать на фотографическую пластинку.

Вообразим, что источник света движется по направлению к наблюдателю, или, наоборот, наблюдатель движется к источнику света. Совершенно так же, как это было сказано о звуке, наблюдатель воспримет за то же время большее число световых волн, чем это было бы, если бы он оставался в покое. Частота световых колебаний увеличится, и все линии в спектре переместятся к фиолетовому концу его. Понятно, что при удалении от нас источника света произойдет противоположное явление — все линии переместятся к красному концу спектра. Это перемещение чрезвычайно мало, и требуется большая скорость приближения или удаления, чтобы его можно было заметить. Первые измерения перемещений линий в спектре звезд, по сравнению со спектрами земных источников света, неподвижных по отношению к наблюдателю, были сделаны на Гринвичской обсерватории, но не дали хороших результатов. Только применение фотографии в 1888 году дало возможность Фогелю, бывшему директором Потсдамской обсерватории, определить смещение спектральных линий ярких звезд и вычислить отсюда их скорости приближения или удаления, так называемые радиальные скорости, с точностью до 3 километров в секунду.

В настоящее время инструменты и способы определений значительно усовершенствовались. Ликская обсерватория, расположенная в Калифорнии на горе Гамильтон, и её отделение в Чили предприняли под руководством профессора Кэмпбелла систематическое определение радиальных скоростей всех звезд северного и южного полушария до 8-й величины, доступных для их спектроскопических аппаратов. В этой работе принимают участие многие другие обсерватории, как, например, обсерватория на горе Вильсон в Америке, в Оттаве (Канада), в Бонне, в Париже. Можно считать, что ошибка при определении звездных скоростей доведена теперь всего до $1/2$ километра в секунду.

Широкое применение изложенного выше принципа Допплера открыло в науке новые горизонты. Наблюдение над смещением линий в двух противоположных точках солнечного диска позволяет определить скорость вращения Солнца вокруг оси, так как одни точки солнечной поверхности, лежащие у края диска, движутся к нам, другие же удаляются от нас. Так была определена скорость вращения кольца планеты Сатурна, которую другим способом было бы невозможно измерить. Наша Земля движется вокруг Солнца по кругу. Поэтому, если в данный момент она движется по направлению к какой-нибудь звезде, то через полгода она будет двигаться в противоположном направлении. Мы лично не замечаем этой скорости, но, определяя скорость упомянутой звезды, мы найдем, что она периодически то увеличивается, то уменьшается. Разность между наибольшей и наименьшей скоростью должна быть равна удвоенной скорости Земли по ее орбите. На основании этого, применяя методы небесной механики, можно вычислить расстояние между Землей и Солнцем, и оно оказалось точно таким же, какое было получено прямым измерением. Это составляет лишнее подтверждение принципа Допплера и служит незаменимым средством определить радиус земной орбиты, знание которого имеет фундаментальное значение в астрономии. Тот же метод дал возможность определить радиальные скорости тысяч звезд; позволил открыть внутренние движения в таинственных туманных пятнах, кое-где попадающихся на небесном своде; найти скорость вращения в системах двойных звезд, состоящих из двух солнц, взаимно тяготеющих друг к другу и описывающих одно вокруг другого вытянутые орбиты; позволил, как мы увидим ниже, найти такие сближенные двойные звезды, разделить которые невозможно ни в один телескоп.

Подобные исследования показали, что звезды движутся в пространстве самым различным образом. Одни, как, например, Арктур, яркая звезда в созвездии Волопаса, горящая желтым светом около Большой Медведицы, летит со скоростью свыше 100 километров в секунду. Другие, как звезды в Орионе, двигаются сравнительно медленно. На первый взгляд кажется, что во всех этих перемещениях звезд нет никакой правильности. Внимательное изучение обнаружило, однако, что это не совсем верно. Та или другая звезда, взятая в отдельности, не подчиняется в своем движении никакому закону, и нельзя предуга-

дать заранее, какова должна быть ее скорость. Если же мы возьмем целые группы звезд в различных частях неба и составим в отдельности их среднюю скорость, то найдем интересную закономерность. Звезды, видимые нами в направлении созвездия Лиры, отмеченного белой звездой Вегой, в среднем летят по направлению к нам. Изучение их собственных движений на небесном своде, о которых мы говорили раньше, показывает, что в массе они как бы разбегаются во все стороны от этого созвездия. Звезды в противоположной точке неба как бы стремятся к ней приблизиться и, в среднем, удаляются от нас. Получается такое впечатление, будто вся звездная вселенная движется по отношению к нам в направлении от созвездия Лиры. Можно ли допустить это на самом деле? Формально — да, но гораздо проще предположить, что в действительности наше Солнце движется к упомянутому созвездию, увлекая за собой Землю и другие планеты. Здесь получается то же, что видит путешественник, идущий среди леса. Ему кажется, что в направлении, в котором он идет, деревья как бы раздвигаются в стороны, промежутки между ними увеличиваются и что они приближаются к нему со скоростью его собственного движения. Для нас ничего не изменится, если предположить, что весь лес движется к путешественнику, но гораздо проще считать, что движется он сам. Из всего собранного до сих пор наблюдательного материала, путем применения строгих методов математического анализа для исключения влияния на результат скоростей, свойственных самим звездам, было получено, что Солнце несется к точке, лежащей почти на границе созвездий Лиры и Геркулеса, со скоростью 18 километров в секунду. Мысль о возможности определения скорости Солнца среди звезд была подана Вильямом Гершелем свыше ста лет тому назад, и им же сделана была первая попытка решения вопроса. После него в течение всего XIX столетия вырабатывались способы подобного определения, накоплялся наблюдательный материал, и, в результате трудов Бесселя, Эйри, Струве, Кэмпбелла и многих других, мы можем теперь сказать с уверенностью, куда летит среди безграничного пространства наше дневное светило, судьбу которого мы призваны разделить.

В самое последнее время, благодаря работам Гертцшпрунга, Кольшюттера и в особенности Адамса, была найдена возможность определять звездные расстояния по виду спектральных линий.

Кто мог бы предположить, что в этой разноцветной полоске заключается столько указаний на разнообразные свойства светил, затерянных среди мирового пространства на невообразимо далеком расстоянии! По существу способ Адамса очень прост. Мы уже говорили о том, что все звездные спектры связаны между собой постепенными переходами, образуя одну непрерывную цепь. Положение того или иного спектра в спектральной классификации обуславливается температурой звезды, так что по виду спектральных линий можно сразу сказать, какова температура светила и, наоборот, зная его температуру, можно предвидеть, какие спектральные линии будут особенно выделяться. Но температура, хотя и главный, но не единственный фактор, обуславливающий вид спектра. Даже при совершенно одинаковых химических свойствах, на вид спектральных линий могут влиять просто физические условия, в которых находятся светящиеся газы. Одни звезды могут быть довольно плотными, как наше Солнце, которое, в среднем, плотнее воды, другие, напротив, чрезвычайно разреженными, по средней плотности походящими на воздух. Температура тех и других может быть одинакова, но трудно ожидать, чтобы спектры их были совершенно тождественны. Такие различия в спектрах, стоящих на одном месте в спектральной классификации, были действительно найдены, но сначала они приписывались не самим звездам, а свойствам междוזвездного пространства, через которое свет проходит раньше, чем достигнуть до нас. Адамс и Кольшюттер пришли постепенно к мысли, что наблюдаемые второстепенные различия в спектрах зависят от физических свойств самих звезд, от их массы, плотности и т. д. Но чем звезда массивнее, чем разреженнее, тем она объемистее и при той же температуре испускает по всем направлениям больше света, чем звездочки небольшие по массе или уже уплотненные. Таким образом, если высказанное предположение верно, то в виде спектра должна сказываться действительная яркость звезды. Расстояния многих звезд были уже известны на основании измерения их смещений, отражающих движение Земли по орбите, и потому, зная их видимую яркость для земного наблюдателя, можно вычислить, какова была бы эта яркость на одном, определенном для всех звезд, расстоянии. Сопоставляя эту действительную яркость звезд одной и той же температуры с их спектрами, мы обнаруживаем, что некоторые линии кальция

