

**ПРИРОДА И КУЛЬТУРА**

Г. Э. ГЭЛЬ

**ГЛУБИНЫ НЕБЕС**



---

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО**

*Л. 100.*

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Серия книг, издаваемая под редакцией *А. Д. Архангельского, В. Ф. Кагана, Н. К. Кольцова, В. А. Кистицына, П. П. Лазарва и Л. А. Тарасевича*, при ближайшем участии в редакционной работе: *Н. А. Изгарышева, Т. К. Молодого и Э. В. Шпольского*. Книги этой серии посвящены тем проблемам современного естествознания, которые находятся в стадии наиболее оживленной разработки. Составленные в значительном большинстве случаев, наиболее выдающимися специалистами, часто творцами и руководителями целых научных направлений, они дают читателю полную картину работы мировой научной мысли в области естествознания.

*Фаянс, К.* Радиоактивность. Перев. и дополн. Э. В. Шпольского. Ц. 50 к.

*Омложение.* Сборник статей под ред. Н. К. Кольцова. Вып. 1. Ц. 2 р.

*Омложение.* Сборник статей под ред. Н. К. Кольцова. Вып. II. Ц. 1 р. 40 к.

*Резерфорд, Э.* Строение атома и искусственное разложение элементов. Собрание оригинальных работ. Подготовка к печати Э. В. Шпольский. Ц. 1 р. 10 к.

*Вейль, А.* Внутренняя секреция. Перев. под ред. Н. К. Кольцова. Изд. 2-е. Ц. 1 р. 50 к.

*Гольдшмидт, Р.* Механизм и физиология определения пола. С добавлениями автора к русскому изданию. Перев. П. И. Живаго, под ред. Н. К. Кольцова. Ц. 2 р. 20 к.

*Нернст, В.* Мироздание в свете новых исследований. Пер. Г. С. Ландсберга. Ц. 35 к.

клетки". Перевод с нем. В. Энгельгардта. Стр. 122. Ц. 1 р. 35 к.

*Гендерсон, Л. Ж.* Среда жизни. Перев. С. Н. Скадовского. Ц. 1 р. 20 к.

*Павлова, М. В.* Причины вымирания животных в прошедшие геологические эпохи. Ц. 1 р. 20 к.

*Кречмер, Э.* Строение тела и характер. Ц. 2 р. 50 к.

*Архангельский, А. Д.* Курская магнитная аномалия. Ц. 1 р. 20 к.

*Перрен, Ж.* Атомы. С пред. автора к русскому изданию. Перев. И. А. Соколова. Ц. 1 р. 75 к.

*Борель, Э.* Пространство и время. Пер. под ред. Н. Н. Андреева. Ц. 1 р. 25 к.

*Любименко, В. Н.* Материя и растения. Ц. 2 р. 50 к.

*Любименко, В. Н. и Бриллиант, В. А.* Окраска растений. Ц. 3 р. 50 к.

*Вегенер, А.* Происхождение материков и океанов. Ц. 1 р. 25 к.

*Шмерфельд, А.* Строение атома и спектры. Перев. под ред. А. Ф. Иоффе и П. И. Лукинского. Ц. 3 р. 75 к.

*Венюс, Св.* Количественные законы в биологической химии. Перев. под ред. Н. К. Кольцова. Ц. 1 р. 60 к.

*Марышев, Н. А.* Современная теория растворов. Ц. 1 р. 30 к.

*Борисов, Ж.* Вынужденные движения, тропизмы и поведение животных. Перев. с англ. под ред. Боровского. Ц. 2 р.

*Мали, М.* Проблемы оплодотворения. Пер. Н. В. Каган, под ред. Н. К. Кольцова. Ц. 2 р. 20 к.

*Милликэн, Р.* Электрон. Перев. под ред. С. И. Вавилова. Ц. 1 р. 80 к.

*Сичев, К. Х.* Физиология труда. Ц. 2 р. 50 к.

*Борисов, Ж.* Организм как целое с физико-химической точки зрения. Ц. 2 р. 50 к.

*Сиглей, Дж.* Автономная нервная система. Ч. I. Перев. В. И. Башмакова. Ц. 70 к.

---

---

# ПРИРОДА И КУЛЬТУРА

КНИГА ДВАДЦАТЬ ТРЕТЬЯ

---

Г. Э. ГЭЛЬ

# ГЛУБИНЫ НЕБЕС



ПЕРЕВОД С АНГЛИЙСКОГО  
ПОД РЕДАКЦИЕЙ И С ПРЕДИСЛОВИЕМ  
ПРОФ. А. Р. ОРБИНСКОГО



---

---

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА ★ 1297 ★ ЛЕНИНГРАД

*The Depths of the Universe*

—  
*The New Heavens*

*by*

*Georg Ellery Hale*

## ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ.

В начале девяностых годов наша Главная Астрономическая Обсерватория в Пулковке переживала крупное внутреннее преобразование. Руководивший обсерваторией много десятков лет О. В. Струве ушел на покой, и его заменил директор обсерватории Московского университета, наш знаменитый кометолог Ф. А. Бредихин. Это была не только смена директоров; с Ф. А. в старые меха знаменитой обсерватории вливалось совершенно новое вино. Впервые широко распахнулись для русской астрономической молодежи, со всех концов России, двери, до тех пор скупно пропускавшие русских адептов древнейшей и увлекательнейшей из наук. В эти годы здесь более или менее долго работали — а многие работают еще и сейчас — А. А. Белопольский, А. П. Соколов, С. К. Костинский, С. С. Лебедев из Москвы, А. А. Иванов, В. В. Серафимов из тогдашнего Петербурга, М. Д. Диченко из Киева, Н. Н. Евдокимов из Харькова, В. В. Стратонов и пишущий эти строки из Одессы и многие другие. И думается, многие из названных, как и последний из них, сохранили память об этих годах, как об одной из лучших эпох своей жизни...

Хотя основная работа Пулковской обсерватории продолжала идти по астрономии положения, или астрометрии, работа астрофизическая, руководимая академиком А. А. Белопольским, уже занимала огромное место в общей „продукции“ обсерватории. Как новая отрасль, быстро шедшая вперед и дававшая много интересных неожиданностей, еще большее место астрофизика занимала в умах и беседах молодой части этого нового поколения русских астрономов.

На мировом астрофизическом небе великий пионер приложения спектрального анализа к небесным светилам В. Гёггинс был уже на склоне своей деятельности. В Париже (Медоне) уже близился к закату Жансен. Полным блеском сияла звезда Фогеля в Потсдаме. Но, быть может, больше всего интересовались мы вновь восходящими светилами. И среди этих имен одним из заметнейших становилось имя молодого американца Гэля, публиковавшего тогда свои первые работы со спектрогелиографом, который одновременно стал рабочим инструментом в руках его в Чикаго и в руках Деландра в Париже. Истекшие тридцать с лишком лет вознесли это имя на высоту имен крупнейших мировых ученых нашего времени, и то, что тогда лишь начиналось, теперь выросло и стало главным содержанием современной науки о Солнце и звездах.

Джордж Эллери Гэль (George Ellery Hale) родился в Чикаго 29 июня 1868 года, работал в знаменитой обсерватории Гарвард-Колледжа (Бостон) и в то же время учился в Массачусеттском технологическом институте, из коего вышел бакалавром наук (B. S.) в 1890 году. Обладая независимым состоянием, Гэль уже в 1889 году построил в Кенвуде (Kenwood, Чикаго) свою собственную обсерваторию с значительным, по тому времени, 12-дюймовым (30-см) рефрактором. Здесь Гэль работал до 1896 г., в 1892 г., однако, став одновременно assistant professor (что соответствует приблизительно нашей приват-доцентуре), а в 1897 г. — и профессором астрофизики Чикагского университета. В 1895 г. он стал директором Иеркской обсерватории того же университета, с величайшим в мире и поныне 102-см (40-дюйм.) рефрактором, а в 1904 г. директором первой в мире астрофизической Солнечной обсерватории на Моунт-Вилсоне в Калифорнии, построенной на средства Института Карнеги. На этом посту Гэль оставался до 1925 г., когда, отказавшись от него, остался почетным директором (honorary director) этой крупнейшей астрофизической обсерватории мира. К этому нужно еще прибавить, что в 1892 г. Гэль стал издателем журнала *Astronomy and Astrophysics*, впоследствии, в 1897 г., преобразованного в важнейший в настоящее время *Astrophysical Journal*, одним из руководителей которого он остается и сейчас.

Уже и этот сухой перечень достаточно ярко обрисовывает ту гигантскую научную энергию, которую развил в своей работе Гэль.

Оглядываясь на это громадное научное творчество, нужно особенно остановиться на двух сторонах его: на чисто индивидуальной и на общественно- или организационно-научной.

1892-й год в жизни Геля является эпохой и с той и с другой стороны; в этом году он становится профессором и издателем *Astronomy and Astrophysics*. Нельзя сомневаться в том, что это последнее обстоятельство сыграло огромную роль в создании около Геля круга молодых астрофизических сил Америки, ныне занявших первое место в мировой астрофизике.

И в том же 1892 году, в январе месяце, были сделаны первые, уже совершенно удачные, работы с создавшим Гэлю всемирную славу спектрогелиографом. Принцип этого прибора был указан еще Жансеном в 1869 г., но практическое осуществление он получил в руках Геля, и одновременно и независимо в руках Деландра в Париже, лишь в это время. С какими идеями вступал в научную жизнь этот человек, 27 лет от роду бывший уже директором обсерватории с величайшим в мире рефрактором? Ответ на этот вопрос можно найти у самого Геля на страницах выпущенной им в 1908 г. книги *Study of Stellar Evolution* (Изучение звездной эволюции). Здесь, в маленькой главе, *The Student of New Astronomy*, Гэль рассказывает о том, как старое представление об астрономе как о человеке, который вскоре после захода солнца удаляется на высокую башню созерцать с ее вершины небо в долгих ночных бдениях, стало в корне неверным. Прямой потомок халдейских предсказателей и магов, этот астроном мог жить в стороне от света, мало интересуясь житейской суетой, углубленный в созерцание небесных тайн лишь в давно прошедшие времена.

И сейчас еще это представление продолжает существовать у некоторых, хотя уже давно создалась новая астрономия. Правда, и сейчас непосредственное наблюдение может давать открытия, ибо постоянное изменение составляет самую глубокую сущность небесных явлений, и неослабное

внимание должно выявлять важные факты, на которых могут строиться широкие обобщения. Но теперь на помощь глазу и телескопу пришли различные приспособления, в своем множестве совершенно преобразовавшие ежедневную работу астронома. Приложенный к точному измерению форм и положений микрометр позволяет открывать изменения, недоступные непосредственному зрительному восприятию. Точно определяя яркость, фотометр показал, что светила, сияющие с неизменной яркостью, являются исключением, а не правилом. Фотографическая пластинка, со своей способностью накопления ничтожнейших эффектов излучения, оказалась много чувствительнее простой человеческой сетчатки. Наконец, спектроскоп — не последнее еще обогащение астрономического инструментария — ввел в астрономию новые революционные начала, дав возможность производить химический и физический анализ самых отдаленных звезд.

В силу всего этого нынешний астрофизик далеко не соответствует указанному традиционному представлению об астрономе. Его работа при телескопе в значительной мере ограничивается такими задачами, как удерживание изображения звезды как раз на пересечении нитей в поле зрения телескопа, или удерживание его на узкой щели спектрографа, чтобы звезды и туманности или их спектры могли отчетливо запечатлеваться на фотографической пластинке. Самая интересная часть его работы и большинство его открытий делаются после проявления этих пластинок путем долгого изучения и кропотливого измерения их под микроскопом. Астрофизик должен создавать новые методы вычислений и приведений, равно как и строить новые наблюдательные приборы. Значительная часть его рабочего времени уходит на лабораторию, где он, теми средствами, какими снабдили его физик и химик, старается воспроизвести различные условия температуры и давления, которые должны господствовать на звездах, и внимательно наблюдать состояние металлов и газов в этих необычных условиях. Если, убежденный в возможности использовать новые многообещающие средства исследования, он пойдет по еще неисследованным путям, то он должен посвятить себя проек-

тированию и сооружению новых приборов, дополняющих старые. Соприкасаясь, таким образом, с последними достижениями физического и химического исследования, с бесчисленными приложениями электричества, с методами современной техники и практическими деталями работы мастерской, он должен интересоваться ими, как и всякий. Его интерес к исследованиям во всех областях науки должен расти и укрепляться по мере того, как развивается его общее представление о великой задаче эволюции звезд, благодаря его собственным исследованиям самых ранних ее фаз. И те наслаждения и энтузиазм, которые дает ему его труд, должны стать не смутной страстью мистика, неспособность которого к ясному видению приводит к исканию странных богов, а тем, что должен испытывать каждый удачливый искатель истины, исследует ли он неизмеримые размеры и расстояния небесных тел или мельчайшие, но не менее паразитические явления микроскопической жизни и ее форм.

Однако, хотя нельзя достаточно сильно подчеркнуть, что изучающий звездную эволюцию не может сочувствовать мистике, с его прямо противоположным направлением и строем мыслей, все же верно, что надлежало прилагаемое и критически контролируемое воображение нужно считать наилучшим помощником в движении науки вперед. Вопрос об этом контроле настолько важен, что прежде всего нужно остановиться на нем. Ничто не причинило науке больше вреда, чем необузданная игра воображения тех людей, которые в широкой прессе пользуются славой научных авторитетов. Так, крупные солнечные пятна становятся невинной причиной землетрясений и ураганов, не говоря уже об их воздействии на цены пшеницы. Кометы, эти некогда безошибочные предзнаменования войн и эпидемий, все еще клеймятся именем поджигателей и при каждом своем появлении грозят земле гибелью. Мистические свойства приписываются центру вселенной, и хорошо знакомая нам планета, на том неверном основании, будто она находится в центре вселенной, догматически признается единственным возможным местом существования человека. Таким образом возникает ложное представление о науке, и создается среди масс

спрос на чудеса, не легко удовлетворяемый знакомством с менее необычайными фактами.

Но при всей его опасности, когда нет необходимой сдержанности, верно направляемое воображение является лучшим руководителем астронома. Его мечтания уходят далеко за пределы его достижений, и каждый рабочий день его дает частицу выполнения плана, задуманного годами раньше. Он знает, что пройдет еще немного поколений, — и многие его методы и приборы уступят место лучшим, и старается напрячь свое духовное зрение, чтобы хоть смутно уловить что-нибудь во мраке грядущего. Сидя в своей лаборатории, окруженный линзами и призмами, оптическими решетками и зеркалами и другими элементарными приспособлениями науки, изучающей свет, он не может не увлекаться заманчивой мыслью, что последовательное развитие того или другого хорошо известного принципа оптики может привести к созданию из этих самых элементов новых приборов огромной силы. Он узнает о каком-нибудь успехе в конструктивной технике или в искусстве стекловарения и мечтает о новых возможностях применить их к сооружению своих телескопов или к оборудованию лабораторий. Он читает об открытии в физике или в химии, и его мысль сейчас же начинает деятельно работать над приложением нового знания к разрешению давнишних космических задач.

Но и здесь опять-таки необходим контроль, ибо при таком многообразии интересов, при таком постоянном возбуждении воображения возникает очевидная опасность простого любительства. При множестве вопросов, могущих получить разрешение, с отвлечениями во все стороны, соперничающими между собой богатством дальнейших возможностей, главнейшей трудностью является мудрый выбор. Дело ведь не в том, чтобы найти какую-нибудь работу, а в том, чтобы остановиться на том, что более всего заслуживает исследования. Здесь проявляется вся важность определенного плана исследования. Такой план может иметь в виду одно исследование, систематически проводимое в течение целого ряда лет, либо охватывать несколько исследований, ведомых одновременно. В большой обсерватории значение каждой отдельной работы повышается, если ра-

бота выбрана не случайно, не только по своей собственной интересности, но прежде всего по той роли, какую она играет в единой логической схеме исследования. Ее собственная важность не должна терпеть ни малейшего ущерба от ее отношения к остальной работе, тогда как свет, проливаемый ее результатами на другие исследования принятого плана, должен помогать им и даже, может быть, раскрывать их главнейшие смысл и значение. Кроме того, то же самое исследование, осуществляемое в другом месте, может оказаться малоценным при отсутствии тех указаний, которые, несомненно, придут от связанных с данным другими исследований.

В этих словах — программа той жизненной работы, которую не только построил, но и выполнил в своей научной деятельности Гэль. Поставив себе целью „изучение звездной эволюции“, он отдал ей всю свою энергию, все свое „критически контролируемое“ воображение и творчество и решил эту задачу, как редко кому выпадает на долю, создав новые средства исследования как в виде отдельных приборов, так и в виде величайшей обсерватории, и, что еще много важнее, создав школу американской астрофизики, блистающей именами Шапеля (Shapley), Адамса (Adams) и многих других.

Исходя из того, что первым шагом в познании эволюции звезд прежде всего и больше всего должно быть изучение ближайшей из них, могущей в силу этого быть изученной подробнее всего, — нашего Солнца, — свою личную научную работу Гэль направил в эту сторону. И какие бы соблазны сойти с этого пути — а при огромных средствах изучения, бывших у него в руках, соблазны эти не могли не быть огромными — ему ни представлялись, он твердо шел только по этому пути, не отклоняясь в стороны, и, несомненно, в нынешней науке о солнце никто не занимает высшего, чем он, места. Еще на студенческой скамье, 20 лет от роду, он думает о новых приборах и средствах изучения Солнца и уже с 1889 года начинает конструировать свой знаменитый спектрогелиограф — наиболее важный по количеству и качеству данных им откровений прибор в науке о Солнце. Лишь через три года он получает удачные снимки

этим прибором, спектрогелиограммы, и можно себе представить, как напряженно работала его мысль все это время! Конструирование щелей спектроскопа в механическом отношении представляет большие трудности даже при небольшой высоте этой щели, в какой-нибудь сантиметр, а тут (для Кенвудского спектрогелиографа) приходилось строить спектроскоп с щелью высотой свыше 5 см. И вряд ли Гэль мог бы справиться с этой задачей так сравнительно скоро и удачно, не обладай он высоким техническим образованием.

Этим именно прибором были сделаны его величайшие открытия, о которых он так скромно рассказывает на страницах этой книги, открытия магнитности пятен и обращения их полярности при минимумах пятнообразовательной деятельности Солнца.

В эту же сторону направлены и последние работы Гэля. Еще недавно (см. *Nature* от 25 окт. 1924 г.) он стал строить новый прибор, спектрогелиоскоп, позволяющий (конечно, в области видимой части спектра) видеть субъективно то, что объективно дает спектрогелиограф. Для этого Гэль в высокой степени остроумно использовал стробоскопический эффект, заставив щель спектрогелиоскопа и соответственную вторую щель в его фокальной плоскости двигаться быстрым колебательным движением. В совсем еще недавнем сообщении об этом (см. *Nature* от 18 сент. 1926 г.) Гэль уже говорит, что в своей последней форме „спектрогелиоскоп не только вскрывает тончайшие структурные детали, какие видны на лучших Моунт-Вилсонских спектрогелиограммах, но и помог уже открыть и измерить некоторые новые явления“. В настоящее время представляется вероятным, по мнению Гэля, что при помощи спектрогелиоскопа можно полнее анализировать водородные вихри вокруг солнечных пятен, чем это было возможно до сих пор.

Но у спектрогелиоскопа есть еще одно огромное преимущество. Исследовав различные возможности и сделав ряд испытаний, Гэль нашел такую форму солнечного телескопа со спектрогелиоскопом, которая обещает быть и недорогой по цене и чрезвычайно эффективной. Он предвидит даже возможность ее широкого распространения, благодаря этим качествам, в среде астрономов любителей. А какие возмож-

ности откроются для изучения жизнедеятельности Солнца при большом числе наблюдателей, вооруженных такими могучими средствами, говорить не приходится. Гэль обещает в скором времени, после окончания всех испытаний этой новой конструкции, дать все детали этого прибора, и при его энергии можно быть уверенным, что это время уже совсем близко.