и стронция сильно изменяют свой вид в зависимости от количества света, излучаемого звездой, другие же (железо-марганец) остаются без изменения. Указать вполне определенно на причину этого явления в настоящее время совершенно невозможно. Для нас важен, однако, самый факт: характер спектральных линий до некоторой степени зависит от действительной яркости звезды, т.-е. от ее яркости, видимой на расстоянии, положим, равном единице. Для целого ряда известных звезд мы можем установить, какова эта зависимость. Предполагая, что она такова же и для других звезд, расстояние которых еще не успели измерить, мы получаем возможность просто по виду линий в спектре определять действительную яркость звезды. Сравнивая ее с видимой яркостью, известной из фотометрических наблюдений, мы очень просто вычисляем расстояние от нас до звезды. Какую бы единицу длины мы ни приняли, в основе ее всегда лежит расстояние от Земли до Солнца, знание которого, таким образом, необходимо в большинстве исследований по звездной астрономии. Указанный способ определения расстояний был опубликован только в 1916 году, но за несколько следующих лет дал сведения о расстояниях множества звезд. В 1921 году вышел уже второй каталог Адамса, заключающий сведения о расстояниях 1646 звезд. В этом способе замечательно то, что он дает одинаково точные результаты для всех звезд, как бы далеко они ни были разбросаны по вселенной. Там, где обычный способ смещений отказывается уже служить, новый способ, основанный на виде спектра, применяется одинаково хорошо. Надо только, чтобы звезда могла дать достаточно отчетливую спектральную полосу. На горе Вильсон в Калифорнии, где расположена одна из величайших обсерваторий, определяют таким способом звездные расстояния для всех звезд до 8-й величины.

6. Развитие звезд.

Мы описали различные способы исследования звездного мира. Главными из них являются измерительный прибор, определяющий положение звезд на небе, фотометр, определяющий видимые яркости, и, в особенности, спектроскоп, позволяющий анализировать состав звездного света. В некоторых случаях наблюдения ведутся с этими приборами глазом, но фотографическая пластинка, объективно записывающая и сохраняющая навсегда различные особенности наблюдаемых явлений, все больше вытесняет из практики непосредственное наблюдение глазом. Большое количество накопленного материала естественно вызывает потребность разобраться в нем и среди обилия различных фактов найти закономерности, связывающие их в одно целое. Мы видели уже, что характер света и положение звезды в спектральной классификации тесно связаны с ее температурой. Измерения радиальных скоростей, сгруппированные отдельно для звезд разных спектров, позволили и здесь открыть интересную зависимость. Чем звезда краснее, тем она, в среднем, летит в пространстве с большей скоростью. Самые горячие гелиевые звезды, движутся со средней радиальной скоростью в 9 километров в секунду; водородные звезды — 10 километров; звезды металлические, т.-е. с резко выраженными линиями металлов, к которым принадлежит и наше Солнце, пролетают в секунду 14—15 километров, приближаясь или удаляясь от нас; наконец, красные звезды в атмосферах которых встречаются, вследствие низкой температуры, соединения углерода и титана, движутся в пространстве со средней скоростью, превышающей 20 км в секунду. Этот замечательный факт еще не вполне объяснен; возможно, что красные звезды являются в массе более старыми. Естественно, в самом деле, думать, что в конце концов температура звезды должна упасть, вследствие

постоянного излучения света и теплоты по всем направлениям. Если красный оттенок звезды указывает на преклонность ее возраста, то, на основании упомянутого выше, мы должны считать, что с течением времени скорость звезд возрастает. Можно думать, с другой стороны, что белые звезды, из них в особенности гелиевые, самые массивные. Тогда зависимость между скоростью и спектром должна говорить за то, что наиболее тяжелые звезды движутся всего медленнее.

Полученный материал можно рассматривать и с другой точки зрения. Можно сделать сопоставление между спектром звезды и ее действительной или, как говорят, абсолютной яркостью, под которой мы понимаем яркость звезды, какую она имела бы, если бы находилась от нас на расстоянии, равном единице. Подобное сопоставление было сделано впервые американцем Рёсселем, и неожиданные результаты, обнаружившиеся при этом, были доложены им в 1914 году на общем собрании английского астрономического общества на мысе Доброй Надежды.

Рёссель нашел, что все изученные нами звезды разделяются на два больших класса: звезды с очень большой абсолютной яркостью и звезды с малой абсолютной яркостью, или, по его образному выражению, на класс гигантов и класс карликов. Между красными гигантами и карликами нет никакого постепенного перехода. Обе группы хорошо ограничены одна от другой. Разница между гигантами и карликами желтого цвета с характером металлического спектра меньше, а для белых звезд — водородных и гелиевых — это различие совершенно исчезает. Для последних звезд, собственно говоря, почти незаметно разделение на указанные группы, — так они тесно перемешиваются между собою. В среднем, по исследованиям Рёсселя, красная гигантская звезда светит в 1000 раз сильнее красного карлика, желтая — примерно в 100 раз сильнее желтого же карлика, для белых же звезд различие совсем невелико. Далее Рёссель установил, что все гиганты, какого бы цвета они ни были, светят приблизительно с одинаковой силой, для карликов же различия огромны: по мере уменьшения температуры и появления красноватой окраски звезды быстро уменьшаются в яркости и приближаются к полной невидимости. Интересно, что все эти яркие звезды, этот красноватый Антарес в созвездии Скорпиона (в котором Солнце находится в декабре), желтокрасная Бетельгейзе в Орионе, оранжевый Арктур, красно-

ватый Альдебаран, глаз в созвездии Тельца, горящий на зимнем небе правее Ориона, — все они принадлежат к гигантским звездам. Расстояния их от нас чрезвычайно велики, больше многих звезд, более слабых на вид, но абсолютная огромная яркость все-таки делает их самими яркими звездами нашего неба. Вообще, большинство звезд желтого или красного цвета, видимых нами простым глазом на небе, относится к классу гигантов. Карлики настолько слабы, что, даже находясь в близком соседстве с Солнцем, на расстоянии какой-нибудь сотни миллиардов километров, кажутся едва доступными простому глазу звездочками.