Такова в главных чертах личная научная работа Гэля. В ней мы не видим гениальных порывов и прозрений, как это было, быть может, много ярче у другого великого астрофизика Целльнера, но в ней была безмерная напряженная умственная энергия, вооруженная необычайно благодарными данными и крупными средствами, действовавшая по глубоко продуманному, логически проработанному на многие годы вперед плану, направляемая с исключительной твердостью по одному руслу.

Меньше выявляется, в смысле индивидуальности, другая сторона трудов Гэля, ибо в ней труднее уже отделить личные элементы от коллективных. Но все же вся эта работа, хотя бы и коллективная, велась под его руководством, вдохновлялась прежде всего его мыслью, направлялась его волей. И эта сторона жизненной работы Гэля вряд ли менее замечательна, чем чисто индивидуальная. Я говорю об его общественно- и организационно-научной работе, в особенности об этой последней. По первой из них прежде всего нужно упомянуть его редакционную работу, как руководителя журналов сначала *Astronomy and Astrophysics*, а затем, уже до последнего времени, *Astrophysical Journal*. Замечу лишь, что в качестве редактора Гэль работает уже почти 35 лет и что свыше 25 лет последний журнал занимает важнейшее место в мировой астрофизической литературе.

При всей огромности этой работы она, однако, стоит все же на втором плане по сравнению с работой организационно-научной или, точнее, научно-организационной. Здесь мы имеем три достижения, сменивших одно другое и превосходивших каждое своего предшественника. Я имею в виду, конечно, те обсерватории, в созидании которых Гэль был единственным или главным деятелем.

Их было три: Кенвудская, Иеркская и Моунт-Вилсонская. Первая из них, личная, была невелика и характерных

особенностей, может быть, и не представляла, за одним исключением: несмотря на ее сравнительную незначительность, при ней была самостоятельная механическая мастерская, хотя обсерватория эта находилась в самом Чикаго, миллионном городе, в котором недостатка в механиках и механических мастерских быть не могло. Объяснения этому надо искать, вероятно, в техническом уклоне самого Гэля и в высказанном им где-то мнении, что при отсутствии средств на покупку приборов единственным выходом является постройка их собственными силами.

Заметно иначе уже обстояло дело с Иеркской обсерваторией. У нее и у Кенвудской была, впрочем, одна общая органическая особенность. При постройке обсерватории можно пойти по одному из двух направлений: либо могут осуществляться цели индивидуальных работ, одной или нескольких самостоятельных, независимых одна от другой, либо же, положив в основу единый широкий план, можно все работы обсерватории соподчинить этому единому плану. И Кенвудскую, и Иеркскую обсерваторию нужно отнести к первому типу: в первой разрабатывалась одна, сравнительно, неширокая тема, во второй таких тем было несколько, но разрабатывались они совершенно самостоятельно, без взаимной связи, имея в виду лишь возможно широко использовать все преимущества великолепного 102-см рефрактора. Только в том отделе, где работал сам Гэль, существовало определенное стремление связать исследования Солнца и звезд с исследованием лабораторным. Были и внешние условия, мешавшие осуществлению чисто научных целей. Прежде всего обсерватория не была освобождена от функций учебного характера и даже едва не была построена в самом Чикаго. К счастью, победила мысль о необходимости уйти от городского освещения и других неблагоприятных условий, и место для обсерватории было выбрано, хотя недалеко от Чикаго, но все же уже вне его и его вредных влияний.

Другимотягчающим условием были эстетические стремления жертвователя, благодаря чему архитектор должен был остановиться на постройке из кирпича, что представляется совершенно неудовлетворительным с астрономической точки

зрения, которая требует возможной одинаковости температур воздуха вне и внутри башни, что неосуществимо при сколько-нибудь значительных массах кирпича.

В других отношениях дело обстояло, однако, лучше, и Иеркская обсерватория получила не только механическую мастерскую, начало которой положили инструменты и станки Кенвудской, но и оптическую, с самого начала поставленную под руководство знаменитого оптика Ритчея (Ritchey, шлифовщик  $2\frac{1}{2}$ -метрового Гукерова зеркала). Без этой оптической мастерской нельзя было бы осуществить многих исследований, произведенных в обсерватории Иеркса. Наконец, еще очень важной особенностью ее оборудования была специальная спектроскопическая лаборатория для воспроизведения явлений, какие наблюдаются в спектрах Солнца и звезд.

Нелишним будет еще один штрих работы Гэля: Иеркская обсерватория была начата в 1895 году и закончена в 1897-м, т.-е. построена всего в два года!

Те стеснения, которые неизбежно связаны с университетской обсерваторией, с ее учебными требованиями и ограниченными средствами, не позволили развернуть здесь достаточно широко работу чисто исследовательскую. Но авторитет Гэля был уже так велик, что ему охотно пошел навстречу Институт Карнеги, для которого названные затруднения отпадали. Здесь Гэль мог приложить уже всю мощь своего организационного гения: он создал обсерваторию на Моунт-Вилсоне.

Когда Институт Карнеги принципиально решил строить обсерваторию для дальнейшего развития исследований Солнца и звезд, начатых в Кенвуде и продолженных в Иеркской обсерватории, прежде всего возник вопрос о месте новой обсерватории. Гессей (Hussey) обследовал целый ряд мест в Америке и Австралии и в конце концов остановился на горе Вилсон в Южной Калифорнии, близ городка Пасадены. Эта гора достаточно высока (около 1800 метров), чтобы наиболее плотные и непрозрачные слои воздуха были уже ниже наблюдателя, с одной стороны, а с другой — она очень лесиста, что в значительной степени ослабляет вредные влияния нагревания воздуха Солнцем. Кроме того климат

Калифорнии отличается большим количеством ясных дней (иногда целые месяцы непрерывной ясной погоды),— очень важное условие для изучения явлений, длящихся много дней.

Программа Моунт-Вилсонской обсерватории была намечена в общих чертах следующая: 1) исследование Солнца, 2) фотографическое и спектроскопическое изучение звезд и туманностей и (3) лабораторные исследования для истолкования явлений Солнца и звезд. Выполнение такой программы требовало осуществления ряда условий, как отчетливость дневных и ночных изображений светил, прозрачность дневного и ночного неба, длительные периоды ясной погоды и незначительность, в среднем, силы ветра, заставляющего дрожать большие инструменты и тем ухудшающего их работу.

Для проверки того, в какой мере Моунт-Вилсон удовлетворял этим требованиям, была снаряжена особая экспедиция под руководством Гэля, которая начала свою работу в марте 1904 года. К декабрю того же года выбор был уже окончательно решен.

Главные результаты в этой экспедиции были получены при помощи телескопа, построенного на пожертвования мисс Сно (Snow) еще Иеркской обсерватории и затем приобретенного у последней Институтом Карнеги. В нем были уже осуществлены многие особенности конструкции, намеченные Гэлем: самый инструмент остается неподвижным, и движутся лишь подающие ему свет зеркала, вращающееся плоское 20-дюймовое (76-см) зеркало целостата и второе вспомогательное плоское зеркало, направляющее лучи от целостата к 24-дюймовому (60-см) вогнутому зеркалу рефлектора. Последних зеркал имеется собственно два, могущих сменять одно другое. Одно из них имеет фокусную длину в 18 метров и дает изображение Солнца около 17 см в поперечнике, другое — с фокусом в 48 см и 40-см изображением Солнца. Интересная деталь: было замечено, что под действием лучей Солнца зеркала теряют правильность формы, но эти искажения меньше в ветреные дни, чем в безветренные; поэтому были введены электрические вентиляторы, обдувающие зеркала во время работы. Результаты получились прекрасные.

Вторым инструментом Моунт-Вилсонской обсерватории был 152-см рефлектор, построенный, как и Snow telescope, Ритчем и начатый также еще в Иеркской обсерватории.

Недостаток места не позволяет долго останавливаться на дальнейшем развитии Моунт-Вилсонской обсерватории, на ее двух башенных телескопах, гигантском Гукеровом 258-см рефлекторе, интерферометре, спектральных приборах огромной силы и т. д., о многом из чего рассказывает сам Гэль в настоящей книжке. Неизменным остается только одно: все здесь подчинено основным центральным идеям этой обсерватории.

Само собою разумеется, что в Моунт-Вилсонской обсерватории имеются самым полным образом оборудованные механическая и оптическая мастерские. Достаточно сказать, что Ритчей здесь же отшлифовал 258-см зеркало Гукерова телескопа.

Моунт-Вилсонской обсерваторией Гэль воздвигнул себе великий памятник. По цельности и продуманности плана, по глубине основной идеи трудно найти что-нибудь выше этого или даже равное ему. И, быть может, нужно было бы вернуться почти за 100 лет назад, чтобы найти, *mutatis mutandis*, подходящее сравнение: великое творение гениального наблюдателя В. Я. Струве, сумевшего в своем детище, Пулковской обсерватории 1839 года, использовать огромные по тому времени средства на осуществление единой, ясно и глубоко осознанной и проработанной идеи об изучении и непрерывном исследовании основных элементов астрометрии.

Перечитав набросанные мною строки, я вижу, как слабо переданы мною впечатления от работ Гэля, но я буду удовлетворен, если читатель сможет искренно сказать вместе со мной: великая, кипучая, плодотворная жизнь! И не осуществил ли в ней Гэль прекрасных слов Гюйо: *la vie la plus intense et la plus extense*, самая широкая и глубокая жизнь, в лучшем смысле этих слов?

А. ОРБИНСКИЙ.

Одесса.  
Ноябрь 1926.

---

## ГЛАВА ПЕРВАЯ.

### НОВОЕ НЕБО.

В ясную безлунную ночь выйдите под открытое небо и попробуйте сосчитать звезды. Если вы находитесь в таком месте, которое лежит далеко от зарева городов, нередко достаточно сильного, чтобы скрыть все объекты, кроме самых ярких, то вы найдете, что это нелегкая задача. Звезды всех шести величин греческих астрономов — от сверкающего Сириуса до самых слабых точек света, доступных глазу — в обилии рассыпаны по небесному своду. Их число кажется беспредельным, но действительный подсчет скоро покажет, что ваш глаз был введен в заблуждение. По всему небу от полюса до полюса невооруженным глазом нельзя было бы открыть больше шести — семи тысяч звезд. С одного места, даже при самом остром зрении, можно видеть только две или три тысячи их. Из них столько лежат на пределе видимости, что Птолемею Альмагест, каталог всех звезд, положения которых были измерены простыми приборами греческих астрономов, содержал только 1 022 звезды.

Множество астрономических сведений уходит далеко в темное прошлое, еще до Птолемея: мы находим их в умозрениях греческих философов, в тайнах египетского солнечного бога, в наблюдениях древних халдеев. Все народы, при первых движениях своей интеллектуальной молодости, увлекаемые ночным великолепием небес и безостановочными движениями планет, строили себе те или иные системы неба, в которых чувство удивления и жажда знания объединялись с практическими нуждами жизни. Измерение времени и нужды мореходства всегда влекли к астрономическому исследованию, но на первом плане здесь были умственные запросы. Гиппарх и греческие астрономы

александрийской школы, отбросив заблуждения магии и гаданий, поставили астрономию на научную основу, хотя позднее реакция средних веков заставила даже такого великого астронома, как Тихо Браге, обращаться иногда к занятиям астрологией.



*Рис. 1.* Созвездие Ориона (Гёббл). Снимок при помощи маленькой камеры с линзой в 2,5 см отверстием и 12,5 см фокальной длины. Три яркие звезды в центре рисунка составляют пояс Ориона. Как раз под ним, в рукояти меча, находится неправильное белое пятно около трех миллиметров в поперечнике — изображение большой туманности Ориона в малом масштабе (в большом виде см. рис. 2).

### ДРЕВНИЕ ПРИБОРЫ.

Прозрачное небо Египта, редко затмеваемое облаками, очень благоприятствовало наблюдениям Птолемея. Здесь был составлен его большой звездный каталог, основанный

на более ранних наблюдениях Гиппарха <sup>1)</sup> и предназначенный оставаться единственным каталогом на двенадцать слишком столетий, до того времени, когда Улуг-Бей, князь Самаркандский, повторил работу своего греческого предшественника. Во все это время на звезды смотрели главным образом как на опорные точки для наблюдения планетных движений, и наблюдательные инструменты мало в чем изменялись. Астролябия, состоящая из

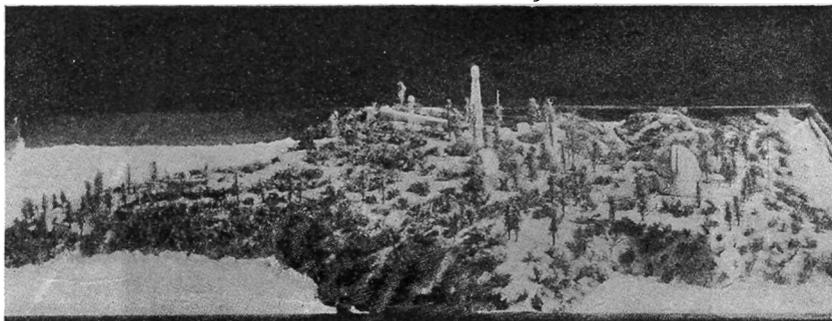


*Рис. 2.* Большая туманность Ориона (Пиз). Снята 258-см телескопом. Этот снимок с короткой экспозицией показывает только яркую центральную часть туманности. При более долгой экспозиции становится видимой обширная окружающая область.

круга, разделенного на градусы, с вращающейся поперечной линейкой, служившей для наведения на наблюдаемый предмет, дает хорошее представление о их сущности и основах. В своей простой форме астролябия подвешивалась в вертикальной плоскости, и звезды наблюдали, наводя на них визиры подвижной линейки. Затем на круге отсчитывалась их высота. В конце концов круг астролябии, установленный так, чтобы один из ее диаметров был параллелен земной

<sup>1)</sup> В настоящее время этот взгляд отвергается, и автором каталога считают самого Птолемея. *Прим. ред.*

оси, стал армиллярной сферой — предшественником нынешних экваториальных телескопов. Большие каменные квадранты, установленные в меридиане, применялись также очень давно. Из таких приспособлений, мало изменявшихся в течение столетий, состоял сложный инструментарий Уранибурга — большой обсерватории, которую в 1576 г. построил Браге на датском острове Гвене. В этом „небесном граде“, пользуясь для собиранья света все еще только невооруженным глазом, Тихо произвел те неоценимые наблюдения, которые позволили Кеплеру вывести истинные законы пла-



*Рис. 3.* Модель вершины Моунт-Вилсона, сделанная Эллерманом и показывающая постройки обсерватории среди деревьев и кустов. 18-м башня на краю слева, находящаяся над пропастью каньона глубиной в 450 м, представляет вертикальный телескоп Смитсоновской астрофизической обсерватории. Над ней находится «Монастырь» и другие здания, служащие жильем для астрономов обсерватории Моунт-Вилсона во время их работы на горе (которые, вычислительные, лаборатории и мастерские находятся в Пасадене). Идя дальше по хребту, мы последовательно находим купол 25-см фотографического телескопа, машинное здание, лаборатории, горизонтальный телескоп Сно, 18-м башенный телескоп и 45-м башенный телескоп; последние три служат для изучения солнца. Купол 152-см рефлектора находится как раз под 45-м башней, 258-см телескоп находится дальше направо. Высота Моунт-Вилсона около 1200 м.

нетных движений. Но и после всей этой вековой работы звездный мир не содержал объектов, помимо какой-нибудь случайной кометы или временной звезды, которые лежали бы вне досягаемости древнейших астрономов. Представлениям о звездной вселенной, за исключением разве тех людей, которые пренебрегали твердой почвой наблюдений, ставила предел незначительность отверстия человеческого зрачка. Но уже занималась заря нового века.

Преобладание Солнца как центрального тела солнечной системы, которое Аристарх Самосский признал почти за три века до христианской эры, но которое позднее было отвергнуто под влиянием авторитета Птолемея и учений церкви, было вновь установлено польским священником Коперником в 1543 г. Кеплеровы законы движения планет, согласно которым планеты движутся не по кругам, а по эллипсам, устранили последний дефект коперниковой системы и заставили, волей-неволей, принять ее. Но как светский, так и церковный мир крепко держались за предание, и были крайне нужны какие-нибудь очевидные доказательства новой теории. Их дало галилеево изобретение телескопа.

Собирающая линза (или хрусталик) человеческого глаза, ограниченная зрачком глаза до диаметра не более полу-сантиметра, была единственным собирателем света звезд, какой был в распоряжении греческих и арабских астрономов. Телескоп Галилея, в 1610 г сразу раздвинувший границы известной тогда звездной вселенной, и сделавший видимыми нам много тысяч звезд, имел линзу с поперечником всего около 6 сантиметров. Поверхность этой линзы, пропорциональная квадрату ее поперечника, была все же приблизительно в восемьдесят один раз больше площади зрачка. Это огромное увеличение количества собираемого света должно было давать звезды до величины 10,5, которых, как мы знаем, имеется почти пол-миллиона.

Сказать, что галилеев телескоп революционизировал человеческую мысль, не будет слишком много. Обращенный на Луну, он открыл горы, равнины и долины, а Солнце, раньше считавшееся беспорочным в своем совершенстве, оказалось усеянным темными пятнами, меняющимися со дня на день. Юпитер, у которого было найдено четыре спутника, обращающихся вокруг него, представил изображение солнечной системы в миниатюре и сильно подкрепил взгляд Коперника на ее устройство, окончательно установленное галилеевым открытием фаз Венеры и изменением ее видимого диаметра во время ее обращения вокруг Солнца. Галилеево доказательство правильности теории Коперника означало падение средневековых взглядов и поставило астрономию на твердое основание. Но, хотя телескоп Галилея

увеличил число видимых звезд во сто раз, прошло еще больше столетия, прежде чем были раскрыты истинные возможности звездной астрономии.

### Строение вселенной.

Вильям Гершель был первым астрономом, который серьезно взялся за задачу о строении звездной вселенной. В своей первой работе „О строении неба“, доложенной Лондонскому Королевскому Обществу в 1784 г., он писал:

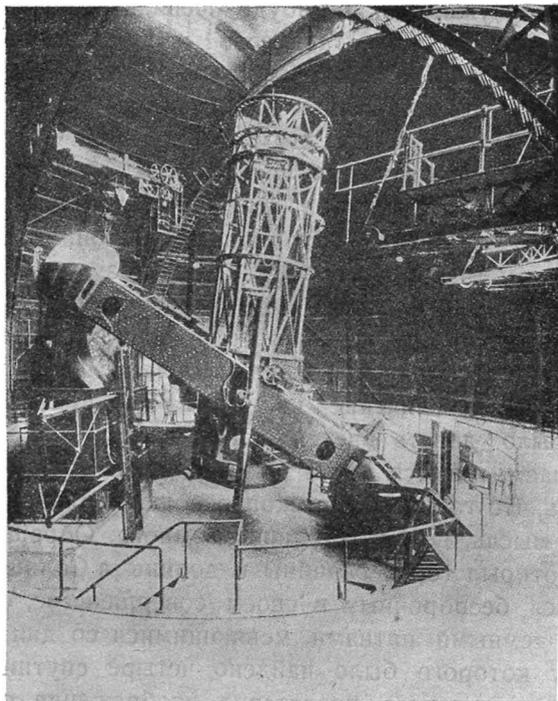
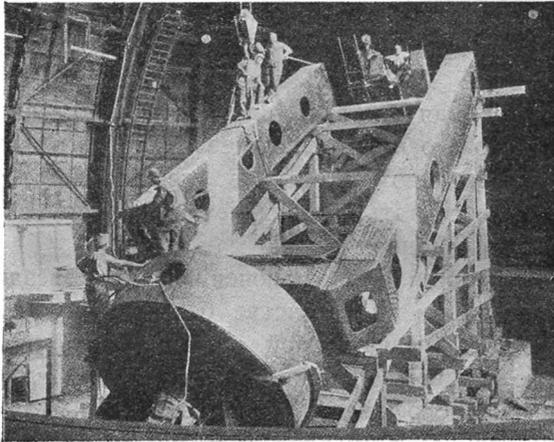


Рис. 4. 258-см (100-дюйм.) Гукеров телескоп.

„До настоящего времени звездное небо представляли — и не несоответственно для намеченных целей — вогнутой поверхностью сферы, в центре которой можно было считать помещенным глаз наблюдателя... В будущем мы будем смотреть на эти области, в которые теперь мы можем прони-

кать при помощи столь больших телескопов, так, как естествоиспытатель смотрит на горный хребет, или на обширные пространства земли, состоящие из слоев, различно наклоненных и направленных, но в то же время состоящих из весьма различных веществ“.

Направив свой 45-сантиметровый телескоп на часть Млечного Пути в Орионе, Гершель нашел, что его белое сияние полностью разрешается на мелкие звезды, в отдельности невидимые его прежним телескопом. „Бесчисленное множество звезд всех возможных размеров, представлявшихся теперь моему взору, было воистину поразительно;



*Рис. 5. Установка полярной оси 258-см телескопа.*

но так как мерцающий блеск сверкающих звезд может вовлечь нас в ошибку и заставить преувеличить число против того, что есть на самом деле, то я попытался решить этот вопрос, сделав подсчеты во многих полях зрения и вычислив из среднего, полученного из этих подсчетов, сколько звезд может содержать какая-нибудь данная часть Млечного Пути“. Этим путем, примененным не только для Млечного Пути, но и для всех частей неба, Гершель определил и приблизительную численность, и распределение всех звезд, доступных его прибору.

Сравнивая многие сотни таких „черпков“, или подсчетов звезд, одновременно видимых в поле зрения величиною приблизительно в четверть поверхности полной луны, Гершель нашел, что среднее число звезд в поле зрения возрастает по направлению к большому кругу небесной сферы, который ближе всего совпадает с Млечным Путем. В девяноста градусах от этой плоскости, на полюсах Млечного Пути, в поле зрения телескопа в среднем было видно только четыре звезды. С приближением к Млечному Пути это число, увеличиваясь сначала медленно, затем все более и более быстро, поднимается, наконец, до среднего в 122 звезды на одно поле.

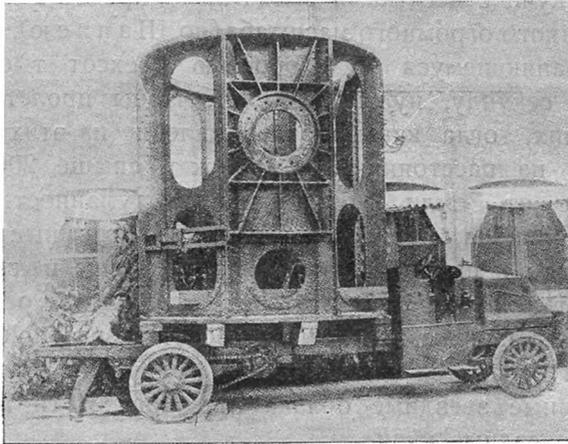
Эти наблюдения были сделаны в северном полушарии, а позднее Джон Гершель, пользуясь отцовским телескопом, на мысе Доброй Надежды нашел, что и в южном полушарии видимая звездная плотность растет почти таким же образом. По его оценкам, общее число звезд всего неба, достаточно отчетливо видимых в его телескоп, чтобы их можно было сосчитать, составляет, вероятно, около пяти с половиной миллионов.

Гершели пришли к заключению, „что звезды нашего неба не рассеяны в пространстве безразлично по всем направлениям, но образуют слой, толщина которого, в сравнении с его длиной и шириной, невелика, и что земля занимает в этом слое место приблизительно в его центре, близ точки, где он подразделяется на две главных ветви, наклоненные одна к другой под небольшим углом“. Этот взгляд по существу не отличается от современного представления формы Млечного Пути; но так как Гершели не могли видеть звезд слабее пятнадцатой величины, то и их выводы, разумеется, были приложимы только к ограниченной области вокруг солнечной системы, в середине той безгранично раскинувшейся звездной вселенной, которая стала доступной нашим нынешним инструментам.

#### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ.

Поразительные успехи современной астрономии были обусловлены главным образом двумя великими достижениями в области приборов: возникновением и развитием

фотографического телескопа и приложением спектроскопа к изучению небесных объектов. Эти новые могучие инструменты, вместе со многими другими их дополнениями, совершенно революционизировавшими устройство обсерваторий, не только открыли несравненно большее число звезд и туманностей, — они сделали также возможными такие наблюдения, которые прежде считались невозможными. Химический анализ слабой звезды в настоящее время так прост, что его можно произвести в очень короткое время, с такой же быстротой, с какой вещество той же сложности можно анализировать в лаборатории. Спектроскоп измеряет



*Рис. 6.* Самая нижняя часть трубы 258-см телескопа, готовая для отправки из Пасадены на Моунт-Вилсон.

также скорость звезды, давление на различных уровнях в ее атмосфере, ее приблизительную температуру, а теперь, при помощи нового остроумного метода, и ее расстояние от Земли. Он определяет скорость вращения Солнца и туманностей, существование и периоды обращений по орбитам двойных звезд, слишком тесных, чтобы их мог разделить какой бы то ни было телескоп, наличие магнитных полей в солнечных пятнах и тот факт, что Солнце в целом, подобно Земле, является магнитом.

Эти новые возможности; вместе с другими, которые получились благодаря приложению физических методов самого

разнообразного характера, далеко раздвинули горизонты астронома. Теперь он может подойти к двум великим задачам: 1) о строении вселенной и движениях составляющих ее тел и 2) об эволюции звезд, их природе, происхождении, росте и смерти. Эти две задачи внутренне связаны между собою, и их нужно изучать как одну<sup>1)</sup>. Если бы место позволяло это, то было бы интересно сделать обзор успехов, уже достигнутых при помощи современных методов астрономического исследования. Уже сфотографированы сотни миллионов звезд, и пределы звездной вселенной раздвинуты далеко в пространство, хотя еще и не до конца. Шаровые звездные кучи с десятками тысяч звезд представляют собою явления такого огромного масштаба (по Ш а п л е ю), что свету, распространяющемуся со скоростью трехсот тысяч километров в секунду, нужно 500 лет, чтобы пролететь через одну из них, тогда как наиболее далекие из этих объектов находятся на расстоянии, быть может, свыше 200 000 световых лет от Земли<sup>2)</sup>. Спиральные туманности, числом свыше миллиона, представляют собою огромные вращающиеся массы в процессе развития, но мы еще не знаем с достоверностью, нужно ли считать их отдельными „островными вселенными“ или же входящими в состав звездной системы, в которой находится наша ничтожная группа Солнца и планет, огромные звездные облака Млечного Пути и далекие шаровые звездные кучи.

Эти немногие подробности могут дать слабое представление о масштабе известной нам вселенной, но нужно сказать еще несколько слов о некоторых из самых поразительных ее явлений. Значительное большинство звезд, движения

---

1) Третьей великой задачей астронома является изучение строения вещества, о чем говорится в главе III.

2) По одному из недавних исследований Ш а п л е я (раньше работавшего в Муунт-Вилсонской обсерватории, а теперь директора знаменитой Гарвардской обсерватории, где Шаплей заместил не так давно скончавшегося Э. Пиккеринга), звездное облако, стоящее в известном каталоге туманностей New General Catalogue под номером 6882 (в обычном астрономическом обозначении N. G. C., 6882), находится еще дальше. Расстояние этого скопления так велико (это пока небесный объект с наибольшим измеренным от нас расстоянием), что свет должен лететь от него до нас м и л л и о н лет.

*Прим. ред.*

которых были определены, принадлежат к одному из двух великих звездных потоков, но роль, которую играют эти потоки в звездной системе как в целом все еще неясна. Мы разделили звезды на классы, повидимому, в порядке их эволюционного развития <sup>1)</sup>, где они переходят из первичного состояния газообразных масс ничтожной плотности через различные последовательные стадии, обусловленные потерей тепла путем излучения и повышения плотности, происходящего от их сжатия. Довольно странно, что скорости звезд в пространстве тоже обнаруживают соответственные изме-



Рис. 7. Часть стальной фермы купола для 258-см телескопа по дороге на Моунт-Вилсон.

нения, увеличиваясь с возрастом звезды или, быть может, в зависимости от ее массы.

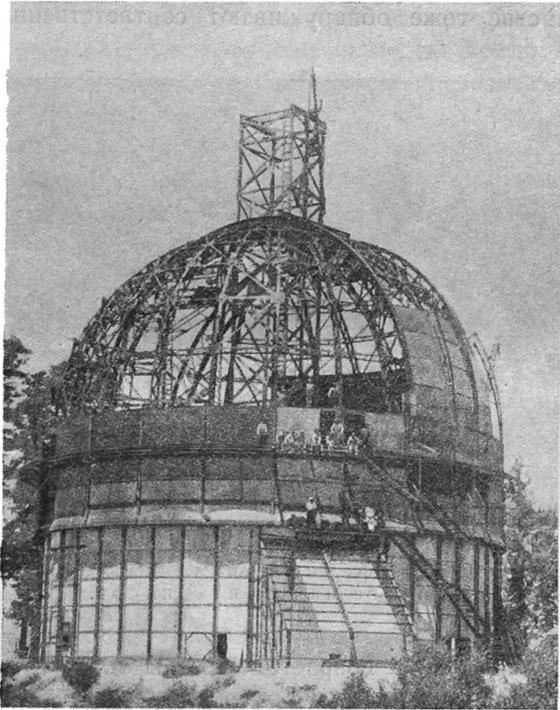
В очерченных нами пределах можно дать только несколько указаний на цели новой астрономии. Однако и сказанного достаточно, чтобы помочь каждому оценить увеличение возможностей исследования и природу трудных заданий, возлагаемых на современную обсерваторию. Но прежде чем перейти к описанию одного из последних при-

<sup>1)</sup> См. прибавление в конце книги. *Прим. ред.*

обретений астрономических инструментальных средств, нужно сказать несколько слов о главных видах телескопа.

#### РЕФРАКТОРЫ И РЕФЛЕКТОРЫ.

Астрономические телескопы бывают двух видов: рефракторы и рефлекторы. Рефрактор или преломляющий телескоп имеет объектив, составленный из двух или большего числа линз, расположенных на верхнем конце трубы, которая

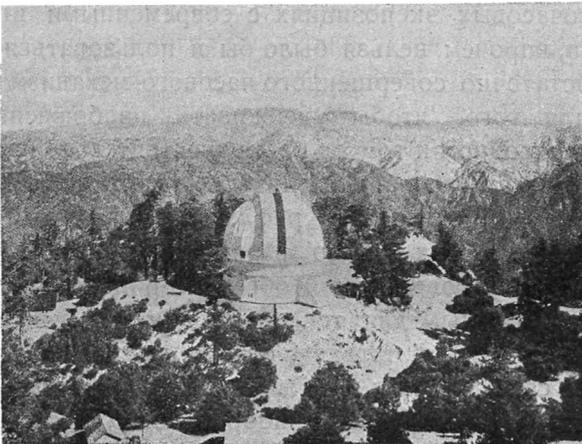


*Рис. 8.* Постройка стального здания и вращающегося купола для Гукерова телескопа.

направляется на небесный объект. Свет, прошедший через эти линзы, собирается в фокусе на нижнем конце трубы, где полученное изображение либо исследуется глазом при помощи окуляра, либо фотографируется на светочувствительную пластинку. Наиболее крупны и приборами этого

типа являются 91-сантиметровый Ликский телескоп и 102-сантиметровый рефрактор Йеркской обсерватории.

Рефлекторы или отражающие телескопы, особенно удобные для фотографической работы, хотя превосходные и для визуальных наблюдений, построены совершенно иначе. У них нет объектива. Труба телескопа обыкновенно бывает решетчатая, открытая на верхнем конце и с большим вогнутым зеркалом у нижнего конца. Это зеркало и заменяет линзу объектива. Его верхняя поверхность имеет параболическую форму, так как при сферической поверхности его, лучи, при-



*Рис. 9.* Башня с вращающимся куполом, 30 м поперечником, для 258-см Гукерова телескопа. Снимок с вершины 45-м башенного телескопа.

ходящие от далекого предмета, не соединялись бы в одном фокусе. Таким образом здесь свет не проходит сквозь стекло, — большое преимущество, особенно для фотографии, так как поглощение в линзах устраняет много синих и фиолетовых лучей, к которым фотографические пластинки чувствительнее всего. Отражение лучей происходит на верхней поверхности зеркала, покрытого слоем чистого серебра, который обновляется несколько раз в год и всегда поддерживается в состоянии высокого блеска. Посеребренное стекло лучше металлов или других веществ для телескопических зеркал главным образом потому, что его можно отшлифовать и по-

лизовать весьма совершенно и что посеребренную поверхность легко обновить, когда она потускнеет.

Большие рефлекторы Гершеля и лорда Росса, зеркала которых были сделаны из особого зеркального металла, были значительно слабее гораздо меньших телескопов нашего времени. В эти инструменты звезды наблюдались в то время, когда благодаря вращению земли они пересекали поле зрения, либо же звезды удерживались приблизительно на одном месте поля зрения передвижением телескопа при помощи веревок или цепей. В то время еще не было фотографических пластинок, дающих нам невидимые звезды и туманности при многочасовых экспозициях с современными инструментами. Ими, впрочем, нельзя было бы и пользоваться за отсутствием достаточно совершенного часового механизма, необходимого для того, чтобы удерживать изображение звезд в точности на одном и том же месте чувствительной пластинки.

Было бы интересно проследить долгую борьбу за первенство между рефрактором и рефлектором, каждый из коих в известных стадиях своего развития казался наилучшим инструментом. В современной обсерватории пользуются обоими типами, каждым для тех целей, для которых он лучше приспособлен. Для фотографирования туманностей и изучения более слабых звезд особенно пригоден рефлектор, что ясно показала работа таких приборов, как Кросслеев и Миллов рефлекторы Ликской обсерватории, большой 184-сантиметровый рефлектор, недавно начавший деятельную работу в Главной Канадской обсерватории, и 152-сантиметровый (60-дюйм.) и 258-сантиметровый (100-дюйм.) рефлекторы обсерватории на Моунт-Вилсоне.

Невооруженный глаз, со своей воспринимающей поверхностью около одной четверти квадратного сантиметра, позволяет нам видеть звезды шестой величины. 45-сантиметровый (18-дюйм.) рефлектор Гершеля, с поверхностью приблизительно в 5 000 раз большею, делал видимыми звезды пятнадцатой величины. 152-сантиметровый рефлектор, поверхность которого превышает поверхность зрачка в 57 600 раз, открывает звезды восемнадцатой величины, тогда как для получения звезд приблизительно двадцатой величины требуются фотографические снимки с экспозицией в четыре или пять часов.

Каждый выигрыш в величине означает большой выигрыш в числе видимых звезд. Звезды второй величины в 3,4 раза многочисленнее звезд первой величины, звезд восьмой величины в три раза больше, чем звезд седьмой, в то время как звезды шестнадцатой величины только в 1,7 раза многочисленнее звезд пятнадцатой величины. Это постоянно убывающее отношение обуславливается, вероятно, действительным уменьшением числа звезд к границам звездной вселенной, так как, несмотря на самые исчерпывающие проверки, еще не удалось получить никаких доказательств поглощения света при его прохождении через пространство. Но, несмотря на это убывание, выигрыш одной добавочной величины может означать прибавку многих миллионов звезд к тем, которые уже наблюдаются в 152-сантиметровый рефлектор. Здесь мы видим один из главных источников интереса к возможностям нового 258-сантиметрового рефлектора.

#### 258-САНТИМЕТРОВЫЙ ТЕЛЕСКОП.

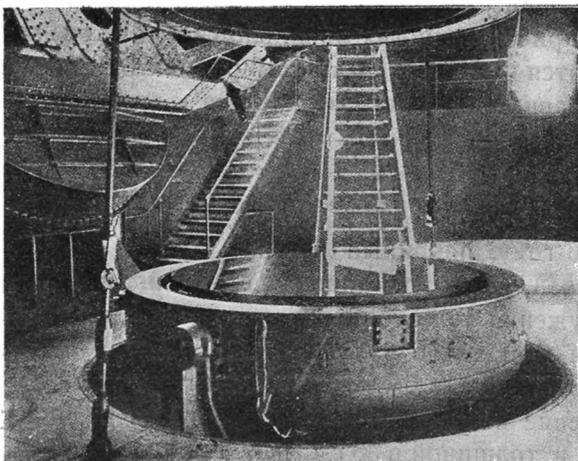
В 1906 году покойный Джон Гукер из Лос-Анжелес пожертвовал Институту Карнеджи в Вашингтоне сумму, нужную для сооружения телескопического зеркала в 258 см в поперечнике и достаточно большого, таким образом, чтобы собирать света в 160 000 раз больше, чем глаз (рис. 10). Отливка и охлаждение подходящего стеклянного диска, поперечником в 260 см и толщиной в 33 см, весом около 5 тонн, оказались чрезвычайно трудной работой, в конце концов выполненной крупной французской зеркальной фабрикой St. Gobain. В пасаденских<sup>1)</sup> помещениях обсерватории Моунт-Вильсона была построена специальная оптическая лаборатория; здесь обсерваторские оптики успешно разрешили долгую задачу шлифовки, полировки и проверки этого зеркала. Эта работа, чрезвычайно тонкая, потребовала для своего завершения

---

<sup>1)</sup> Пасадена — городок в Калифорнии у подножия горы Вилсона (Mount Wilson). Астрономы Моунт-Вилсонской обсерватории имеют здесь постоянное местожительство, поднимаясь на гору лишь в те дни, когда наступает их очередь наблюдать. В Пасадене находятся также обсерваторские лаборатории и мастерские. Благодаря указанному распределению работы обсерватория работает со всей напряженностью, какая только возможна, и ни одна ясная ночь не пропадает даром.

Прим. ред.

целого ряда лет. Тем временем, члены обсерваторского штата составили проекты купола и монтировки телескопа и изготовили для них рабочие чертежи. Добавочный взнос Карнеджи в средства Карнеджиева института в Вашингтоне, отделом которого является обсерватория на Моунт-Вилсоне, дали необходимые средства для окончания и установки телескопа. После задержки из-за войны, когда механические и оптические средства обсерваторских мастерских были использованы для военных и морских целей, этот телескоп теперь регулярно работает на Моунт-Вилсоне.



*Рис. 10.* 258-см зеркало, только что посеребренное, поднятое из комнаты для серебрения в колонне, перед креплением к нижнему концу телескопа (вид сверху).

Этот инструмент стоит на массивной колонне из железобетона, 10 м высотой и 15 м в поперечнике сверху. Толстая стена идет к югу от этого столба на расстояние 15 метров; на западной стороне ее будет установлен чрезвычайно сильный спектрограф для фотографирования спектров наиболее ярких звезд. Внутри колонны помещаются темная фотографическая комната, комната для серебрения зеркала (его можно опускать в эту колонну) и часовая комната, в которой стоит могучий часовой механизм, заставляющий телескоп двигаться соответственно видимому движению звезд (рис. 11).