Дайсон, который исследовал ближайшее к Солнцу пространство, окружающее его радиусом в 15 световых лет, в котором мы можем быть уверены, что не пропустили ни одной звезды, нашел в нем две ярких белых звезды Сириуса и Альтаира, превосходящие по яркости наше Солнце в 48 и 12 раз; две беловато-желтых звезды, находящихся на переходной ступени от водородных к металлическим звездам, именно — Прокцион в 9 раз ярче Солнца, и одну звезду в созвездии Кассиопеи в 2 раза ярче Солнца; далее 7 желтых звезд, из которых одни немного ярче Солнца, другие немного слабее его, и, наконец, 4 красных звездочки, которые все, без исключения, оказались слабее Солнца приблизительно в 100 раз.

Хотя эти красные звезды и выбраны в наших ближайших окрестностях, они являются настолько слабыми, что ни одну из них нельзя рассмотреть простым глазом: самая яркая из этих наших ближайших соседок все-таки $7\frac{1}{2}$ -й величины. Вот — типичные красные карлики. В то же время гигантские звезды, находящиеся от нас на огромном расстоянии, которое может быть измерено лишь грубо приблизительно, испускают так много света, что выделяются среди всех других звезд на небесном своде.

Гигантских звезд вообще немного. Они кое-где разбросаны в междузвездном пространстве, но дают знать о себе своею огромною яркостью. Карликов сравнительно очень много. В области пространства около нашего Солнца, которое свет может пройти только в 30 лет, не найдено ни одной гигантской звезды. Все 19 звезд, которые в нем обнаружены, относятся к карликам, если не считать Сириуса и Прокциона, еще недалеко ушедших от ветви гигантских звезд. Впрочем, мы

уже говорили, что для белых звезд оба класса перемешаны между собою. Наше Солнце, как это не трудно рассчитать, есть типичная карликовая звезда.

От чего же зависит такая большая яркость гигантов? Поверхность их сама по себе не может быть ярче, чем поверхность карликовой звезды той же самой температуры или того же самого цвета. Значит, нужно думать, что такое различие в яркости зависит от того, что гигантская звезда имеет гораздо большую поверхность, а, значит, и гораздо больший объем. В этом смысле она действительно является гигантской звездой. До сих пор подтвердить это прямым измерением было невозможно. В самый могущественный телескоп мы не можем увидеть самого диска звезды. Правда, даже простому глазу звезды не кажутся точками, они имеют вид маленьких дисков, и то же самое мы видим и в телескоп. Однако, чем телескоп больше, тем эти круглые диски, окруженные в спокойном воздухе несколькими кольцами, представляются меньше. Это — так называемые дифракционные изображения звезд, ложные диски, происходящие от того, что световые волны, распространяющиеся в эфире от данной звезды, загигаются на краях круглого отверстия трубы. Если вырезать в картоне квадратное отверстие и поставить его перед трубой, то все звезды покажутся нам в виде маленьких квадратиков, которые будут тем меньше, чем больше наше квадратное отверстие.

Только в самое последнее время, в 1919 году, известному американскому физическому Майкельсону удалось измерить поперечники некоторых гигантских звезд при помощи прибора, называемого интерферометром и построенного на совершенно особых принципах. Майкельсон определил поперечники ярких звезд Антареса, Бетельгейзе и Арктура, как они представлялись бы нам, если бы их можно было видеть. Зная расстояние до этих звезд, можно вычислить их поперечники, выраженные в километрах. Полученные числа подавляют всякое воображение. Оказалось, что если в середину звезды Антареса мы поместим Солнце со всеми планетами, то не только Солнце целиком войдет в эту звезду, но и орбиты Меркурия, Венеры, Земли и Марса окажутся внутри ее. Короче говоря, радиус этой звезды превосходит больше, чем в два раза, расстояние между Землей и Солнцем. Арктур оказался более скромных размеров. Его размеры немногим больше орбиты планеты Венеры, обращающейся

вокруг Солнца, на расстоянии 0,7 радиуса земной орбиты. Посредством других способов, правда, не таким прямым путем, можно определить поперечники различных звезд. Мы видим отсюда, что гигантские звезды действительно имеют огромный объем, и карлики кажутся перед ними крохотными. Но интересно, что различные факты говорят за то, что по весу звезды, в общем, немного разнятся одна от другой.

Не найдено до сих пор ни одной звезды, которая была бы более, чем в 10 раз легче нашего Солнца. На всем небе известна только одна звезда, весящая в 50 раз больше Солнца, и это притом редкое исключение. Звезды, в 20 раз превосходящие по массе Солнце, тоже очень редки. Наиболее часто встречаются звезды раза в $1\frac{1}{2}$ тяжелее Солнца. Словом, различия в массах невелики, и поэтому по весу гигант мало отличается от карлика. Различия же в объемах громадны. Отсюда следует, что гигантская звезда имеет совершенно ничтожную плотность и скорее напоминает атмосферный воздух; карлики же при небольшом объеме сильно уплотнены, и плотность их больше плотности воды.

Вот те сопоставления, которые были сделаны в результате разбора накопившихся фактов, собранных современными методами исследования.

Спрашивается, каким образом можно объяснить наличие звезд двух различных классов? Чем обусловлено существование карликов и гигантов? Если на этот вопрос и нельзя ответить с полной достоверностью, то, тем не менее, можно предложить объяснение, которое кажется очень вероятным. Мы исходим из мысли, что ничто в природе не остается в неизменяемом виде. Всякая вещь в природе имеет свое начало и когда-нибудь придет к неизбежному концу. Хотя звезды и кажутся нам неизменяемыми и вечными, но это впечатление обуславливается только краткостью человеческой жизни. Они также подлежат тому же закону и непрерывно идут по своему пути развития. Звезды теряют в окружающее пространство огромные количества теплоты. Поэтому более поздние стадии их развития должны характеризоваться меньшим содержанием запаса теплоты, скопленной в их массе. Раскаленные газы, из которых, как мы знаем, они состоят, испуская теплоту в пространство, сжимаются, при чем плотность их увеличивается. Более старые звезды должны иметь и большую плотность. Имея это в виду,

оглянемся еще раз на звездную вселенную, состоящую из небесных тел, находящихся в самых разнообразных состояниях, связанных между собою, однако, постепенными переходами и состоящих из тех же самых веществ, только в различных физических условиях. Мы не можем, конечно, наблюдать последовательные изменения в каждой отдельной звезде, так как они совершаются для нас слишком медленно, но мы можем изучать звезды, находящиеся на различных ступенях своего развития. Таким образом невольно напрашивается мысль, что каждая звезда постепенно переходила через различные состояния, что первоначально каждая звезда представляла собой тело ничтожной плотности и огромных размеров и что постепенное уплотнение, вследствие потери теплоты в пространство, привело ее в разряд карликов. Такой взгляд действительно является обоснованным с точки зрения современной науки. Большая масса очень разреженного и слабо нагретого газа — вот наиболее раннее состояние звезды. Такой газ, охлаждаясь вследствие лучеиспускания, уплотняется, и это самое уплотнение служит само по себе источником теплоты. В качестве грубого примера можно привести так называемое воздушное огниво. Если воздух, заключенный в стеклянном цилиндре, быстро сжать при помощи поршня, он может нагреться до такой степени, что кусочек сухого трута, положенный в цилиндр, загорится. В нашем случае роль поршня, сжимающего газ, исполняют верхние слои звезды, давление которых на внутреннюю газовую массу постепенно увеличивается по мере ее уплотнения. В результате звезда начинает раскаляться и от слабого красноватого свечения переходит к желтому, а затем и к яркому белому свету. Общее количество света, испускаемое звездой, т.-е. общая яркость ее, остается при этом почти без изменения, потому что хотя яркость поверхности и увеличивается с более высокой температурой, но самая поверхность при этом уменьшается вследствие быстрого сжатия. Итак, на этой стадии развития, характерной для гигантских звезд, теряемая теплота с избытком восполняется притоком изнутри звезд теплоты, развивающейся вследствие сжатия. Это продолжается до тех пор, пока плотность звезды не сделается настолько значительной, что продолжающееся сжатие пойдет уже более медленным темпом и едва будет в состоянии восполнять теряемую теплоту.