Монтировка телескопа — так называемого английского типа: труба телескопа своими шипами по склонению сидит в продольных частях полярной оси, построенной в форме четырехугольного ярма, которое своими концами лежит на массивных подставках к северу и югу (рис. 4). Эти концы должны быть направлены строго по оси Земли и должны поддерживать полярную ось настолько свободно, чтобы часовой механизм мог вращать ее совершенно точно, приводя в движение зубчатое колесо в пять метров поперечником, соединенное с нижним концом оси (рис. 11). Так

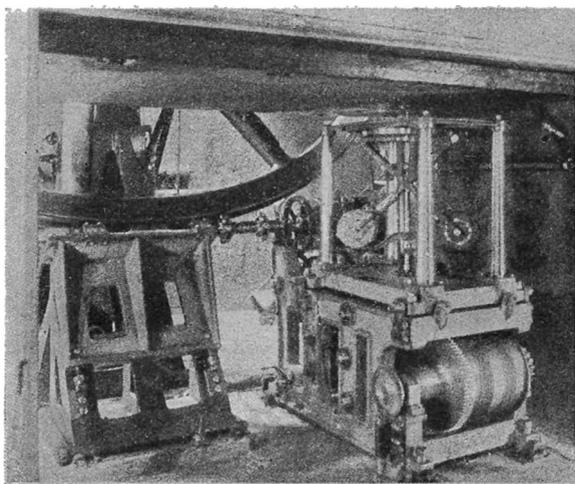


Рис. 11. Часовой механизм и зубчатая передача для движения 258-см Гукерова телескопа.

как это движение должно быть настолько равномерным, чтобы в точности нейтрализовать влияние вращения земли вокруг ее оси и, таким образом, строго удерживать изображение звезды в одном и том же месте поля зрения, то часовой механизм нужно было строить с величайшей тщательностью, равно как с той же точностью нужно было размечать и нарезать зубцы упомянутого выше большого зубчатого колеса. Эту работу, как и все более тонкие части этого прибора, делали опытные механики обсерваторских мастерских в Пасадене или на Моунт-Вилсоне

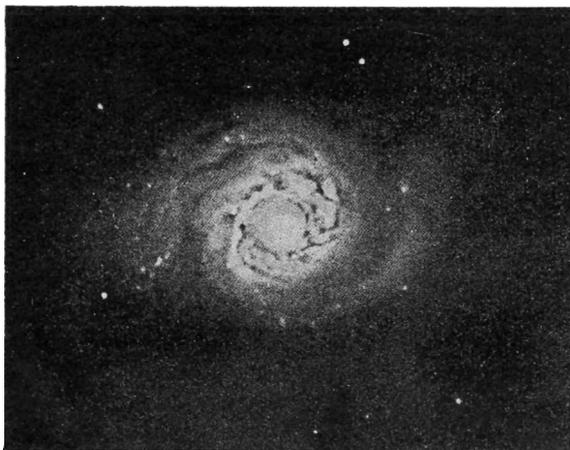
уже после сборки телескопа. Тяжелые части прибора, из которых некоторые весят до 10 тонн, были сделаны в Квинси (Массачусетс), где можно было воспользоваться приспособлениями, пригодными для постройки броненосца. Затем они были посланы морем в Калифорнию и перевезены на вершину Моунт-Вилсона по дороге, которую соорудило для этой цели строительное отделение обсерватории, построившее также колонну, на которой стоит телескоп, а также стальное здание и купол, прикрывающие его.



*Рис. 12.* Большая неправильная туманность и звездное скопление в Стрельце (Дункан). Снимок 152-см телескопом.

Части телескопа, которые приводятся в движение часовым механизмом, весят около 100 тонн, и потому пришлось озаботиться уменьшением значительного трения на концах полярной оси. Для этого на верхнем и нижнем концах полярной оси были вделаны большие полые стальные цилиндры, плавающие в ртути, находящейся в чугунных баках. Таким образом почти вся тяжесть инструмента плавает на ртути, благодаря чему все трения уменьшаются до такой степени, что часовой механизм двигает прибор совершенно равномерно и легко.

258-сантиметровое зеркало лежит на дне трубы телескопа, на специальной системе, поддерживающей его и построенной так, чтобы предупредить всякое прогибание стекла под действием его собственного веса. При телескопе установлены электрические моторы, числом сорок, служащие для быстрого или медленного движения телескопа по прямому восхождению (к востоку или западу) и по склонению (к северу или югу), для фокусировки зеркал и для многих других целей. Ими же пользуются и для вращения купола, диаметром в 33 метра,



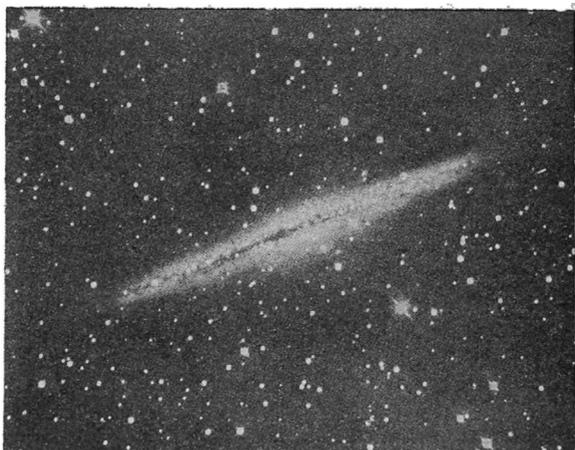
*Рис. 13.* Слабая спиральная туманность в созвездии Охотничьих Собак (Пиз). Снимок 152-см телескопом.

под которым помещается телескоп, и для открывания прореза в куполе, шириной около 6,5 м, через который делаются наблюдения.

Телескопом такого рода можно пользоваться различным образом. 258-сантиметровое зеркало имеет фокальную длину около 13 м, и при одной из возможных форм прибора в центре трубы телескопа у ее верхнего конца помещается фотографическая пластинка, непосредственно воспринимающая изображение, которое дается большим зеркалом. При другом расположении частей на верхнем конце трубы помещается посеребренное стеклянное зеркало с плоской поверхностью, под углом в  $45^\circ$  к оси трубы, так что изображение получается

сбоку трубы, где можно поместить фотографическую пластинку. В этом случае наблюдатель стоит на платформе, которая при помощи электрических моторов движется вверх и вниз перед прорезом купола, через который делаются наблюдения.

Еще иные приспособления телескопа, при которых у верхнего конца трубы помещаются вспомогательные выпуклые зеркала, позволяют фотографировать изображение сбоку трубы в ее нижнем конце со спектрографом или без него,



*Рис. 14.* Спиральная туманность в Андромеде, видимая с ее ребра (Ритчей). Снимок 152-см. телескопом.

либо же с очень сильным спектрографом, помещающимся в камере с постоянной температурой, к югу от колонны телескопа. В этом последнем случае свет звезды так отражается вспомогательными зеркалами, что проходит вниз сквозь отверстие на южном конце полярной оси и дает изображение звезды в фокусе на щели неподвижного спектрографа.

#### ЗНАЧЕНИЕ АТМОСФЕРЫ.

Огромные размеры такого могучего прибора, как Гукеров телескоп, сами по себе не являются источником удовлетворения для астронома, так как с ними связывается определенное увеличение наблюдательной работы и крупные издержки,

которые могут найти себе оправдание лишь в том случае, если с таким прибором возможно добиться результатов, недостижимых для других инструментов. Разумеется, постройка телескопа таких размеров неизбежно являлась опытом, так как и после преодоления оптических и механических трудностей не могло быть уверенности в том, что даже благоприятные климатические условия Калифорнии будут достаточно хороши для того, чтобы можно было получать резкие, отчетливые изображения небесных объектов, пользуясь таким большим отверстием. Поэтому весьма важно было узнать, что этот телескоп даст на деле при обычных условиях наблюдения.

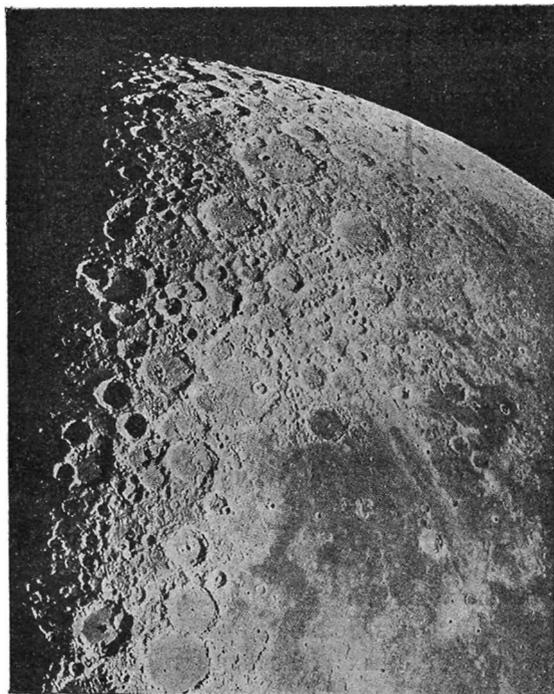
К счастью, мы имеем возможность с уверенностью судить о достижениях прибора. Рядом с ним на Моунт-Вилсоне находится 152-сантиметровый рефлектор такого же типа, установленный в 1908 г. Таким образом эти два телескопа можно сравнивать между собою при строго одинаковых атмосферных условиях.

Поверхность большого 258-сантиметрового телескопа по площади приблизительно в 2,8 раза больше поверхности 152-сантиметрового, и потому он получает от звезды приблизительно втрое больше света. При атмосферных условиях, достаточно хороших для того, чтобы весь этот свет мог собраться в одной точке, он должен был бы позволять получать на фотографической пластинке, при данной экспозиции, звезды приблизительно на одну величину слабее самых слабых звезд, доступных 152-сантиметровому телескопу. Увеличение фокальной длины, которая позволяет фотографировать такие предметы, как луна, в большем масштабе, тоже должно открывать более мелкие подробности строения и делать возможной большую точность измерений. Наконец, более значительная (теоретически) разрешающая сила большего отверстия, если его можно использовать, должна была бы сделать возможным разделение тесных двойных звезд, недосягаемое для меньших инструментов.

#### КРИТИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ.

Множество уже сделанных испытаний показывает, что те преимущества, которых нужно было ожидать от нового телескопа, на практике действительно получаются. Увеличение

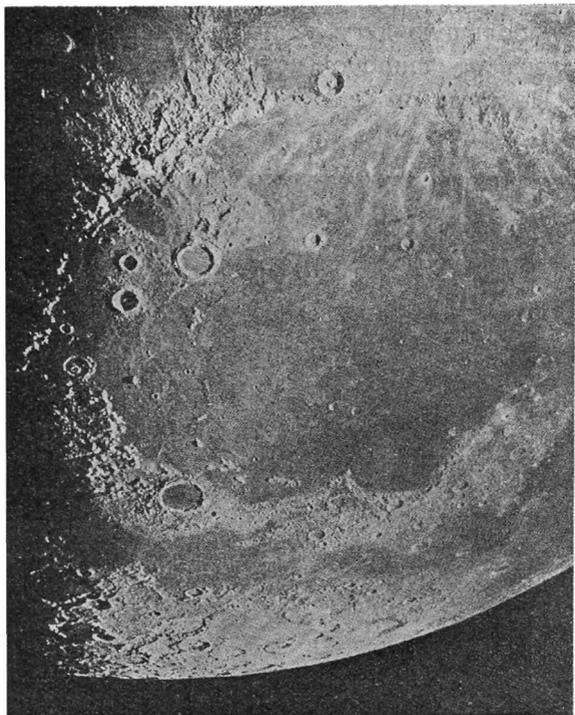
светособирающей силы означает прибавление многих миллионов звезд к числу уже известных. Спектроскопические наблюдения, регулярно производимые, расширили пределы этих исследований далеко выше возможностей 152-сантиме-



*Рис. 15.* Фотография Луны 15 сентября 1919 года, сделанная 253-см Гукеровым телескопом (Пиз). Кольцевидные образования представляют собою так называемые кратеры, большинство коих значительно превышают земные. В левом нижнем углу находится кратер Альбатегний, 90 км поперечником, с отдельной горой в центре. Горы в его кольце поднимаются на высоту 4500 м над центральной равниной. Заметьте длинные тени от заходящего солнца, обрасываемые горами слева. Ровная область внизу справа представляет широкую равнину Mare Nubium (Море облаков).

трового телескопа. Например многочисленный класс красных звезд, почти все члены которого были недоступны 152-сантиметровому телескопу, в настоящее время являются предметом особого исследования новым телескопом. Такие же преимущества получились и в других областях исследований.

Увеличение масштаба изображений по сравнению с теми, какие дает 152-сантиметровый телескоп, хорошо видно на двух фотографиях кольцевой туманности в Лире, воспроизведенных на рис. 18. На рис. 2 воспроизведена большая туман-



*Рис. 16.* Фотография Луны 15 сентября 1919 года 258-см Гукеровым телескопом (Пиз). Горы наверху слева—лунные Апеннины, горы слева как раз под центром—Альпы. В обоих этих хребтах имеются пики от 4 500 до 6 000 м высотой. В верхнем правом углу находится Коперник, около 80 км в поперечнике. Самый большой из заметной группы трех кратеров как раз под Апеннинами—Архимед, а на нижнем конце Альп находится Платон. Заметьте длинные тени от заходящего солнца, отбрасываемые отдельными пиками слева. Центральную часть рисунка занимает обширная равнина Mare Imbrium (Море дождей).

ность Ориона, снятая при помощи 258-сантиметрового телескопа при сравнительно короткой экспозиции, достаточной для передачи более ярких областей. Очень интересно сравнить этот рисунок с изображением той же туманности в малом масштабе, данным на рис. 1.

Отчетливость изображений в новом телескопе можно иллюстрировать некоторыми недавними фотографиями Луны, полученными при эквивалентной фокусной длине в 40 метров. На рис. 15 изображена изрытая область Луны со множеством кольцеобразных гор или кратеров. Рис. 16 показывает большую дугу лунных Апеннин (наверху) и Альп (внизу) слева от широкой равнины Моря дождей (Mare Imbrium). Похожие на звезды точки вдоль лунного терми-



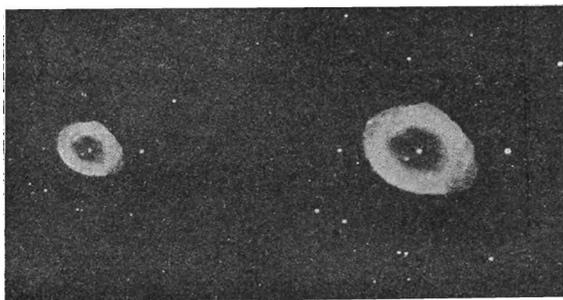
*Рис. 17.* Переменная туманность Гёббля. Одна из немногих туманностей, у которой обнаружены изменения яркости и формы. Снимок 258-см телескопом (Гёббл).

натора — линии, отделяющей темную область от той, на которую светит Солнце (справа), представляют собою горные пики, готовые исчезнуть при закате солнца. На рисунке ясно видны длинные тени, отбрасываемые горами, находящимися на краю освещенной части. Некоторые из пиков лунных Апеннин достигают высоты 6 000 м.

В менее могучие телескопы звезды в центре большой шаровой кучи сближаются так тесно, что нет возможности изучать их спектрографически каждую в отдельности. Кроме того большинство этих звезд слишком слабо для исследования этими приборами. При 40-метровом фокусе 258-сантиметровое зеркало дает изображение этих куч в большом масштабе и позволяет фотографировать, в отдельности каждый, спектры звезд даже пятнадцатой величины.

#### ТЕСНЫЕ ДВОЙНЫЕ ЗВЕЗДЫ.

Замечательное использование 258-сантиметрового телескопа, которое позволило не только достичь его полной



*Рис. 18.* Кольцевая туманность Лиры, сфотографированная 152-см (Ритчей) и 258-см (Дункан) телескопами. Показывает увеличение изображения в большем инструменте.

разрешающей силы, но даже почти удвоить ее, стало возможным при первом же приложении интерференционного метода Майкелсона к измерению очень тесных двойных звезд. При этом 258-сантиметровое зеркало совершенно закрывают, оставляя лишь два прореза. Пучки света от звезды, входя в эти прорезы, соединяются в фокусе телескопа, где получаемое изображение рассматривается окуляром с увеличением около 5 000 раз. На увеличенном изображении звезды виден ряд тонких резких полос, даже при дурных атмосферных условиях. Если звезда одиночная, то эти полосы остаются видимыми, каково бы ни было расстояние между прорезами. Но с такими звездами, как Капелла, двойственность которой предполагалась уже раньше на основании периодического

смещения линий в ее спектре, при чем, однако, составляющие этой звезды слишком близки, чтобы их можно было разделить визуально,— с этими полосами происходит нечто совсем иное. При раздвигании прорезов в стороны достигается такое положение, что эти полосы совершенно исчезают, появляясь, однако, вновь при дальнейшем раздвигании. Этот эффект получается тогда, когда прорезы перпендикулярны к линии, соединяющей звезды пары, расстояние которых по этому методу определяется в 0,0418 секунды дуги (30 декабря 1919 года). Дальнейшие измерения, гораздо более точные, чем производимые другими методами, в случае легко разделяемых двойных звезд, говорят о быстром орбитальном движении составляющих этих систем. Этот прием будет приложен и к другим тесным двойным звездам, ранее бывшим недоступными для измерения.

Не входя в дальнейшие детали этих испытаний, можно с уверенностью сказать, что новый телескоп открывает безграничные горизонты для изучения звездной вселенной <sup>1)</sup>. Строение и размеры системы Млечного Пути и движение составляющих ее звезд, распределение, расстояния и размеры спиральных туманностей, их движения, вращение и ход развития; происхождение звезд и последовательные стадии истории их жизни,— вот некоторые из великих вопросов, на которые должен помочь ответить этот новый телескоп. При таком изобилии материала, главной опасностью является искушение разбросаться в своих стремлениях и составить программу наблюдений, имеющую в виду накопление множества данных всякого рода, а не решение критических задач. Эту программу должно дополнить еще широкое изучение Солнца,—единственной звезды, достаточно близкой к нам, чтобы ее можно было подробно исследовать, а также ряд лабораторных исследований, включая сюда воссоздание на опыте условий Солнца и звезд, что поможет нашему истолкованию явлений неба.

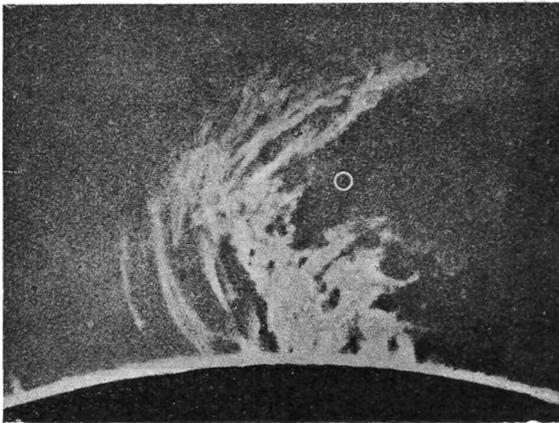
---

<sup>1)</sup> Этот прибор не приспособлен к работе над Солнцем, тепло которого будет искажать зеркало. На Моунт-Вилсоне есть три других телескопа, построенных специально для солнечных исследований.