В эту эпоху своего развития звезда достигает наиболее высокой температуры, какой она только может достигнуть при своей массе. Дальше потеря теплоты, не восполняемая уже уплотнением, все более и более замедляющимся, приводит к быстрому охлаждению. Звезда из белой снова превращается в желтую, потом снова приобретает красный цвет, но на этот раз, как признак старости и предвестник смерти. Не трудно сказать, что будет еще дальше. Быстрое охлаждение приведет к такому падению температуры, что звезда превратится, наконец, в холодное темное тело. Все процессы на ее поверхности замрут и прекратятся. Она покроется твердой корой и, сопровождаемая по прежнему свитой своих планет, будет продолжать носиться по мировому пространству. Наше Солнце относится к разряду карликов. Период расцвета его блеска, когда оно светило белым светом и было нагрето, как показывают исследования Эддингтона, до 9000° , давно миновал. Теперь оно постепенно охлаждается, и в конце концов образовавшиеся соединения элементов закутают его плотным покровом, не пропускающим света и теплоты. Внутри его останутся газы, нагретые до невероятно высокой температуры, но снаружи оно покроется корой, и его роль, как источника теплоты и всякой энергии для окружающих его планет, будет окончена. Как долго Солнце будет посылать нам свой свет и теплоту,—сказать трудно. Если думать, что единственным источником теплоты является постепенное сжатие Солнца от охлаждения, то, по мнению Ньюкомба, его хватит еще на 5 миллионов лет. Если же существуют еще какие-нибудь источники теплоты, которые нам трудно учесть, то Солнце будет светить и греть еще более продолжительное время.

7. Переменные и новые звезды. Связь звезд с туманностями.

Многие звезды меняют свой блеск. В сущности говоря, все звезды являются переменными, потому что, если взять достаточно большой промежуток времени, то ни одна звезда, на основании сказанного выше, не останется постоянной. Можно подозревать, что даже за последние столетия большое количество звезд изменило свою яркость, но с уверенностью сказать это трудно, вследствие несовершенства наблюдательных средств прежнего времени. С большей уверенностью это можно сказать по отношению к некоторым звездам, например, относительно звезды «Дельта» в созвездии Большой Медведицы, которая во времена Байера (XVII век) была одинакова по яркости с остальными звездами этого созвездия. Переменными звездами, в более тесном смысле этого слова, называются те, яркость которых меняется в течение коротких промежутков времени и после периода ослабления снова возвращается к прежней величине. Довольно давно известны две замечательных звезды этого рода. Одна из звезд в созвездии Кита временами исчезает для простого глаза, иногда же делается очень яркой, что было замечено впервые голландским астрономом Гольварда в 1639 году. Астроном Буллиальд вскоре после этого нашел, что исчезновение этой звезды, названной «Чудесной», происходит каждые одиннадцать месяцев. (Затем было найдено, что этот период подвержен некоторым изменениям.) В дальнейшем были открыты звезды, изменяющие свой блеск хотя и в меньшей степени, но зато с большей правильностью. В некоторых случаях изменение происходит с математической правильностью, и потому можно наперед предсказать с большой точностью, какова будет в данный момент яркость звезды. К таким звездам относится, например, Альголь в созвездии Персея, яркость которого уменьшается

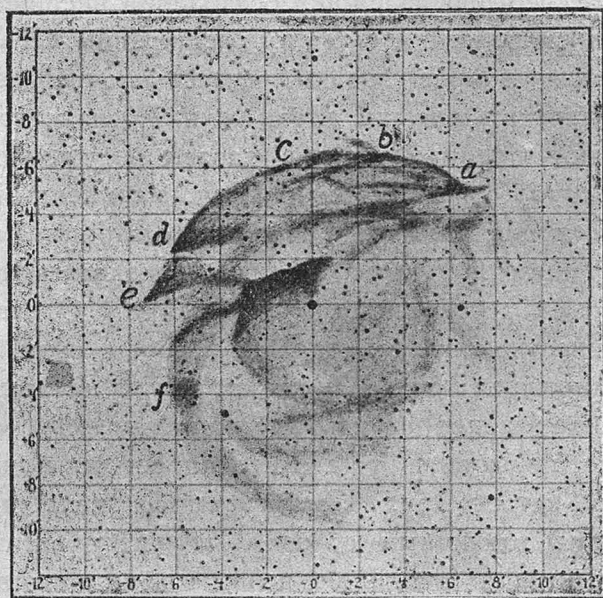
вчетверо через каждые 2 дня 20 часов и 49 минут. Все изменение продолжается 10 часов, а затем звезда снова светит по прежнему. С XVII столетия, когда были открыты первые переменные звезды, их найдено много тысяч. В одних случаях изменение яркости зависит от того, что звезда имеет темного спутника, который, проходя перед нею, отчасти закрывает ее от наблюдателя. В других случаях оно зависит от прохождения на близком от звезды расстоянии спутника, который поднимает на главной звезде приливные волны и приводит, возможно, всю массу ее в колебательное движение. Это — случаи короткопериодических звезд. В третьих случаях, оно подобно «Чудесной» звезде в Ките, изменения яркости зависят, вероятно, от того, что периодически поверхность ее покрывается пятнами, как это мы наблюдаем на Солнце, но только в гораздо большем количестве. Строго говоря, и наше Солнце мы должны считать переменной звездой, но на нем пятен так немного по отношению ко всей поверхности, что влияние их на его яркость почти незаметно.

Иногда приходится наблюдать вещи совершенно поразительные. Где-нибудь недалеко от Млечного Пути вдруг вспыхивает новая звезда и некоторое время горит ярким светом. Это, конечно, не есть совершенно новое образование. Если до возгорания звезды сделан снимок слабых звезд этой части неба, то обыкновенно находят среди звездочек 12-й — 14-й величины одну, которая совпадает с новой. Это — новая звезда до возгорания. Очевидно, с ней должна была произойти какая-то катастрофа, в результате которой яркость ее увеличилась в сотни тысяч раз. Такой расцвет блеска звезды продолжается, однако, лишь короткое время. Уже через несколько дней яркость звезды начинает уменьшаться, и это изменение, сменяясь короткими вспышками, продолжается обыкновенно в течение нескольких месяцев, пока звезда не вернется к своей прежней яркости и снова не исчезнет для простого глаза с небесного свода.