## ГЛАВА II.

### ЗВЕЗДЫ-ГИГАНТЫ.

Наше первичное Солнце, как изображал его Лаплас, первоначально простиралось, в виде светящихся паров, за пределы солнечной системы. Вращаясь вокруг своей оси и теряя свое тепло путем излучения, оно медленно сокращалось,

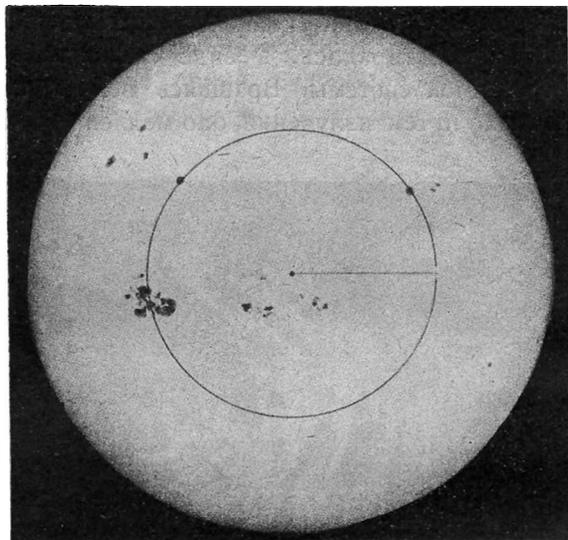


*Рис. 19.* Газовый выступ на краю Солнца в 235 000 км высотой (Эллерман). Сфотографирован при помощи спектрогелиографа в свете раскаленных кальциевых паров. Сравнительные размеры земли указаны белым кружком.

оставляя за собою части своей массы, которые при дальнейшем сгущении и образовывали планеты. Все еще газообразное, хотя теперь уже более плотное, оно продолжает изливать теплоту, от которой зависит наше существование, незаметно сжимаясь и переходя к своей последней стадии холодного твердого шара.

В последние годы гипотеза Лапласа подверглась значительной критике, и есть много оснований сомневаться в том, правильно ли во всех частностях его описание развития нашей солнечной системы. Однако все критики согласны в том, что когда-то Солнце было неизмеримо больше, чем теперь, и что первоначально планеты являлись частью его расширенной массы.

Даже в своем нынешнем уменьшенном виде Солнце громадно, так что представить себе его нелегко. Наша собствен-



*Рис. 20.* Солнце с поперечником в 1300 000 км; непосредственная фотография со многими солнечными пятнами (Витней). Небольшой черный диск в центре представляет сравнительные размеры Земли, а диаметр окружающего его круга соответствует диаметру орбиты Луны.

ная Земля, столь ничтожная доля первичного солнца, тем не менее так велика, что некоторые части ее все еще не исследованы нами. Наблюдателю на какой-нибудь планете Земля рядом с Солнцем казалась бы ничтожной пылинкой, которую легко мог бы поглотить вращающийся вихрь какого-нибудь солнечного пятна. Если бы Солнце было полым, а земля находилась в его центре, то для Луны, движущейся на рас-

стоянии около 400 000 км от нас, было бы достаточно места, чтобы свободно двигаться по своей орбите, ибо Солнце имеет около 1 300 000 км в поперечнике, и его объем в миллион слишком раз больше объема земли.

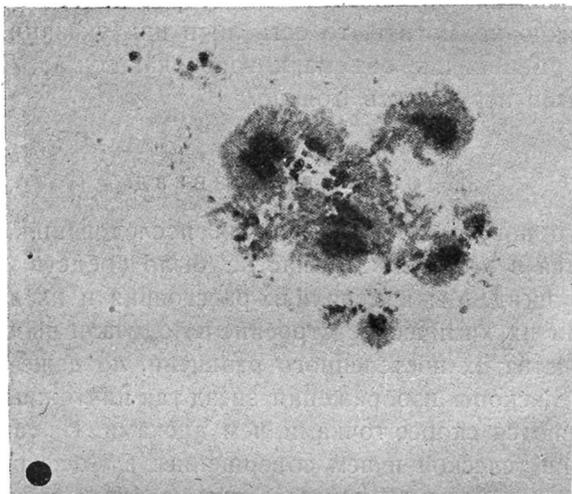
Но что сказать о звездах, которые, как доказал спектроскоп, являются самосветящимися телами чрезвычайно высокой температуры, состоящими из тех же химических элементов, из которых состоят Солнце и Земля? Сравнимы ли они по величине с Солнцем? Встречаются ли они во всех стадиях развития — от детства до старости? И если такие стадии можно подметить, то есть ли в них указания на постепенное уменьшение объема, которое, как думал Лаплас, должно было испытывать Солнце?

### ИЗОБРАЖЕНИЯ ЗВЕЗД.

До того нового могучего орудия исследования, которое описывается в этой главе, у нас не было средств измерять диаметры звезд. Мы измеряли их расстояния и их движения, определяли их химическое строение и получали неоспоримые доказательства их постепенного развития, но даже в самые могучие телескопы изображения звезд так ничтожны, что они представляются скорее точками, чем дисками. На самом деле, чем больше телескоп и чем совершеннее атмосферные условия наблюдателя, тем меньше эти изображения. Правда, на фотографической пластинке звезды отпечатываются в виде измеримых дисков, но это обусловливается рассеянием света в стороны от яркого, подобного точке изображения, и эти диаметры растут с увеличением времени экспозиции. От изображений более ярких звезд идут прямолинейные лучи света, но это также явления чисто инструментальные, обусловленные дифракцией света на стальных палках, поддерживающих маленькое зеркало в трубе рефлектора. Короче говоря, звезды так далеки, что даже в самые большие и совершенные телескопы они представляются чрезвычайно маленькими точечками света, которые не дают никаких указаний на их действительные диски.

Каким же образом, в таком случае, можем мы надеяться измерить их диаметры? Прибегая, как это так часто прихо-

дится делать человеку науки там, где прямая атака не удастся, к косвенным средствам. Многие из замечательных успехов астрономии за последнюю четверть века были достигнуты благодаря приложению новых остроумных приспособлений, заимствованных астрономом у физика. Их теперь так много, что некоторые из наших обсерваторий стали буквально физическими лабораториями, где Солнце и звезды исследуются при помощи могучих спектроскопов и других оптических инструментов, благодаря которым наше знание



*Рис. 21.* Большая группа солнечных пятен 8 августа 1917 г. (ВитнеЙ). Диск в углу дает относительные размеры Земли.

физики в последнее время пошло вперед так быстро и резко. В настоящем случае мы обязаны приспособлением для измерения поперечников звезд известному физическому профессору А. А. Майкелсону, давшему физике и астрономии длинный ряд новых приборов и методов.

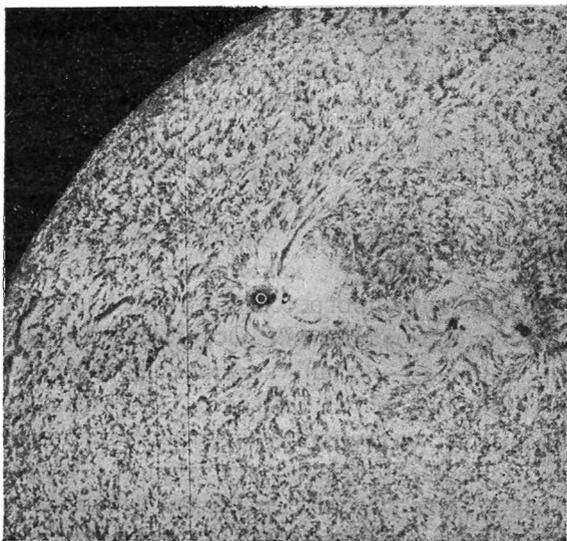
#### ИНТЕРФЕРОМЕТР.

Инструмент, о котором мы говорим, известный под названием интерферометра и приложенный, в различных видах, к решению фундаментальных вопросов, дал уже целый ряд

замечательных результатов. Чтобы упомянуть лишь немногие из тех, которые установили славу Майкелсона, мы напомним, что наши точные сведения о длине международного метра в Севре, этого мирового образца линейной меры, были получены им при помощи интерферометра, позволившего найти эту длину в неизменных длинах световых волн. Еще более недавно другая форма интерферометра позволила Майкелсону измерить ничтожные приливы в твердом ядре земли,— не большие приливы океана, а ничтожные изменения формы земли, которая имеет твердость стали, производимые изменениями в притяжениях Солнца и Луны. Наконец, приведем еще только один случай: опыт Майкелсона-Морлея, сделанный двадцать лет тому назад с еще иною формой интерферометра, дал основную идею, из которой Лорентц и Эйнштейн развили теорию относительности.

История метода измерения диаметров звезд очень интересна: она показывает, как самые многообещающие возможности научного прогресса могут целые десятки лет оставаться неиспользованными. Основной принцип этого метода был впервые указан великим французским физиком Физо в 1868 году. В 1874 году французский астроном Стефан, наблюдавший интерференционные полосы у большого числа звезд, развил эту теорию и пришел к правильному выводу, что угловые диаметры звезд должны быть значительно меньше 0,158 секунды дуги. В 1890 году Майкелсон, не зная о прежних работах, опубликовал в научном журнале (*Philosophical Magazine*) полное описание интерферометра, дающего возможность с удивительной точностью определять расстояния между такими тесными составляющими двойных звезд, которых телескоп не в состоянии разделить. Он показал также, каким образом тот же принцип можно приложить к измерению диаметров звезд, если построить для этой цели достаточно большой интерферометр, и развил его теорию гораздо полнее, чем это сделал Стефан. Годом позднее он измерил по этому способу в Ликской обсерватории диаметры спутников Юпитера. Но прошло почти тридцать лет, прежде чем был сделан следующий шаг. Несомненно, причин этого промедления было две. И теория и опыт по-

казали крайнюю чувствительность интерференционных полос, на наблюдении которых основан этот метод, и астрономы вообще предполагали, что возмущения в земной атмосфере будут мешать отчетливо видеть их в большие телескопы. Далее, для измерения диаметров звезд требовался очень большой интерферометр,—слишком большой для всех существовавших тогда телескопов, хотя тесные двойные звезды можно было легко изучать при помощи этого метода несколь-



*Рис. 22.* Снимок водородной атмосферы Солнца (Эллерман). Сделан при помощи спектрогелиографа и показывает огромные вихри или вращающиеся бури, подобные земным ураганам, с центром в солнечных пятнах. Сравнительные размеры земли указаны белым кружком в самом крупном солнечном пятне.

кими из больших телескопов начала девяностых годов. Но каковы бы ни были причины, этот могучий метод исследования оставался неиспользованным.

Приближавшееся окончание постройки 258-сантиметрового телескопа на Моунт-Вилсоне навело меня на мысль предложить профессору Майкелсону, как раз перед вступлением Соединенных Штатов в мировую войну, тщательно испробовать этот метод в благоприятных атмосферных усло-

виях южной Калифорнии. В это время он был занят работой над специальной формой интерферометра, построенной для решения вопроса, можно ли пренебречь возмущениями атмосферы при постановке опытов в широком масштабе. Но началась война, и все наши усилия в течение двух лет были направлены на решение военных задач<sup>1)</sup>. В 1919 году, как только 258-сантиметровый телескоп был закончен и выверен, работа на Моунт-Вилсоне началась снова.

### ЛАБОРАТОРНЫЙ ОПЫТ.

Принцип этого метода очень легко уяснить при помощи опыта, который может произвести каждый для себя с очень простыми приспособлениями. Сделайте в листе черной бумаги узенькую щель, в несколько десятых миллиметра шириной, и поместите ее в вертикальном положении перед ярким источником света. Посмотрите на нее с расстояния 12 или 15 метров в небольшую зрительную трубу с увеличением около тридцати. Объектив трубы нужно прикрыть непрозрачным колпачком с двумя круглыми дырочками около 3 мм в поперечнике на расстоянии около 12 мм одна от другой. Эти дырочки должны быть с разных сторон центра объектива на одинаковом от него расстоянии, а линия, соединяющая их, должна быть горизонтальной. Если снять этот колпачок, то щель будет представляться в виде узкой вертикальной полосы с значительно более слабыми полосами по обе стороны ее. Если надеть колпачок, то центральная яркая полоса будет казаться исчерченной тонкими вертикальными линиями или полосами, которые производит интерференция<sup>2)</sup> двух пучков лучей, идущих от далекой щели через различные части объектива. Покройте одну из дырочек, и эти полосы немедленно исчезнут. Для их получения требуется совместное действие обоих пучков лучей.

Предположите теперь, что эти две дырочки на объективе находятся на подвижных пластинках, так что можно менять

<sup>1)</sup> Важнейшей работой профессора Майкелсона во время войны была разработка нового вида превосходного дальномера, принятого затем во флоте Соединенных Штатов.

<sup>2)</sup> Объяснение явлений интерференции см. в любом учебнике физики.

расстояние между ними. Если их постепенно раздвигать, тонкие вертикальные полоски будут делаться все менее и менее отчетливыми и, наконец, совершенно исчезнут. Измерьте расстояние между дырочками и разделите его на длину световой волны, которую можно принять равной  $\frac{1}{2000}$  мм. В результате получится угловая ширина удаленной щели. Зная расстояние до щели, можно сейчас же вычислить и ее линейную ширину. Если вместо щели взять небольшое круглое отверстие, то метод измерения останется тот же, но угловой диаметр, вычисленный согласно указанному выше, нужно умножить еще на 1,22<sup>1)</sup>.

Для измерения диаметра звезды мы действуем таким же образом, но так как угол, стягиваемый им, ничтожен, то мы должны брать очень большой телескоп, ибо, чем меньше угол, тем дальше друг от друга должны отстоять отверстия на объективе (или на зеркале, если мы пользуемся рефлектором). Действительно, если раздвинуть дырочки на всю ширину отверстия 258-сантиметрового Гукерова телескопа, то интерференционные полосы будут еще видимы даже у звезды Бетельгейзе, хотя у нее нужно предполагать один из самых больших угловых диаметров. Таким образом мы должны устроить приспособление, которое позволяло бы раздвигать наши дырочки еще больше.

### ШЕСТИМЕТРОВЫЙ ИНТЕРФЕРОМЕТР.

Шестиметровый интерферометр, проектированный Майкелсоном и Пизом и построенный в мастерских Моунт-Вилсонской обсерватории, представлен схематически (рис. 23) и на фотографии верхней части решетчатой трубы Гукерова телескопа (рис. 24). Свет звезды воспринимается двумя плоскими зеркалами ( $M_1$ ,  $M_4$ ), выступающими за края трубы и раздвигающимися вдоль поддерживающей штанги. Они заменяют пару отверстий на объективе в нашем опыте. От этих зеркал свет отражается на вторую пару плоских зеркал ( $M_2$ ,  $M_3$ ), отсылающих его на 258-сантиметровое во-

<sup>1)</sup> Дальнейшие подробности об этом можно найти в книге Майкелсона „Световые волны и их применения“. Русский перевод под ред. проф. О. Д. Хвольсона (Одесса, Mathesis, 1912).

гнутое зеркало ( $M_5$ ) у дна трубы телескопа. Далее лучи идут совершенно так, как если бы зеркала  $M_2$ ,  $M_3$  были заменены двумя отверстиями на 258-сантиметровом зеркале. Свет отражается к выпуклому зеркалу ( $M_6$ ), а затем, уже не столь быстро сходящимся пучком, к большому зеркалу. Прежде чем достичь последнего, свет перехватывается плоским зеркалом ( $M_7$ ) и отражается в отверстие в стенке трубы телескопа к окуляру  $E$ . Здесь и наблюдаются интерференционные полосы с увеличением от 1500 до 3000 раз.

При практическом применении этого метода к измерению диаметров звезд главный вопрос был в том, будет ли атмосфера настолько спокойна, чтобы можно было получать отчетливые интерференционные полосы с пучками лучей на расстоянии свыше 2,5 метра один от другого. После успешных предварительных опытов с 102-сантиметровым рефрактором Йеркской обсерватории, профессор Майкелсон сделал первую попытку увидеть эти полосы

в 152-сантиметровый и 258-сантиметровый рефлекторы на Моунт-Вилсоне в сентябре 1919 года. К своему удивлению и восхищению он нашел, что полосы совершенно отчетливы и резки при полном отверстии обоих этих инструментов. Один из сотрудников обсерватории, доктор Андерсон, спроектировал тогда особую форму интерферометра для измерения тесных двойных звезд и применил ее на 258-сантиметровом телескопе к измерению орбитального движения тесных составляющих Капеллы. Он получил удивительно точные результаты, далеко оставившие позади себя все, чего можно было достичь прежними методами. Успех этой работы дал смелость взяться за более трудную задачу измерения диаметров звезд,

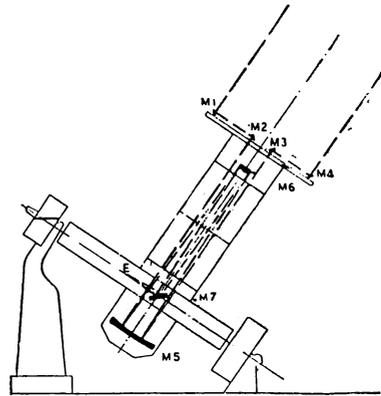
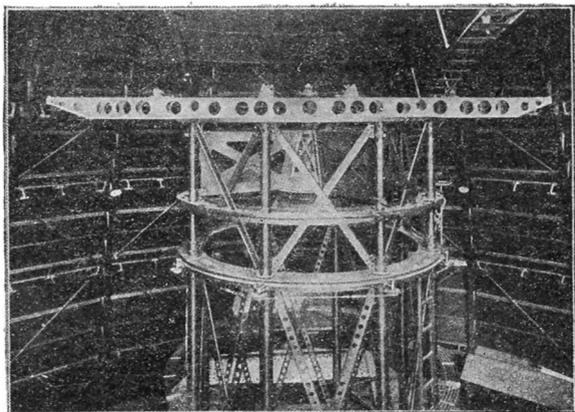


Рис. 23. Схема 258-см Гукерова телескопа и пути двух пучков света звезды, наблюдаемой 6-м интерферометром Майкелсона. Фотографию интерферометра см. рис. 24.

и для этой цели был построен шестиметровый интерферометр.

Трудную и тонкую задачу пригонки зеркал этого прибора с нужной здесь крайней точностью Майкелсон разрешил во время своего посещения Моунт-Вилсона летом 1920 года. С помощью сотрудника обсерватории Пиза ему удалось наблюдать интерференционные полосы у некоторых звезд,



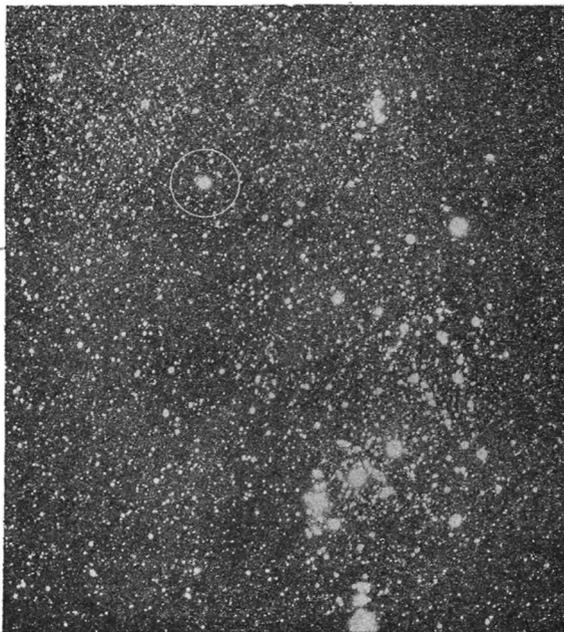
*Рис. 24.* 6-метровый интерферометр Майкелсона для измерения диаметров звезд, прикрепленный к верхнему концу решетчатой трубы 258-см Гукерова телескопа. Пути двух пучков света звезды указаны на рис. 23. Снимок всего телескопа см. рис. 4.

когда зеркала находились на расстоянии целых 5,4 метра. Таким образом все было готово для решительного испытания, лишь бы нашлась подходящая звезда.

#### Гигант Бетельгейзе.

Рёсселл, Шаплей и Эддингтон, как на наиболее подходящую для этого измерения звезду, указали на Бетельгейзе (по-арабски „плечо гиганта“) — яркую красную звезду в созвездии Ориона (рис. 25). Последний указал для ее углового диаметра величину 0,051 секунды дуги. Этот вывод из теории был дан в его недавней президентской речи перед Британской Ассоциацией для содействия успехам наук; в этой речи профессор Эддингтон заметил: „Для того чтобы быть

уверенным, что наши теоретические выводы начинают идти в правильном направлении, нынешней звездной астрономии, вероятно, больше всего нужно было бы каким-нибудь способом измерить видимый угловой диаметр звезды". Затем он упомянул об уже производившейся на Моунт-Вилсоне работе, но предполагал, „что атмосферные возмущения в конце концов положат предел тому, чего можно добиться“.