Новые звезды появляются довольно часто. В одном XX столетии появились две яркие новые звезды — в созвездии Персея в 1901 году и в созвездии Орла в 1918 году, которые соперничали одно время с самыми яркими звездами на небе. Кроме них, за последние 20 лет было несколько новых, более слабых, но с теми же характерными особенностями. Интересны изменения спектра новых звезд. Сейчас же после возгорания это — обычный спектр белой звезды, т.е. яркий сплошной

спектр, прорезанный тонкими линиями поглощения водорода и гелия. Очень скоро картина меняется. Сплошной фон спектра ослабевает; наряду с темными линиями появляются блестящие линии водорода в фиолетовой и особенно в красной части, вследствие чего звезда приобретает красноватый оттенок. В дальнейшем яркость непрерывного спектра делается еще меньше, и явственно начинают выступать, кроме линий водорода, еще другие светлые линии, принадлежащие неизвестному газу и обыкновенно наблюдаемые в туманностях. Спектр новой звезды делается очень похожим на спектр маленьких газовых туманностей обыкновенно правильной формы, которые поэтому называются планетарными. Затем, спустя примерно год, начинается обратная эволюция. Сплошной спектр появляется снова. Линии туманности исчезают, но остаются светлые линии водорода. Звезда остается в таком состоянии окончательно, насколько можно судить по имеющимся данным. Определение положения линий в спектре дает поразительные результаты. Яркие линии водорода кажутся значительно смещенными от своего нормального положения к фиолетовому концу спектра, что говорит о быстром движении водородных газов по направлению к наблюдателю. Скорость достигает сотен километров в секунду и сравнима с наибольшими известными скоростями солнечных протуберанцев. Остальные линии показывают нормальные скорости приближения или удаления, которые, как мы уже видели, не превышают десятка-другого километров в секунду. Получается впечатление, что на новой звезде происходят грандиозные извержения водородных газов, которые мы видим, конечно, на стороне, обращенной к нам. Телескопические наблюдения над Новой в созвездии Персея, появившейся в феврале 1901 года, позволили открыть вокруг звезды два туманных кольца. Эти кольца были замечены уже в марте 1901 года. Постепенно расширяясь, они достигли в начале следующего года размера, сравнимого с лунным диском. Измерения этих колец в различные эпохи позволяют заключить, что они вышли из новой звезды как раз в тот момент, когда она вспыхнула на небе. Эти кольца оказались не постоянного характера. Постепенно распространяясь во все стороны, они, наконец, исчезли из вида. Спустя год после возгорания Новая оказалась окруженной маленькой туманностью, в которой она находится и в настоящее время.

Вот ряд замечательных изменений, происходивших у нас на глазах. Все это наводит нас на различные размышления. Мы имеем перед собой все время одно и то же тело, с одним и тем же химическим составом. Однако, как меняется характер его спектра! От типичного спектра белых звезд совершается быстрый переход к спектру газовых туманностей с линиями неизвестного элемента небулия и водорода. От последнего спектра более постепенный переход к слабому непрерывному спектру с яркими линиями водорода, показывающему, что звезда окружена обширной газовой оболочкой. Первоначальное



Фиг. 8. Новая звезда в созвездии Персея, окруженная туманностью.

состояние звезды до ее возгорания нам неизвестно. Но мы видим, что в результате происшедшей катастрофы она становится телом гораздо более разреженным, окутанным туманностью. Предоставленная самой себе, она будет постепенно сокращаться, как это говорилось раньше, и пройдет через описанные нами стадии звездного развития. На небе найдено около сотни слабых звезд, совершенно напоминающих новые в последней стадии их развития. Многие из них находятся в центре газовой туманности. Очень возможно, что это прежние новые звезды, оставшиеся от прежних веков. Можно задать вопрос, чем обуславливаются подобные катастрофы, которые, как будто,

омолаживают звезду и возвращают ее на путь первоначального развития. На это очень трудно ответить. Проблемы, связанные с новыми, еще далеко не получили своего разрешения. Возможно, что дело обстоит таким образом. Звезды, даже охладившиеся на своей поверхности, заключают в себе огромные запасы энергии. Плотность их может превзойти плотность воды, и потому трудно говорить, что они состоят из раскаленных газов, как мы понимаем это слово. Материя, их составляющая, походит на твердое тело по своей упругости и неспособности к дальнейшему сжатию, но в то же время походит и на газ в том смысле, что при малейшем ослаблении внешнего давления она делается способной к бурному расширению. Твердая кора, образовавшаяся вокруг звезды, делает почти невозможной дальнейшую потерю теплоты, и эти темные тела, сохраняя в себе неопределенное время огромные запасы внутренней энергии, могут быть грубо сравнимы с бомбами, начиненными наиболее взрывчатыми веществами. К счастью, расстояния между звездами велики, и эти темные светила не подвергаются, вообще говоря, никаким посторонним воздействиям. Однако, при громадном количестве звезд, входящих в состав нашей вселенной, возможны иногда тесные сближения. Если недалеко от такой звезды пройдет какое-нибудь массивное тело, то его простое прохождение, не говоря уже о столкновении, может вызвать грандиозную катастрофу. Притягивающая сила проходящего тела, действуя различным образом на массу звезды, вызовет в ней две огромных приливных волны в двух противоположных точках, которые будут быстро нарастать по мере сближения. Вследствие ослабленного внутри давления, газы, заключенные внутри, дадут бурный взрыв, раскаленная материя вырвется наружу, и звезда внезапно заблестит ярким светом. Выбрасываемые газы окутают расширяющуюся звезду туманным покровом, постепенно теряя в яркости вследствие расширения, и мы в конце концов увидим небольшую туманность со слабой звездочкой в центре. В настоящее время трудно ответить на вопрос, не представляют ли новые звезды совершенно частные образования или, что кажется более вероятным, эти гигантские катастрофы являются необходимыми этапами в жизни каждой звезды, после которых звезда снова начинает свой процесс медленного развития, проходя через состояния гиганта и карлика, описанные уже выше.

8. Двойные и кратные звезды. Млечный Путь. Строение нашей вселенной в целом.

До сих пор мы занимались вопросом о развитии индивидуальной звезды, независимо от связи ее с другими звездами. Совокупность материала, полученного путем изучения различных звезд, служила, главным образом, для того, чтобы нагляднее представить себе состояние небесного светила на различных стадиях его эволюции. Сделаем теперь краткий очерк известных систем звезд.

Двойные звезды являются наиболее простыми системами. Там, где невооруженный глаз не видит ничего, кроме слабо светящейся точки, в телескоп можно увидеть две звездочки на очень близком расстоянии друг от друга. Сначала считали двойные звезды оптическими парами, т.-е. думали, что в действительности составляющие их звезды находятся очень далеко в пространстве друг от друга и только случайно оказываются почти на одном луче зрения. Однако, Вильям Гершель еще в XVIII столетии, наблюдая в течение многих лет такие звездные пары, нашел в них вращательное движение. Слабый спутник обращался вокруг более яркой звезды по вытянутой орбите и вновь возвращался в свое первоначальное положение. Так была доказана физическая связь между этими звездами, совершенно подобная той, в силу которой планеты и кометы движутся вокруг Солнца, никогда не покидая его в полете через звездные пространства. Взаимное притяжение между всеми телами нашей системы распространяется, таким образом, и на эти отдаленные тела, и закон всемирного тяготения, открытый Ньютоном, управляет движениями звезд везде, куда только могут проникнуть наши сильнейшие телескопы.

Спектральный анализ и в этой области открыл новые горизонты. Профессор Пикеринг открыл в спектре звезды

дзета Большой Медведицы или Мишар, второй от конца хвоста, периодические раздвоения линий, которые правильно колебались вокруг среднего положения. Это доказывало, что здесь имеются на самом деле две звезды, но они настолько сближены, что невидимы в отдельности ни в один из телескопов. Обращаясь одна вокруг другой, они то приближаются, то удаляются от наблюдателя, и происходящее вследствие этого смещение линий, в силу принципа Допплера, позволяет установить наличие двух тел. Этим было положено основание астрономии невидимого. Ряд исследователей, среди которых нужно отметить Гершеля, Струве, Дембровского, Бернгема, Айткена, Кэмпбелла, систематически изучали двойные звезды в течение многих лет. В настоящее время мы можем констатировать замечательный факт: из каждых двух звезд на небе одна является двойной. Системы двух солнц, окруженных, вероятно, планетами, встречаются так же часто, как одиночные солнца, подобные нашему.

Менее часто встречаются кратные звезды. В этом случае обыкновенно две звезды сближены и довольно быстро вращаются одна вокруг другой, третья же звезда удалена на значительное расстояние и кажется почти неподвижной. Если последняя звезда очень далека, то нам трудно решить, связана ли она физически с другими или нет. Если движение ее в пространстве происходит с такой же скоростью и в том же направлении, как и других звезд, то очень вероятно, что они составляют одну систему. Пример подобного рода представляют Плеяды — разбросанный рой звезд, окутанный еще нерассеявшимся туманом. Все звезды в Плеядах движутся в одном направлении с одинаковой скоростью. Более разбросанный поток Гиад образует такую же систему. Замечательно, что из семи ярких звезд Большой Медведицы пять образуют такую же систему и двигаются в пространстве одним далеко разбросанным потоком. В состав этого потока входят и другие звезды, и между ними яркий Сириус.

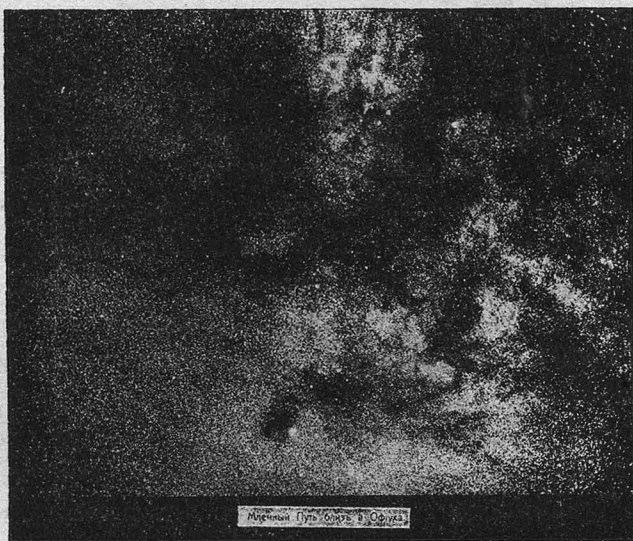
Наиболее грандиозную систему образует Млечный Путь.

Под Млечным Путем мы подразумеваем не только ту, всем известную, полосу молочно-белого цвета, опоясывающую весь небесный свод и состоящую из огромного количества звезд; мы видим в нем сложный организм, включающий все видимые звезды на небесном своде вплоть до самых отдаленных от нас. Центральная часть его состоит из овального ядра, представляю-

щего центральное звездное скопление. Количество звезд в нем постепенно уменьшается к наружной стороне, и размеры его так велики, что свет в 10.000 лет едва может от центра достигнуть внешних пределов. Недалеко от середины этого скопления, на расстоянии всего 600 световых лет, лежит наше Солнце.

В недавнее время известный ученый Каптейн, всю свою жизнь занимавшийся вопросом о строении звездной вселенной, сделал сводку всего того, что можно считать вполне обоснованным.

Звездная система, состоящая из многих миллионов звезд, имеет очень сплюснутую форму, если смотреть на нее извне.



Фиг. 9. Фотография части Млечного Пути.

В плоскости, в которой расположена полоса Млечного Пути, она простирается в пять раз дальше, чем в перпендикулярном направлении. Она медленно вращается вокруг оси, и полный оборот ее совершается, примерно, в 10 миллиардов лет. Звезды, входящие в ее состав, двигаются каждая с особой скоростью, но все они вместе увлекаются, кроме того, этим вращательным движением.

Все то, что мы знаем более или менее определенно о свойствах звездной вселенной, относится только к сравнительно небольшой части пространства в центральном скоплении, окружающем наше Солнце. За его пределами наши сведения

делаются все более и более грубыми. Мы можем сказать, что центральное скопление окружено на известном расстоянии двумя широкими спиральными ветвями, которые несколько раз окутывают центральную часть и дают нам впечатление кольца, в одном месте разделяющегося на две полосы. О свойствах его мы ничего сказать не можем, кроме того, что в нем звезды перемешаны с хаотической туманной материей, состоящей из газа или, может быть, из тонкой пыли.

Мы не имеем возможности войти в этом кратком очерке в изложение разнообразных сведений, которыми мы теперь обладаем относительно природы туманностей. Но среди них есть совершенно особые образования, представляющие исключительный интерес для суждения о строении нашей вселенной в целом.

Еще в сороковых годах прошлого столетия лорд Росс, построивший гигантский отражательный телескоп в 60 футов длины, обнаружил, что слабая туманность в созвездии Гончих Собак (между Большой Медведицей и Боотесом) состоит из центрального ядра, вокруг которого обвиваются две спиральные ветви, выходящие из противоположных его точек. С развитием фотографии открытие Росса было подтверждено, и в настоящее время мы имеем прекрасные снимки огромного количества таких образований.

Кэмпбелл, на основании наблюдений с большим рефрактором Ликской обсерватории, полагает, что общее количество таких спиральных туманностей, доступных его инструменту, измеряется сотнями тысяч. Все эти туманности построены одинаковым образом. Мы ясно видим центральное ядро, довольно сильно сплюснутое, с двумя спиральными ветвями, исходящими из его двух противоположных точек. Эти ветви иногда окружают ядро несколько раз, образуя неправильные кольца, иногда же лишь слабо искривлены. Во многих местах они покрыты местными сгущениями вещества. Если такая спиральная туманность видна с ребра, то ветви ее представляются в виде тонкой светлой линии, и в том месте, где они проходят через ядро, ясно выделяется темная полоска. Она, очевидно, производится поглощением света, исходящего из ядра, туманной материей, сосредоточенной в спиральных ветвях. Из чего состоят эти туманности? Образованы ли они из одного газа или представляют скопление звезд, настолько удаленных от нас, что все

они сливаются в одно туманное образование? Спектроскоп дает на это вполне определенный ответ. Спектр спиральных туманностей состоит из сплошной световой полосы, кое-где перерезанной темными и иногда блестящими линиями. Отсюда следует, что перед нами не газ, а огромное скопление сливающихся в одно целое звезд. Иногда эта звездная природа спиральных туманностей обнаруживается и другим путем. На бледном фоне ядра иногда вспыхивает слабая звездочка, едва доступная нашим сильнейшим телескопам, блестит в течение



Фиг. 10. Спиральная туманность
в созвездии Гончих Собак.