*Рис. 25.* Гигант Бетельгейзе (в кружке). Общеизвестная отчетливо красная звезда в плече Ориона (Г $\epsilon$ ббл). Измерения при помощи интерферометра дают для его углового диаметра 0,047 секунды дуги, что соответствует линейному поперечнику в 350 000 000 км по наилучшим определениям его расстояния. По этим определениям, Бетельгейзе находится на расстоянии 160 световых лет от земли. Свет распространяется со скоростью 300 000 км в секунду, и все же ему нужно 160 лет, чтобы идти от этой звезды до нас.

13 декабря 1920 года Пиз успешно измерил диаметр Бетельгейзе при помощи 6-метрового интерферометра. С раздвижением внешних зеркал интерференционные полосы делались постепенно менее отчетливыми, как требует теория и как это видел Меррилл, наблюдая Бетельгейзе с тем

интерферометром, которым пользовались для Капеллы. При раздвижении на 3 м полосы совершенно исчезли, на основании чего и можно было вычислить диаметр этой звезды. Для проверки точности всей установки прибора телескоп был направлен на другие звезды, меньшего углового диаметра, у которых интерференционные полосы были видны совершенно отчетливо. При направлении прибора снова на Бетель-



*Рис. 26.* Арктур (в белом кружке), известный у арабов под названием «Копьеносца», а у китайцев «Великого Рога» или «Императорского Дворца» (Гёббл). По измерениям Пиза, на Моунт-Вилсоне, при помощи 6-м интерферометра Майкелсона 15 апреля 1921 года, его угловой диаметр составляет 0,022 секунды, что хорошо согласуется с предсказанной Рёсселлом величиной 0,019 секунды. Средний параллакс Арктура, на основании нескольких определений, составляет 0,095 секунды, что соответствует расстоянию в 34 световых года. Линейный диаметр, вычисленный по измерениям Пиза и по этой величине расстояния, составляет около 34 000 000 км.

гейзе оказалось, что они, несомненно, отсутствовали. Принимая, что средняя длина волны света для этой звезды равна  $5 \frac{750}{10\ 000\ 000}$  миллиметра, мы получаем для ее углового диаметра 0,047 секунды дуги, что приходится как раз между величинами 0,051 и 0,031 секунды дуги, которые предсказывали Эддингтон и Рёсселл на основании слегка раз-

личающихся допущений. Дальнейшие поправки и повторные измерения могут немного изменить результат Пиза, но он почти несомненно верен в пределах 10 или 15 процентов. Мы можем отсюда вывести, что угловой поперечник Бетельгейзе приблизительно такой же, какой имел бы шар с поперечником в один сантиметр на расстоянии около 40 километров.

Но эта величина представляет только угол, стягиваемый диском звезды. Чтобы знать ее линейный диаметр, нужно знать расстояние звезды. Было сделано четыре определения ее параллакса, дающие это расстояние. Элкин с Йэлским гелиомером получил 0,032 секунды дуги. Из фотографий, полученных 76-сантиметровым Аллегенским рефрактором, Шлезингер получил 0,016. Адамс, при помощи своего спектроскопического метода и 152-сантиметрового Моунт-Вилсонского рефлектора, нашел 0,012. Новейшее измерение Ли, произведенное фотографически с 102-сантиметровым Йерксовым рефрактором, дает 0,022. Гелиометрический параллакс, несомненно, менее точен, чем фотографический, а Адамс думает, что соответственно спектральному типу и яркости Бетельгейзе величина его параллакса менее достоверна, чем для большинства других звезд. Если мы возьмем среднее (взвешенное) значение 0,020 секунды, мы будем, вероятно, недалеко от истины. Этот параллакс представляет собою угол, под которым представляется радиус земной орбиты (150 000 000 км) с расстояния Бетельгейзе. Сравнивая эту величину с 0,047, угловым диаметром звезды, мы видим, что линейный диаметр этой звезды приблизительно в два с третью раза больше расстояния Земли от Солнца, или приблизительно составляет 350 000 000 км. Таким образом, если это измерение расстояния не очень ошибочно, Бетельгейзе должен приблизительно заполнять орбиту Марса. Однако все методы определения расстояний звезд несколько неточны, и дальнейшие измерения могут очень заметно уменьшить эту цифру. Но нет никакого сомнения, что поперечник Бетельгейзе превышает 150 000 000 км и, вероятно, даже на значительную величину.

Ничтожность того угла, под которым представляется этот громадный диск, объясняется огромностью расстояния этой

звезды, равного приблизительно 160 световым годам. Другими словами, свет, распространяющийся со скоростью 300 000 км в секунду, должен потратить 160 лет на то, чтобы пролететь расстояние между нами и Бетельгейзе; огромные размеры Бетельгейзе благодаря этому представляются столь ничтожными даже для самых могучих телескопов.

### Звездная эволюция.

Это измерение действительного диаметра Бетельгейзе дает новое поразительное доказательство в пользу теории Рёсселла и Герцшпрунга о звездах-карликах и гигантах. Перед самой войной Рёсселл показал, что наши старые методы классификации звезд по их спектрам нужно радикально изменить. Звезды в ранней стадии их жизни нужно считать размытыми газообразными массами несравненно больше нашего Солнца и гораздо более низкой температуры. Их плотность должна быть весьма незначительна, и они должны находиться в совершенно газообразном состоянии. Это — „гиганты“. Постоянно теряя излучением тепло, они со временем постепенно сокращаются. Но, несмотря на эти потери, то тепло, которое получается от сжатия и от других источников, заставляет их температуру подниматься, при чем их окраска постепенно изменяется из красной в голубовато-белую. Процесс сжатия и подъема температуры продолжается до тех пор, покамест звезда остается в состоянии совершенного газа. Но как только сжатие увеличило плотность газа свыше известного предела, цикл делается обратным, и температура начинает падать. Голубовато-белый свет звезды становится желтоватым; этим начинается карликовая стадия, пример которой мы имеем в нашем Солнце. Плотность повышается, в случае Солнца превосходя плотность воды, а в позднейших стадиях идя далеко за этот предел. Проходят миллионы лет, и звезда становится красноватой, а затем, наконец, и темнокрасной. Понижение температуры позволяет химическим элементам, существующим в газообразном состоянии во внешней атмосфере звезды, образовать соединения, присутствие которых обнаруживается характерными полосами в спектре. Наконец

спектр начинает угасать, когда звезда приближается к своей конечной стадии холодного твердого шара.

Таким образом мы можем построить себе картину двух ветвей температурной кривой, на которые указывал, рисуя жизнь звезды, еще Локиер, исходивший из совершенно иных оснований. На восходящей ветви мы видим гигантов огромных размеров и более разреженных, чем тот воздух, которым мы дышим. Имеются веские основания думать, что масса Бетельгейзе превышает солнечную массу не более.



*Рис. 27.* Гигантская звезда Антарес (в белом кружке), заметная по своей красной окраске, в созвездии Скорпиона, у греков называвшаяся «Соперником Марса» (Гёббл). Расстояние до Антареса, не очень точно известное, по видимому близко к 350 световым годам. Его угловой диаметр, 0,640 секунды, должен соответствовать линейному диаметру около 350 000 000 км.

чем раз в десять, тогда как его объем превосходит объем Солнца не меньше, чем в миллион раз, а может быть, даже и во все восемь миллионов раз. Таким образом средняя плотность Бетельгейзе должна быть вроде той, какую мы имеем в электрической вакуум-трубке. Три четверти видимых простым глазом звезд принадлежат к числу гигантов; среди них столь знакомые нам Бетельгейзе, Антарес и Альдебаран, но большинство этих звезд гораздо плотнее, чем эти

огромные тела. Крайний пример мы имеем в белых звездах гелиевого класса чрезвычайно высокой температуры, в спектрах которых очень заметны линии гелия. Плотность этих звезд составляет около одной десятой плотности Солнца. Сириус, тоже звезда очень высокой температуры, почти вдвое плотнее. Затем идет стадия охлаждения, характеризующаяся, как уже отмечено, увеличением плотности, а также увеличением химической сложности, создающейся благодаря понижению температуры. Быть может, не все звезды проходят этот жизненный цикл, но он проходится многими миллионами их.

Существование звезд гигантов и карликов было вполне доказано замечательной работой Адамса и его сотрудников на Моунт-Вилсоне, где его метод определения расстояний и абсолютной яркости звезд, на основании особенностей их спектра, был применен уже к 2000 звезд. Разбор его результатов сразу приводит к признанию этих двух больших классов звезд — гигантов и карликов. Теперь это дело увенчивается работой Майкелсона и Пиза, дающей нам действительный диаметр типической гигантской звезды, находящийся в полном согласии с предсказаниями теории. Из величины этого диаметра мы можем заключить, что плотность Бетельгейзе чрезвычайно мала, что согласуется с теорией Рёсселла, которую подтверждает и спектральный анализ света этой звезды, дающий указание на сравнительно низкую температуру ее, как это требуется в ранней стадии жизни звезды по теории.

#### ЕЩЕ ДВА ГИГАНТА.

15 апреля 1921 года Пиз на Моунт-Вилсоне успешно измерил диаметр Арктура. При раздвигании зеркал интерферометра полосы постепенно слабели и, наконец, совершенно исчезли при расстоянии между зеркалами в 5,88 м. Принимая среднюю длину волны света Арктура равной  $\frac{5600}{10\,000\,000}$  миллиметра, мы получаем для углового диаметра этой звезды 0,022 секунды дуги. Если взять среднюю величину ее параллакса в 0,095", то соответствующий линейный диаметр составит около 34 000 000 км. Как и для Бетельгейзе, этот угловой диаметр удивительно хорошо со-

гласуется с тем, что предсказывала теория. Антарес, третья звезда, которую измерял Пиз, больше всех. Если он действительно является членом группы Скорпиона—Кентавра, а мы имеем веские причины думать это,—то он находится на расстоянии полных 350 световых лет от земли, и его диаметр должен составлять около 650 000 000 км.

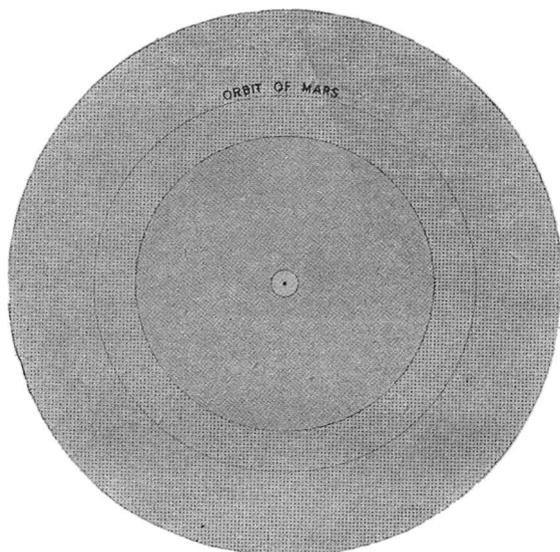
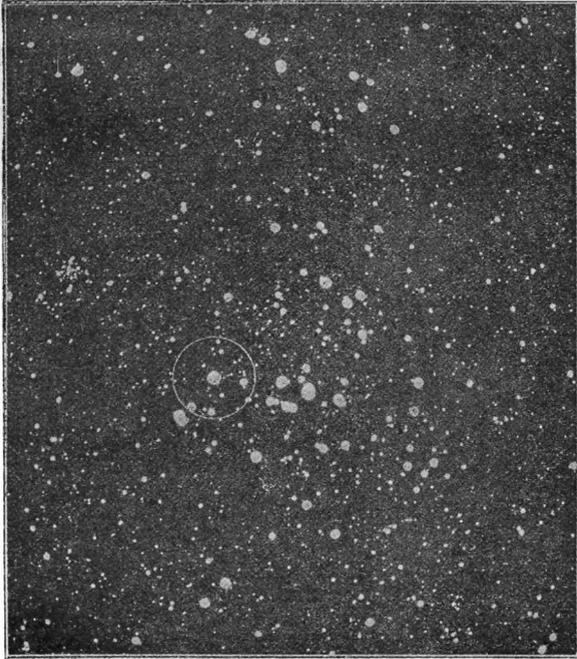


Рис. 28. Диаметры Солнца, Арктур, Бетельгейзе и Антареса по сравнению с орбитой Марса.

- Солнце, диаметр 1 300 000 км
- Арктур, диаметр 34 000 000 км
- Бетельгейзе, диаметр 350 000 000 км
- Антарес, диаметр 650 000 000 км

Теперь нужно делать дальнейшие измерения Бетельгейзе, особенно ввиду того, что заметные колебания его яркости наводят на мысль о возможности изменения его поперечника. Мы должны также приложить метод интерферометра к звездам различных спектральных типов, чтобы создать твердое основание для дальнейшего исследования эволюции звезд. К сожалению, лишь небольшое число звезд-гигантов могут

быть с уверенностью измерены при помощи наших нынешних приборов. Нужен был бы интерферометр с отверстием в 21 м, чтобы точно измерить Сириус, и вдвое больший для менее ярких белых звезд. Если бы можно было построить 30-метровый прибор, то он позволил бы нам измерять



*Рис. 29.* Альдебаран, «Вождь» (Плеяд), был также известен у арабов под именами «Глаз Быка», «Сердце Быка» и «Великий Верблюд» (Гёббл). Подобно Бетельгейзе и Антаресу отличается красноватой окраской, чем объясняется то, что его изображение на этом снимке едва ли больше изображений звезд, в действительности гораздо более слабых чем он, но гораздо более голубых,— взятая здесь фотографическая пластинка была более чувствительна к синим лучам, чем к красным или желтым. Альдебаран находится на расстоянии около 50 световых лет. Измерения при помощи интерферометра, теперь производящиеся, дадут для его углового диаметра 0,020 секунды.

объекты, представляющие главнейшие стадии развития звезд, и таким образом в величайшей степени способствовал бы расширению наших сведений о жизни звезд. К счастью, хотя механические трудности здесь велики, но оптическая задача не сложна, и стоимость всего прибора, конечно,

довольно высокая, составляла бы лишь небольшую долю стоимости телескопа такого же отверстия, если бы его можно было построить. 30-метровый интерферометр можно было бы спроектировать во многих видах, и какой-нибудь из этих видов, может быть, окажется в конце концов осуществимым. Тем временем 6-метровый интерферометр был так существенно улучшен, что в настоящее время он обещает дать возможность производить приблизительные измерения звезд, которые раньше считались для него недоступными.

Хотя теория карликовых и гигантских звезд и только что описанные измерения не дают непосредственных указаний для проверки лапласова объяснения образования планет, но они показывают, что существуют звезды, по размерам сравнимые с нашей солнечной системой, и наводят на мысль, что наше Солнце, первоначально обладая огромными размерами, должно было постепенно сжаться. Способ образования систем вроде нашей и других систем, во множестве представленных на небе, является одной из самых интересных задач астрономии <sup>1)</sup>. Много света на этот вопрос пролили новейшие исследования, ставшие возможными благодаря постройке новых могучих приборов и успехам физики. Все свидетельства подтверждают существование звезд карликов и гигантов, но нужно проделать еще много работы, прежде чем можно будет объяснить весь ход развития звезд.

---

<sup>1)</sup> См. об этом, например, Джэнс. «Происхождение солнечной системы». Пер. с англ. под ред. проф. А. Р. Орбинского (Библиотека научных новостей, Одесса, Mathesis 1924). *Прим. ред.*

## ГЛАВА III.

### КОСМИЧЕСКИЕ КОТЛЫ.

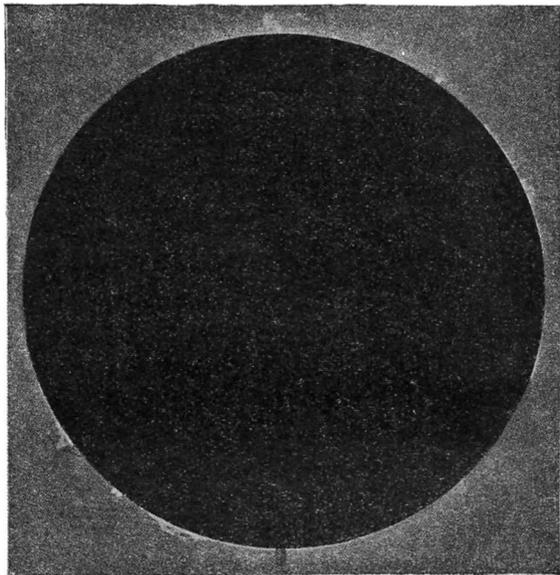
#### Солнечный гелий.

Гелий, как говорит его имя, был открыт на Солнце. В 1868 году, когда Локиер впервые направил свой спектроскоп на большие языки пламени, или солнечные выступы, на тысячи, а иногда на сотни тысяч километров поднимающиеся над поверхностью Солнца, он сейчас же признал в полученном спектре характерные красные и синие лучи водорода. В желтом цвете, вблизи того места, где находятся хорошо известные линии натрия, он открыл очень яркую новую линию, не совсем совпадающую с ними, но которую тоже можно было еще наблюдать в самых высоких частях выступов. Ее сходство в этом отношении с линиями водорода заставило Локиера признать существование нового очень легкого газа, не известного земной химии.

Прошло много лет прежде, чем земная химическая лаборатория смогла добыть этот продукт великой лаборатории Солнца. В 1896 году Рамзаю, наконец, удалось выделить из минерала уранинита в ничтожном количестве гелий, опознанный по той же желтой линии в его спектре. Когда полученный гелий стали изучать под действием электрического разряда в вакуум-трубке, оказалось, что в спектре гелия есть еще много других линий, тождественных линиям, наблюдаемым в спектрах солнечных выступов, газовых туманностей и звезд высокой температуры. Существует даже класс звезд, известных под названием гелиевых звезд, благодаря преобладанию этого газа в их атмосферах.

Самое важное значения гелия оказалось в той роли, какую он сыграл в разгадке строения вещества и превращения элементов. Радий и другие радиоактивные вещества, как

например, уран, самопроизвольно испускают отрицательно заряженные частицы крайне ничтожной массы (электроны) и положительно заряженные частицы гораздо более значительной массы, известные под названием альфа-частиц. Резерфорду и Гейгеру удалось даже сосчитать число альфа-частиц, испускаемых в секунду известной массой радия,



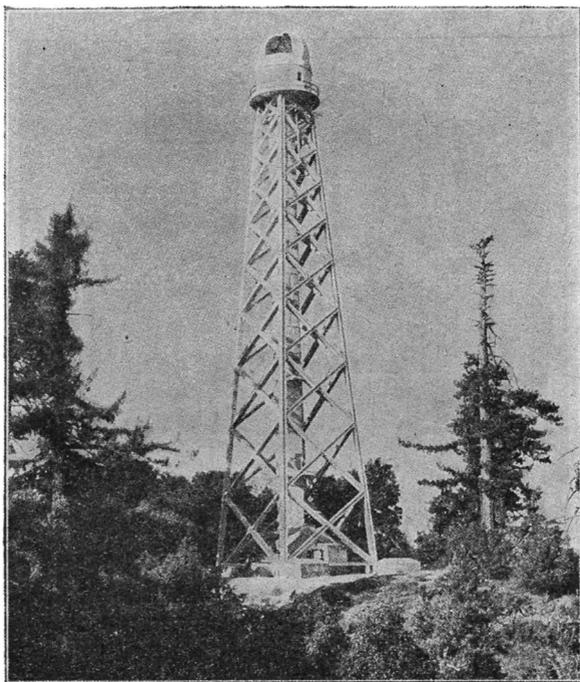
*Рис. 30.* Солнечные выступы, сфотографированные при помощи спектрогелиографа не при затмении (Эллерман). В этих светящихся газовых облаках, поднимающихся иногда на высоту свыше полудиаметра Солнца, в 1868 году был открыт Локиером новый газ — гелий. На земле гелий нашли не раньше 1896 года. С тех пор было установлено, что гелий является важной составной частью туманностей и звезд высокой температуры.