нескольких месяцев и затем исчезает. Это — новые звезды принадлежащие спиральным туманностям. Новые звезды, появляющиеся в нашей звездной системе, системе нашего Млечного Пути, часто достигают такой яркости, что превосходят все остальные звезды на небе. Системы спиральных туманностей настолько удалены от нас, что подобные катастрофы едва могут быть замечены.

Можно было бы привести и другие доводы в пользу того, что спиральные туманности представляют из себя самостоятельные звездные системы, подобные нашей. Но мы ограничимся сказанным выше. Если удалиться за пределы Млечного Пути —

нашей звездной вселенной — и с расстояния многих миллионов световых лет взглянуть на него из пустого мирового пространства, то мы увидели бы такое же слабое центральное ядро, в котором уже нельзя было бы различить ни одной звезды, окруженное двумя спиральными ветвями. Обычный вид звездного неба совершенно исчез бы для подобного наблюдателя. Мировое пространство показалось бы ему совершенно темным, и только в сильный телескоп он обнаружил бы во всех частях неба бесчисленные спиральные туманности, эти гигантские звездные системы, и между ними нашу спиральную туманность, наш Млечный Путь, составляющий для нас всю необъятную вселенную. Эти туманности не неподвижны. Напротив, они движутся с невообразимо огромными скоростями. По смещению линий в их спектрах можно определять их радиальные скорости, как об этом говорилось раньше, при чем получаются числа во много сот, а иногда и тысяч километров в секунду. Совершенно так же, как определяется скорость нашего Солнца между подобными ему звездами, можно попытаться определить скорость Млечного Пути между подобными ему спиральными туманностями. Это еще нельзя сделать с полной уверенностью, но приблизительно не трудно найти, что Млечный Путь летит в пространстве ребром со скоростью около тысячи километров в секунду в том направлении, по которому мы видим созвездие Стрельца.

Мы пришли к концу нашего краткого обзора. Не только наша маленькая планета, не только наше карликовое Солнце не занимают особенного положения в пространстве, но весь Млечный Путь, вся наша звездная вселенная, есть лишь один из бесчисленных организмов, заполняющих пространство. Внутри нашего Млечного Пути даже в центральной его части звезды разбросаны чрезвычайно редко. За пределами же его — пустота и мрак.

2705

ОГЛАВЛЕНИЕ.

	СТР.
Введение.	3
1. Созвездия. Видимое и собственное движение звезд	5
2. Количество звезд, яркость их и распределение на небе	12
3. Звездные расстояния. Действительная яркость звезд	16
4. Температура и химический состав звезд	20
5. Определение скоростей и расстояний звезд по спектральным линиям. Скорость Солнца между звездами	29
6. Развитие звезд.	35
7. Переменные и новые звезды. Связь звезд с туманностями	42
8. Двойные и кратные звезды. Млечный Путь. Строение нашей вселенной в целом	47

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ЛЕНИНГРАД

ПОПУЛЯРНО - НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА.

Состоит из книжек, рассчитанных на читателя, обладающего познаниями в размере приблизительно курса 2-й ступени.

АСТРОНОМИЯ.

Самкин, Н. А. — Календарь, его изменения и реформы. Ц. 20 к.

Эпик, Э. — Солнце по новейшим исследованиям. Ц. 45 к.

Франц, Э. — Луна. Ц. 65 к.

Клейн, Г. — Астрономические вечера (печ.).

Фесенков, В. Г. — Звезды.

Михайлов, А. А. — Жизнь на Марсе (подг. к печ.).

Ройтман, Д. — Форма и движение земли. I ч. Ц. 15 к.

Чижев, Е. — Звездные вечера. Ц. 30 к.

Львов, В. — Кометы и падающие звезды. Ц. 15 к.

Львов, В. — Жизнь Галилея (подг. к печ.).

Чижев, Е. — Тайны и чудеса вольного мира (подг. к печ.).

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ.

Анучин, Д. Н. — Происхождение человека. Ц. 12 к.

Арвин, Е. А. — Мозг и душа (2-е изд.). Ц. 25 к.

Грин, Р. — Начатки ботаники. Ц. 30 к.

Завадовский, М. М. — Пол животных и его превращение (механика развития пола). Ц. 1 р.

Камерер, П. — Омоложение и продление личной жизни. Ц. 17 к.

Костычев, С. — О появлении жизни на земле. Ц. 20 к.

Мечников, И. И., и Тимирязев, К. А. — Две статьи о Пастере. Ц. 30 к.

Миз. — О бактериях. Ц. 40 к.

Немилов, В. — Внутренние двигатели человеческого тела (гормоны). Ц. 80 к.

Сеченов, И. — Физиологические очерки. I ч. Ц. 60 к.

Его же. — Физиологические очерки. II ч. Ц. 1 р. 10 к.

Тимирязев, К. А. — Значение науки (Луи Пастер). Ц. 15 к.

Талиев, В. — Строение и жизнь растения. Ц. 1 р. 50 к.

Философия науки, вып. 2-й. Биология. Сборник статей. Ц. 75 к.

Гессе, Р. — О происхождении видов и дарвинизм (печ. 2-е изд.).

Деккер. — Ощущение и слух.

Его же. — Зрение, обоняние и вкус (печ.).

Мечников, И. — Этюды о природе человека.

Молиш, Г. — Биологические очерки. Сборник статей. Ц. 1 р. 50 к.

Немилов, А. В. — Что такое смерть. Ц. 50 к.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ЛЕНИНГРАД

- Павловский, Е. Н. — Явления голодания в природе. Ц. 40 к.
О происхождении животных и растений. Сборник статей под редакцией проф. С. А. Зернова (печ.).
Синицын, Д. Н. — Лекции по биологии. Ц. 1 р.
Тимирязев, К. А. — Жизнь и растения. Ц. 2 р.
Его же. — Борьба растения с засухой. Ц. 30 к.
Его же. — Земледелие и физиология растений Ц. 1 р. 10 к.
Шимкевич. — Душевная жизнь животных. Ц. 35 к.
Шмидт, П. Ю. — Борьба со старостью. Ц. 75 к.
Его же. — Основы жизни (печ.).
Аркин, Е. А. — Экономика человеческого организма (подг. к печ.).
Вольногорский, П. — Растения—друзья человека (подг. к печ.).
Вериго. — Наша нервная система (подг. к печ.).
Зингер, Ш. — История кровообращения (подг. к печ.).
Костычев, С. П. — О брожениях (подг. к печ.).
Мечников, И. И. — 40 лет искания рационалистического мировоззрения (подг. к печ.).
Павловский, Е. Н. — Вши (строение, жизнь и болезненное действие их на человека (подг. к печ.).
Синицын, Д. Н. — Лекции по биологии. II ч. (подг. к печ.).
Словцов, В. И. — Пределы чувствительности живой клетки (подг. к печ.).
Талиев, В. И. — Растения, как животное (Единство жизни) (подг. к печ.).
Шеффер, А. — Жизнь, ее природа, происхождение и охранение (подг. к печ. 2-е изд.).