и показать, что они представляют собою заряженные атомы гелия.

Более подробный разбор необычайных особенностей гелия, играющего такую большую роль в небесных делах, отвлек бы нас слишком далеко в сторону; мы перейдем поэтому к другому случаю, где фундаментальное открытие, на этот раз в физике, было предугадано астрономическим наблюдением.

### МАГНИТНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН <sup>1)</sup>.

Никакому археологу, будь то Юнг или Шамполлион дешифровавшие Розетский камень, или Раулинсон, копировавший клинообразные надписи на Бегистонской скале, никогда не представлялось более загадочной задачи, чем та,



*Рис. 31.* 45-м башенный телескоп обсерватории Моунт-Вилсон. В лаборатории, у основания башни, получается изображение Солнца около 40 см поперечником. Еще ниже в колоде, уходящем на 24 м в землю, находится мощный спектроскоп, при помощи которого изучаются магнитные поля в солнечных пятнах и общее магнитное поле Солнца.

которая встает перед астрофизиком при истолковании иероглифических линий спектров солнечных пятен. Свет, посылаемый колоссальными вихревыми бурями, какими являются солнечные пятна — настолько громадные, что они

<sup>1)</sup> См. также последнюю статью в этом сборнике. *Прим. ред.*

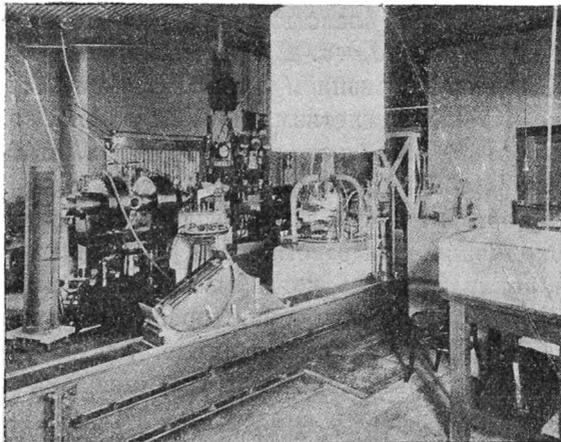
легко могли бы поглотить землю,— существенно отличается от света, посылаемого общей поверхностью Солнца, как это выясняется при исследовании ее спектроскопом. Наблюдая солнечные пятна много лет тому назад визуально, покойный профессор Юнг из Принстона в числе их сложных особенностей нашел ряд двойных линий, которые он, соответственно уровню физических знаний того времени, естественно приписал „обращению“ в выше лежащих слоях паров различной плотности и температуры. На самом деле, однако, как это было доказано в обсерватории Моунт-Вилсона в 1908 году, то, что он видел, было следствием влияния сильного магнитного поля на излучение,— т.-е. эффект, который в настоящее время известен под названием явления Зеемана.

Впервые влияние магнетизма на свет открыл Фарадэй. Между полюсами большого электромагнита, сильного для того времени (1845 г.), он поместил кусок очень тяжелого стекла. Фарадэй показал, что плоскость поляризации пучка лучей, проходивших при разомкнутом токе через стекло без изменения, поворачивалась, когда замыканием тока возбуждалось магнитное поле. Аналогичное вращение хорошо теперь известно нам и наблюдается, например, у сахара — левулозы и декстрозы,— которые соответственно вращают плоскость поляризации света влево и вправо.

Но при этом первом открытии, устанавливавшем связь между светом и магнетизмом, Фарадэй не сделал того более важного шага, о котором он мечтал,— определить, изменяется ли период колебания испускающей свет частицы в магнитном поле. Он попытался сделать это еще раз в 1862 году, в последнем опыте в его жизни. Натриевое пламя было помещено между полюсами магнита, и в спектроскоп наблюдались его желтые линии при пропускании тока через электромагнит. При этом не было замечено никакого изменения; не нашли его и дальнейшие исследователи, пока Зееман из Лейдена с более мощными приборами не сделал своего знаменитого открытия, двадцатипятилетний юбилей которого был недавно отпразднован.

Зееман действовал подобно Фарадэю, но его электромагнит и спектроскоп были гораздо сильнее, и для проверки его результатов уже существовала теория, принадлежавшая

Лорентцу и предсказывавшая характер ожидаемого изменения. При замыкании тока, пропускаемого через электромагнит, линии расширились. В еще более сильном магнитном поле каждая из них расщеплялась на две составляющие (когда свет наблюдался вдоль силовых линий магнитного поля), и свет составляющих каждой линии был поляризован по кругу в противоположных направлениях. В совершенном согласии с теорией Лорентца, это расщепление и поляризация доказывали, что в светящихся парах находятся точно такие же



*Рис. 32.* Пасаденская лаборатория Моунт-Вилсонской обсерватории. Слева виден большой магнит и спектроscopy для изучения действий магнетизма на излучение. Одинокая линия спектра расщепляется магнитным полем на составляющие, числом от 3 до 21, как показано на рис. 34. Соответствующие линии в спектрах солнечных пятен расщеплены точно таким же образом, что доказывает наличие мощного магнитного поля на Солнце.

отрицательно заряженные электроны, какие были обнаружены раньше на основании совершенно других экспериментальных методов.

В 1908 году обсерваторией Моунт-Вилсона были открыты огромные циклонические бури или вихри с центрами в солнечных пятнах. Такие вращающиеся массы паров высокой температуры, которые, согласно исследованиям Дж. Томсона, должны были содержать электрически заряженные частицы, должны возбуждать магнитное поле. Эта гипотеза

сейчас же наводила на мысль, что те двойные линии, которые наблюдал Юнг, на самом деле могут представлять собою явление Зеемана. Эта мысль была проверена, и были найдены все характерные особенности излучения в магнитном поле.

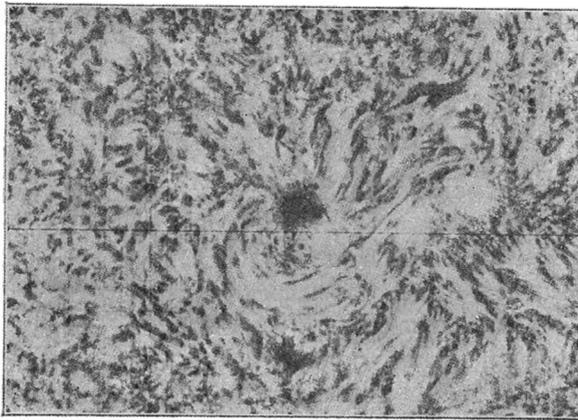
Таким образом на Солнце для нас постоянно производится огромный физический опыт. Каждое большое солнечное пятно дает магнитное поле, охватывающее много тысяч квадратных километров, в котором спектральные линии железа, марганца, хрома, титана, ванадия, кальция и других металлических паров подвергаются такому сильному воздействию, что их расширение и расщепление можно видеть в телескопы и спектроскопы даже средних размеров.

#### БАШЕННЫЙ ТЕЛЕСКОП.

Оба эти примера показывают, как физик и химик, надлежаще вооруженные для астрономической атаки, могут использовать к своей выгоде колоссальные процессы, видимые в космических котлах, нагретых до высокой температуры и находящихся под влиянием, как в случае солнечных пятен, интенсивного магнитного поля. Некоторые современные инструменты, как, например, 18-метровый и 45-метровый башенные телескопы на Моунт-Вилсоне, сооружены специально для наблюдения этих опытов. Второй из этих телескопов дает в определенном месте лаборатории изображения Солнца около 40 см в поперечнике, при чем солнечные пятна представляются на нем уже в таком крупном масштабе, что становится возможным изучение магнитных явлений их различных частей, каждой в отдельности. Этот анализ производится при помощи спектроскопа в 24 м длиной, установленного в подземной камере под башней. Мы не можем дать здесь описания различных результатов этих исследований. Назовем только один из них: это — открытие, что все Солнце, вращающееся около своей оси, является большим магнитом. Отсюда мы имеем право сделать вывод, что каждая звезда и, вероятно, каждая планета также являются магнитом, как это стало известным для Земли со времен Гильберта, автора книги „De Magnete“. Здесь находится один из лучших ключей для физика, отъ-

искаивающего причину магнетизма и пытающегося получить его в лаборатории, как это недавно удалось Барнетту, быстрым вращением металлических тел.

Быть может здесь нужно сделать небольшое предостережение. Солнечный магнетизм несравненно меньше гравитационной силы Солнца. Воздействия этого магнетизма на расстоянии Земли не могут почувствовать даже самые тонкие инструменты, и он оставался бы неизвестным и сейчас, не будь влияния магнетизма на свет.

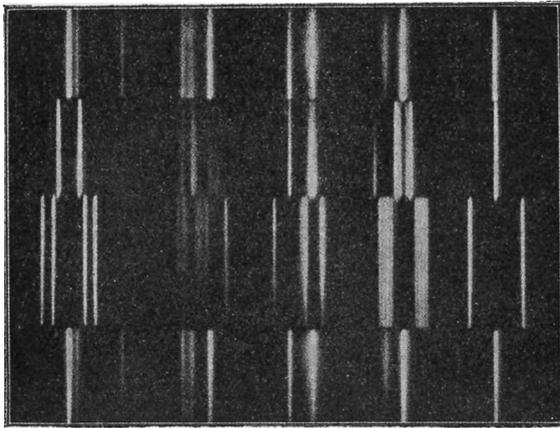


*Рис. 33.* Вихрь солнечного пятна в верхней водородной атмосфере (Бенёв). Снят спектрогелиографом. Электрический вихрь, дающий магнитное поле, лежит на более низком уровне и не виден на таких фотографиях.

Полярные сияния, магнитные бури и те электрические токи, которые недавно расстроили действие некоторых атлантических кабелей, происходят не от магнетизма Солнца или его пятен, а, по всей вероятности, от потоков электронов, которые выбрасываются из возмущенных областей солнечной поверхности вокруг больших солнечных пятен, и которые пронесясь через полтора-два миллиона километров мирового эфира, глубоко проникают в атмосферу Земли. Эти поразительные явления увлекают нас в другую область физики, вступить в которую нам не позволяет недостаток места.

## Химия звезд.

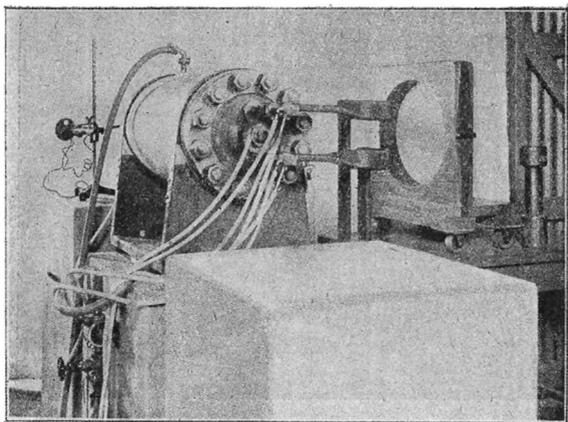
Обратимся теперь к химии и посмотрим, к чему могут привести исследователя опыты, происходящие в космических лабораториях. Солнечный вихрь, размерами безмерно превосходящий те опустошительные ураганы, которые так часто дают узкие полосы разрушения в городах и в полях среднего Запада Соединенных Штатов, постепенно



*Рис. 34.* Расщепление спектральных линий магнитным полем (Бабкок). Верхняя и нижняя полосы дают линии спектра хрома при отсутствии магнитного поля. Под влиянием магнетизма эти отдельные линии расщепляются на несколько составляющих. Так, первая линия справа разрешается полем на три составляющих, одна из которых (плоско поляризованная) видна во второй полосе, а две другие, поляризованные в плоскости, перпендикулярной к плоскости средней составляющей, видны на третьей полосе. Следующая линия расщепляется магнитным полем на 12 составляющих, четыре из которых видны во второй полосе, а восемь в третьей. Магнитные поля в солнечных пятнах действуют на эти линии совершенно таким же образом.

создает солнечное пятно. Расширение, производимое центробежной силой в центре такого вихря, охлаждает сильно нагретые газы солнечной атмосферы до той температуры, когда уже может происходить химическое соединение. Титан и кислород, слишком нагретые в большей части Солнца, чтобы соединиться, в этих местах уже дают химическое соединение, образуя пары окиси титана, характеризуемые в спектре солнечного пятна полосами, состоящими из сотен правильно разме-

щенных линий. Аналогично магний и водород соединяются в водородистый магний, а кальций и водород образуют водородистый кальций. Ни одно из этих соединений, устойчивых при высоких температурах солнечных пятен, не изучалось подробно в лаборатории. В тех областях, где они существуют, хотя более холодных, чем атмосфера Солнца вообще, мы имеем температуры в несколько тысяч градусов, которые в наших лабораториях можно получить лишь при помощи таких приспособлений, как могучие электрические печи.



*Рис. 35.* Электрическая печь Пасаденской лаборатории Моунт-Вилсонской обсерватории. При ее помощи можно экспериментально получать химические явления, наблюдаемые в солнечных пятнах и красных звездах.

Очень интересно продолжить наше рассуждение вплоть до звезд, по температуре широко различающихся в различных стадиях их жизненного цикла <sup>1)</sup>. Солнечное пятно представляет собою солнечный вихрь, в котором сильно нагретые солнечные пары охлаждаются благодаря расширению и дают возможность образоваться названным выше соединениям. В Рёсселловой схеме звездной эволюции красная звезда, при начальном периоде стадии „гиганта“, есть более холодное солнце огромного размера — гораздо более разреженное, чем атмосферный воздух, — но сжатое и более плотное, чем

<sup>1)</sup> См. главу II.

вода, когда оно находится в стадии „карлика“, в которую уже вступило наше Солнце, постепенно приближающееся к последним фазам своего существования. Поэтому во всей атмосфере таких звезд мы должны были бы находить некоторые из тех же соединений, которые получаются в сравнительно ничтожных пределах солнечного пятна. В основе этого лежит правильное, разумеется, допущение, что Солнце и звезды состоят из одних и тех же веществ. Ф о у л е р уже отождествил полосы окиси титана в таких красных звездах, как гигант Бетельгейзе, и в других звездах того же класса. Можно с уверенностью предсказать, что интересная глава химии будущего будет основана на изучении именно таких соединений как в лаборатории, так и в прогрессивных температурных условиях, представляющихся у бесчисленных звездных „гигантов“ и „карликов“, предшествующих „солнечному“ состоянию и следующих за ним.

#### АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ЛАБОРАТОРИИ.

Именно в этой длинной последовательности физических и химических изменений астрофизик и астрохимик могут найти средство для успешной атаки. Разумеется, верно, что в лаборатории исследователь имеет огромное преимущество в том, что он может контролировать свои опыты и произвольно изменять их ход. Но, правильно пользуясь очень высокими температурами, далеко превышающими температуры его печей, и теми крайностями условий, которые он может воспроизводить лишь отчасти и которые мы находим на Солнце, в звездах и туманностях, он может широко развернуть охват своих исследований. Последовательность явлений, наблюдаемых при росте солнечного пятна или наблюдение пятен различных размеров и длинный ряд последовательных шагов, отмечающих рост и убыль жизни звезды, похожи на те изменения, которые вводит экспериментатор, усиливая и ослабляя ток в катушках своего электромагнита или повышая и понижая температуру своей электрической печи, исследуя вместе с тем, время от времени, спектр раскаленных паров и отмечая изменения вида спектральных линий.

Астрономические наблюдения этого характера, нужно заметить, будут всего полезнее, если постоянно поверять их и

истолковывать лабораторным опытом. Современная астрофизическая обсерватория должна быть оборудована как большая физическая лаборатория, обладая, с одной стороны, телескопами и дополнительными к ним приборами самой

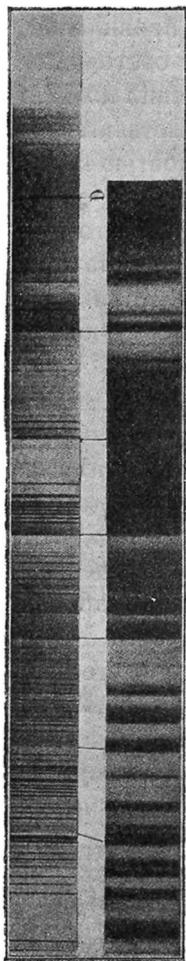


Рис. 36. Окись титана в красных звездах. Верхний спектр принадлежит титану в пламени вольтовой дуги, где его соединение с водородом дает полосы окиси титана (Ф о у л е р). Нижняя полоса представляет спектр красной звезды Дивной (Омикрон) Кита (Mira Ceti) по рисунку Корги в Стонигёрсте. Полосы окиси титана отчетливо видны в спектре звезды.

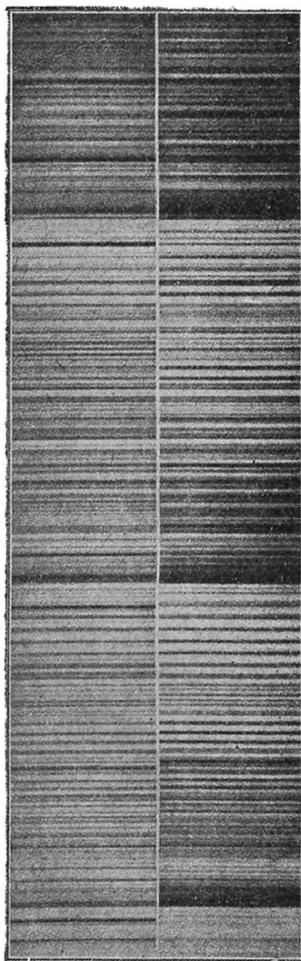


Рис. 37. Окись титана в солнечных пятнах. Верхняя полоса дает часть спектра солнечного пятна (Э л л е р м а н); нижняя — соответствующую часть спектра окиси титана (К и н г). Колончатые полосы спектра окиси легко отождествляются в пятне, где они показывают, что титан и кислород, не могущие соединяться при слишком высокой температуре в солнечной атмосфере, соединяются в пятне, охлаждаемом вследствие расширения газов в вихре.

большой силы, какая только возможна, а с другой, — всеми приспособлениями, какие знает исследователь излучения и связанных с ним физических и химических явлений. Ее телескопы, построенные согласно специальным целям физика и химика, бросают изображения Солнца, звезд, туманностей

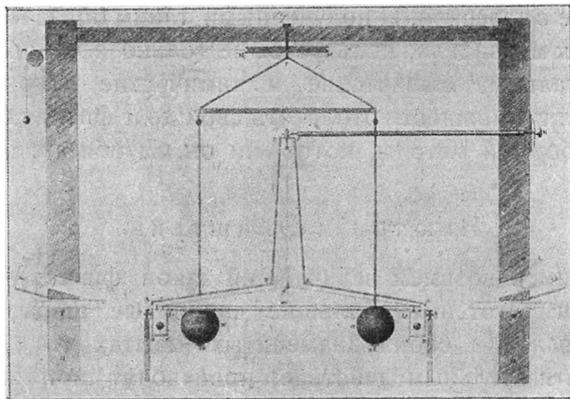
и других небесных тел на могучие спектроскопы, чувствительные болометры и термоэлементы и длинный ряд других приборов для измерения и анализа излучения. Ее электрические печи, дуги, искры и вакуум-трубки, ее приборы для повышения и понижения давления, изменения химических условий, для того, чтобы подвергать светящиеся газы и пары влиянию электрических и магнитных полей, дают средства подражать небесным явлениям, повторять и истолковывать опыты, наблюдаемые в телескоп. И полученными таким образом результатами, как мы видели, пользуется не только астроном: делая фундаментальные физические и химические открытия, он часто имел возможность отплатить свой долг физику и химику за те приборы и методы, которыми он им обязан.