ГЕОЛОГИЯ, ПАЛЕОНТОЛОГИЯ и ГЕОГРАФИЯ.

- Вальтер, И. — Первые шаги в науке о земле. Ц. 30 к.
Елачич, Е. — О вымерших животных (2-е изд.). Ц. 35 к.
Михельсон, В. А. — О погоде и о том, как ее можно предвидеть. Ц. 60 к.
Павлов, А. П. — Морское дно. Ц. 25 к.
Его же. — Очерки по истории геологических знаний. Ц. 20 к.
Эккардт, Э. — Климат и жизнь. Ц. 50 к.
Броунов. — Небо и воздух. Ц. 25 к.
Елачич, Е. — О происхождении птиц. Ц. 45 к.
Брубер, А. — Человеческие расы. Ц. 25 к.
Ланкестер, Э. — Вымершие животные. Ц. 1 р. 60 к.
Нечаев, А. П. — Что говорят камни (печ.).
Гаазе. — Земная кора (подг. к печ.).
Граф, Г. — История развития земли (подг. к печ.).
Добрынин, Ф. В. — Дагестан (подг. к печ.).

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО

ЛЕНИНГРАД

ФИЗИКА и ХИМИЯ.

- Конобеевский, С. Т. — Строение вещества. Ц. 80 к.
Его же. — Что такое радий. Ц. 10 к.
Ленар, О. — О принципе относительности, эфире и тяготении (критика теории относительности). Ц. 20 к.
Лермантов, В. В. — О том, как работают машины и как рассчитывают их действия. Ц. 1 р. 20 к.
Нагель. — Романтизм. Ц. 40 к.
Тиндаль. — Звук. Ц. 1 р. 60 к.
Шмидт, Г. — Мир эфир, электричество и материя. Ц. 75 к.
Философия Науки. — Вып. I. Физика. Ч. I. Сборник статей. Ц. 1 р. 20 к.
Философия Науки. — Вып. II. часть I. Физика. Ц. 1 р. 40 к.
Эйнштейн. — О теории относительности. Ц. 40 к.
Винер, О. — Физика и развитие культуры. Ц. 1 р.
Классен. — Двенадцать лекций о природе света. Ц. 65 к.
Гильом, Ш. Э. — Начатки механики (подг. к печ.).
Грец, А. — Краткий курс электричества (печ.).
Лассаркюв. — Химия в обыденной жизни. Ц. 2 р.
Шмидт, Г. — Проблемы современной химии. Ц. 80 к.
Ауэрбах. — Пространство и время. Ц. 30 к.
Ихав, Ф. — (Вечный двигатель) (подг. к печ.).
Тиндаль. — Теплота, как род движения (подг. к печ.).
Костицын, А. В. — Курская магнитная аномалия. Ц. 50 к.

РОЗНИЧНЫЕ МАГАЗИНЫ

ЛЕНИНГРАДСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА

Просп. 25-го Октября, № 28, тел. № 132-44 (Требуется соединить с магазином)

„ „ „ № 13, „ № 5-71-21.

„ „ Володарского, № 53а, „ № 5-71-35.

ОПТОВАЯ ПРОДАЖА ПРОИЗВОДИТСЯ

В ТОРГОВОМ СЕКТОРЕ ЛЕНИНГРАДСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА

ДОМ КНИГИ. Проспект 25-го Октября, № 28. Телефоны: { 5-49-32 (городской)
132-44 (коммутатор)

МОСКОВСКАЯ КОНТОРА

ЛЕНИНГРАДСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА

Москва. Тверская, 51. Телеф. 3-92-07.

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ЛЕНИНГРАД

- Павловский, Е. Н. — Вши (строение, жизнь и болезненное действие их на человека. (Подг. к печ.)
Синицын, Д. Н. — Лекции по биологии. II ч. (Подг. к печ.)
Словцов, В. И. — Пределы чувствительности живой клетки. (Подг. к печ.)
Талиев, В. И. — Растения, как животные (Единство жизни). (Подг. к печ.)
Шеффер, А. — Жизнь, ее природа, происхождение и охранение. (Подг. к печ. 2-е изд.)

Геология, палеонтология и география.

- Вальтер, И. — Первые шаги в науке о земле. Ц. 5 к.
Елачич, Е. — О вымерших животных. 2-е изд. Ц. 5 к.
Михельсон, В. А. — О погоде и о том, как ее можно предвидеть. Ц. 25 к.
Павлов, А. П. — Морское дно. Ц. 25 к.
Его же. — Очерки по истории геологических знаний. Ц. 20 к.
Эккардт, Э. — Климат и жизнь. Ц. 25 к.
Броунов. — Небо и воздух. (Печ.)
Елачич, Е. — О происхождении птиц. (Печ. 2-е изд.)
Крубер, А. — Человеческие расы.
Ланкестер, Э. — Вымершие животные.
Нечаев, А. П. — Что говорят камни. (Печ.)
Гаазе. — Земная кора. (Подг. к печ.)
Граф, Г. — История развития земли. (Подг. к печ.)
Добрынин, Ф. В. — Дагестан. (Подг. к печ.)

Физика и химия.

- Конобеевский, С. Т. — Строение вещества. Ц. 2 р.
Его же. — Что такое радий. Ц. 15 к.
Ленар, О. — О принципе относительности, эфире и тяготении (критика теории относительности). Ц. 20 к.
Дермантов, В. В. — О том, как работают машины и как рассчитывают их действия. Ц. 1 р. 20 к.
Меншуткин, В. Н. — Углеводы (химические соединения вокруг нас).
Нателъ. — Романтика химии. Ц. 40 к.
Тиндаль. — Звук. Ц. 1 р. 60 к.

РОЗНИЧНЫЕ МАГАЗИНЫ

ЛЕНИНГРАДСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА

Просп. 25-го Октября, № 28, тел. № 132-44 (Требуется соединить с магазином).

№ 13, „ № 5-71-21.

Просп. Володарского, № 53а, „ № 5-71-35.

ОПТОВАЯ ПРОДАЖА ПРОИЗВОДИТСЯ:

В ТОРГОВОМ СЕКТОРЕ ЛЕНИНГРАДСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ

ГОСУДАРСТВЕННОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА

ДОМ КНИГИ. Проспект 25-го Октября, № 28. Телефоны: { 5-49-32 (городской)
132-44 (коммутатор)

И В МОСКОВСКОЙ КОНТОРЕ

ЛЕНИНГРАДСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОГО ИЗДАТЕЛЬСТВА

Москва. Тверская, 51. Телеф. 3-92-07.

0-50
1/5