### Н ь ю т о н и Э й н ш т е й н .

Как пример возьмем величайший закон физики — Ньютонов закон тяготения. Большие свинцовые шары, какими воспользовался в своих знаменитых опытах Кавендиш, своим притягательным действием производят ничтожное вращение подвешенной на тонкой нити штанге, на концах которой находятся маленькие шарики. Но таких слабых средств не было достаточно для целей Ньютона. Чтобы доказать закон тяготения, он должен был обратиться к огромному притяжению Луны всею массой земли; затем он распространил свои исследования на взаимное притяжение всех тел солнечной системы. Позднее Гершель приложил этот закон к солнцам, из которых состоят двойные звезды, а теперь Адамс наблюдает с Моунт-Вилсона звезды, с огромной быстротой падающие к центру Галактической системы под действием соединенного притяжения составляющих ее миллионов объектов. Таким образом можно было полностью использовать возможность утилизировать огромность масс небесных тел для открытия и применения законов физики, и, обратно, — использовать последние для объяснения небесных движений.

Или возьмем еще теорию относительности Эйнштейна, истинность или ложность которой имеет в физике не меньшую важность. Начальным толчком для нее был опыт

Майкелсона - Морлея, произведенный в Кливлендской обсерватории и показавший, что движение земли через мировой эфир не может быть замечено. Все три главные доказательства общей теории Эйнштейна относятся к области астрономии, так как для получения предсказываемых ничтожных эффектов нужны большие массы: движение перигелия Меркурия, отклонение лучей звезд притяжением Солнца и



*Рис. 38.* Опыт Кавендиша. Два свинцовых шарика, каждый в 5 см в поперечнике, прикреплены на концах вращающейся штанги длиной около 2 м, подвешенной на тонкой проволоке. Опыт состоит в измерении вращения подвешенной системы, которое производится гравитационным притяжением двух свинцовых шаров, каждый около 30 см в поперечнике, действующим на маленькие свинцовые шарики.

смещение линий солнечного спектра в сторону красного цвета,— вопросы, еще не получившие исчерпывающего ответа.

Но наибольших успехов мы должны ожидать от изучения строения вещества и эволюции элементов,— этих самых глубоких и самых критических проблем физики и химии, ибо на небесных телах мы имеем дело с такими высокими давлениями и температурами и вообще с такими физическими условиями, которых мы еще не можем осуществить на земле. К счастью, дело сложилось так, что астрофизическое исследование достигает теперь кульминационной точки своего развития; построенное на фундаменте нескольких столетий астрономических исследований, оно обновлено теперь введением в обсерваторию всех современных приспособлений фи-

зики и подкреплено приборами воистину необычайной величины и силы. Эти приборы позволяют наблюдать явления, происходящие в какой-нибудь маленькой области солнечного диска или на какой-нибудь звезде, слишком далекой даже для того, чтобы ее можно было заметить при помощи обыкновенных телескопов. Огромные астрономические линзы и зеркала, имеющиеся теперь в нашем распоряжении, служат в отношении этих далеких источников света для той же цели, для какой физик пользуется своими линзой или зеркалом, — чтобы отбросить на щель своего спектроскопа изображение искры, дуги или вакуум-трубки, в которой атомы и молекулы подвергаются воздействию электрического разряда. Физик имеет то преимущество, что он по своей воле распоряжается условиями опыта, тогда как астрофизик должен лишь наблюдать и истолковывать опыты, происходящие перед его глазами в далеких лабораториях. Эти два рода работы должны делаться рядом, бок о бок, если желательно надлежаще использовать их оба. И это только естественно, так как направление новейших исследований выяснило, что одною из трех величайших задач современной астрономии и астрофизики, наряду со строением вселенной и эволюцией небесных тел, является вопрос о строении вещества. Посмотрим, почему это так.

#### ПРЕВРАЩЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ.

Когда-то алхимик мечтал о превращении одного элемента в другой, прежде всего имея в виду добывать золото. Такое превращение и было проделано в последние годы, но теперь процесс превращения элементов неизменно оказывается процессом разложения: во всех опытах такого рода более сложные элементы распадались на более простые составные части. Много еще остается сделать в том же направлении; и здесь звезды и туманности, дающие спектры элементов при весьма разнообразных условиях, должны помочь найти правильный путь. Последовательные изменения спектров, начиная с тех, которые показывают простые элементы — водород, гелий, азот; быть может, углерод и неизвестный нам на земле газ небулий — в газовых туманностях, и кончая длинным

рядом знакомых веществ, включая некоторые химические соединения в красных звездах, быть может, окажутся имеющими основное значение, если изучать их надлежащим образом, с точки зрения исследователя атомного строения. Имеющиеся указания говорят, повидимому, в пользу взгляда, недавно



*Рис. 39.* Трехлопастниковая туманность (Trifid Nebula) в Стрельце (Ритчей). Газ «небулий», еще не найденный на земле, является наиболее характерной составной частью неправильных туманностей. Небулий характеризуется двумя зелеными линиями спектра, дающими зеленую окраску туманностям газового типа.

высказанного Мег-Нэд-Сага, что многие из этих различий обуславливаются разной степенью ионизации, при чем внешние электроны в атомах отщепляются благодаря высокой температуре или электрическому возбуждению. Возможно даже, что космические котлы, не имеющие себе равных на земле, существенно помогут раскрыть тайну образования

сложных элементов из простых. В настоящее время физики утверждают, что все элементы состоят из атомов водорода, связанных при помощи отрицательных электронов. Так, гелий состоит из четырех водородных атомов, но атомный вес гелия (4) меньше четырехкратного атомного веса водорода (1,008). Эта разность, быть может, представляет массу той энергии, которая освобождается, когда происходит превращение.

В своей президентской речи перед Британской Ассоциацией для содействия преуспеянию наук (см. „Nature“, 2 сентября 1920) Эддингтон высказал ряд чрезвычайно интересных мыслей об этом возможном источнике теплоты звезд. Он указывает, что старая теория сжатия, по которой источником теплоты Солнца и звезд являлось медленное уплотнение излучающей массы газа под действием тяжести, совершенно недостаточна для объяснения наблюдаемых явлений. Если бы старый взгляд был верен, то ранняя история звезды, от стадии гигантской массы холодного прозрачного газа до периода наивысшей температуры, должна была бы заканчиваться в каких-нибудь восемьдесят тысяч лет, тогда как мы имеем самые неопровержимые указания на то, что для этого было бы недостаточно и многих тысяч веков. Несомненно должен быть какой-нибудь иной источник этой энергии. Если бы 5 процентов массы звезды состояло первоначально из атомов водорода, постепенно и медленно сочетающихся друг с другом и образующих более сложные элементы, то всей освобождаемой при этом теплоты было бы с избытком достаточно для удовлетворения всех запросов, и не надо было бы допускать существования какого-нибудь другого источника тепла.

#### КОСМИЧЕСКИЕ ДАВЛЕНИЯ.

Быть может это покажется очень смелым умозрением, но мы имеем дело с неопровержимым фактом, что небесные тела, повидимому, единственные места, где сложные элементы можно действительно наблюдать в процессе их образования из их первоисточника — водорода. По крайней мере нетрудно видеть, какое огромное разнообразие физических

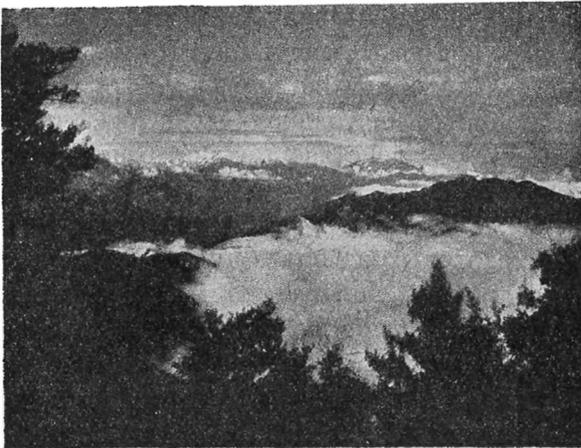
условий представляют эти космические котлы. На одном конце шкалы мы имеем чрезвычайно разреженные туманности, свет которых, таинственного происхождения, напоминает электрическое свечение в наших вакуум-трубках. В этих туманно-



*Рис. 40.* Спиральная туманность в Большой Медведице (Ритчей). Светящееся вещество, во всевозможных физических и химических состояниях, можно наблюдать в самых разнообразных небесных телах, начиная от спиральных и неправильных туманностей, по всем типам звезд. Измерения Моунт-Вилсонских фотографий Ван-Мааненом указывают на движение во вне вдоль ветвей спиральных туманностей, а по показаниям спектроскопа они обладают вихревым вращением громадной скорости.

стях мы можем открыть только самые легкие и простые элементы. В гигантских звездах, также чрезвычайно разреженных (плотность Бетельгейзе едва ли может превосходить одну тысячную нашей атмосферы), мы наблюдаем спектры железа, марганца, титана, кальция, хрома, магния, ванадия и натрия,

а также окиси титана. Внешние части этих тел, дающие нам тот свет, который мы видим, должны иметь, таким образом, температуру лишь в несколько тысяч градусов, но в их центрах должны господствовать гораздо более высокие температуры. С повышением температуры появляется все больше и больше элементов; поверхностная температура также поднимается, а внутренняя температура может достигать миллионов градусов. В то же время должно подниматься и давление внутри тела, достигая огромных величин в последних



*Рис. 41.* Гора Сант-Антонио с Моунт-Вилсона. Майкелсон занят измерением скорости света между станциями на Моунт-Вилсоне и Сант-Антонио. Однако открыть возможные различия между скоростями света различной окраски можно лучше всего из астрономических наблюдений. Из изучения переменных звезд в звездном скоплении Мессье 5 Ш а п л е й приходит к заключению, что, если между скоростями синих и желтых лучей в свободном пространстве есть какая-нибудь разница, то она не может превосходить 5 см в секунду,— за это время свет проходит 300 000 км.

стадиях жизни звезды. Кук вычислил, что давление внутри земли должно составлять от 700 до 1 500 тонн на квадратный сантиметр, а это должно составлять лишь небольшую долю давления внутри более значительных небесных тел. Д ж э н с вычислил давление в центре двух сталкивающихся тел в момент их удара и сплющивания и нашел, что оно должно быть порядка 150 000 000 тонн на квадратный сантиметр; если их диаметр равняется диаметру Солнца, то этого достаточно, чтобы обратить их в пар сто тысяч раз.

Сравните эти давления с самыми высокими, какие можно получить на земле. Германская пушка, бомбардировавшая Париж, заряжалась массивным стальным ядром соответственных размеров, и его скорость, при вылете из дула, могла доходить до 1 800 метров в секунду. Предположим, что это ядро было направлено в суживающееся углубление в большом куске стали. По расчету Кука, мгновенное давление здесь составило бы около 1 000 тонн на квадратный сантиметр, — лишь 1/150 000 того давления, которое должно получиться при столкновении больших звезд.

Наконец мы можем сравнить действия светового давления на землю и звезды. Двадцать лет тому назад Николсу и Гуллу<sup>1)</sup> удалось при помощи высоко чувствительных приборов измерить ничтожные смещения, производимые давлением света. Это действие так ничтожно даже для самых ярких источников света, какие мы имеем, что для измерения его требуется величайшее искусство экспериментирования. Однако для некоторых из более крупных звезд, по вычислению Эддингтона, половина их массы уравнивается давлением излучения, действующего навстречу их огромным взаимным притяжениям. Если бы их массы были в десять раз больше массы Солнца, то световое давление так близко подходило бы к величине тяготения, что эти звезды, вероятно, даже разорвались бы.

Но мы сказали уже достаточно для иллюстрации широкого разнообразия экспериментальных процессов, имеющих в нашем распоряжении в лабораториях неба. Физик и химик будущего будут все чаще и чаще здесь дополнять свои земные приборы и здесь находить новые пути к разрешению сложных задач, для решения которых поразительные успехи последних лет уже сделали так много.

#### ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ СТРОЕНИЯ ВЕЩЕСТВА.

Обывателю нетрудно признать практическую ценность исследований, направленных на улучшение лампочки накали-

<sup>1)</sup> И еще раньше П. Н. Лебедеву в Москве.

вания или усовершенствование телефона. Он может видеть результаты их в значительном понижении расходов на электрическое освещение и в быстром расширении пределов, на которые достигает человеческий голос. Но те самые люди, которые создают эти успехи, те, которым удалось свыше всех ожиданий добиться желаемых экономических целей, сильнее всех других настаивают на важности исследований более основного характера. Изучая законы электричества, Фарадэй открыл принцип, позволивший построить динамомашину. Максвелл, Генри и Герц, столь же мало интересовавшиеся материальной выгодой, сделали возможной беспроводную телеграфию. Таким образом все воистину великие успехи проистекают из научных оснований, и будущий прогресс мира будет зависеть в широкой степени от широты научного исследования, особенно в областях физики и химии, лежащих в основе всех областей техники.

Таким образом строение вещества оказывается не только предметом исследования для естествоиспытателя или вообще для изучающего природу, но и вопросом величайшего практического значения. Побочные плоды исследований, направленные к выяснению строения вещества, уже оказались многочисленными и полезными в самой высокой степени. О гелии мы уже говорили, едва ли нужно упоминать об X-лучах; еще больше известен радий, так существенно помогающий страдающим от рака. Беспроволочная телефония и межматериковая проволочная телефония стали возможными благодаря изучению природы электрического разряда в вакуум-трубках.

## ГЛАВА IV.

### ГЛУБИНЫ ВСЕЛЕННОЙ.

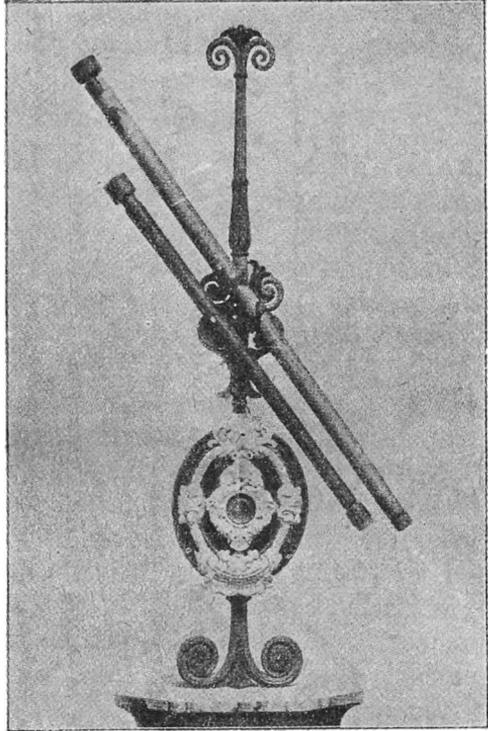
В ночь на 7 января 1610 года Галилей впервые направил свой телескоп на Юпитер. Поступая так, он буквально рисковал своей жизнью: десятью годами раньше Джордано Бруно, последователя Коперника, публично излагавшего его учение, сожгли в Риме на костре. Агенты инквизиции с неослабной бдительностью все еще жадно ждали новых жертв среди тех, кто осмеливался сомневаться в их учении. Галилей уже учил о теории Коперника; ему скоро предстояло доказать ее справедливость. Страницы его дневника, открывающие последовательные шаги его великих открытий, принадлежат к числу главных документов, отмечающих поворот от средневековой мысли к современной.

Телескоп показал Галилею, что возле Юпитера находятся три неизвестных звезды,—две к востоку и одна к западу от него. Простое открытие незнакомых звезд уже не удивляло Галилея, так как его телескопы умножили число этих объектов в сотни раз. Но распределение этих звезд почти по прямой линии параллельно эклиптике привлекло его внимание. На следующий вечер, случайно взглянув снова на Юпитер, Галилей с удивлением нашел, что три звезды, находясь попрежнему на прямой линии, теперь были все к западу от планеты. Это сильно поразило его, так как движение Юпитера в это время прямое, а не попятное, должно было произвести видимое смещение неподвижных объектов в противоположном направлении. На следующую ночь, к большому огорчению Галилея, небо было покрыто облаками. 10 января были видны только две звезды, обе к востоку от планеты. Третью, как он подозревал, мог

закрыть ее диск. Так истина, уже, быть может, иногда мерцавшая в его уме, стала медленно проясняться. Собственное движение Юпитера не могло объяснить таких смещений его спутников. Это должны быть меньшие планеты, обращающиеся вокруг него! Итак, Юпитер оказывается подобием Солнца Коперника и находится в центре миниатюрной солнечной системы. Новая и блестящая идея,— но подтвердить ее могло только наблюдение.

Итак, в течение 66 ночей, как это стоит на страницах оригинальной рукописи, Галилей изучал систему Юпитера. 13 января он видел четыре сопутствующих звезды, которые были видимы и на следующую ночь. Теперь выяснилось истинное значение его наблюдений.

„Здесь,—говорит он в заключение,— был не просто случай одного тела (Луны), обращающегося вокруг другого (Земли), между тем как оба вместе совершают обращение вокруг Солнца, как утверждает учение Коперника; мы имеем здесь случай четырех тел, или лун, обращающихся вокруг планеты — Юпитера, как Луна обращается вокруг Земли, и в то же время совершающих вместе с Юпитером великое обращение вокруг Солнца в течение дюжины лет“.



*Рис. 42.* Два Галилеевских телескопа, хранимые в Tribuna di Galileo во Флоренции. Разбитый объектив, которым были открыты четыре спутника Юпитера, вделан в центре рамки из слоновой кости.



под угрозой пытки, старому, разбитому Галилею пришлось отказаться от своего учения.

К счастью для человеческого прогресса, никакой человеческий закон не может опровергнуть истин природы, хотя история средних веков показывает, как их принятие может быть задержано на столетия. Вклад Галилея был не только подвигом мысли, наслаждением *cognoscenti* (познающего),— это была настоящая революция человеческой мысли.

### СРЕДНЕВЕКОВАЯ МЫСЛЬ.

Когда, за несколько десятилетий до открытия Галилея, Коперник представлял свои доказательства против геоцентрической системы, их встретили ожесточенные нападки со всех сторон. Церковь и ученые были спаяны с прошлым, и Оксфордский университет декретировал, что „магистры и бакалавры, не следующие в точности Аристотелю, подвергаются штрафу в пять шиллингов за каждый пункт расхождения и за каждую ошибку, сделанную против логики Органона“. Когда Шейнер, соперник Галилея, уведомил главу своего ордена о наблюдениях солнечных пятен, его начальство с достоинством заметило: „я читал сочинения Аристотеля с начала до конца много раз и могу заверить тебя, что я нигде не нашел ничего подобно тому, что ты описываешь. Иди, мой сын, и успокойся; будь уверен, что то, что ты принимаешь за пятна на Солнце, это только недостатки твоих стекол или твоих глаз“. В своем письме принцу Чези в 1612 году Галилей говорил: „Я подозреваю, что это новое открытие (солнечных пятен) будет сигналом для похорон или, вернее, для страшного суда над ложной философией... Признаки похорон были уже видны на Луне, Медицейских звездах (спутниках Юпитера), Сатурне и Венере. Я ожидаю теперь, что перипатетики приложат огромные усилия, чтобы сохранить неизменность неба“<sup>1)</sup>.

1) Об этой и других ярких иллюстрациях средневековых методов см. интересную книгу Фаги: „Галилей, его жизнь и труд“ (Fahie. Galileo, his Life and Work). Подробности жизни Галилея с большим количеством воспроизведений его рукописей и рисунков даны в большом национальном издании его трудов, выпущенном Фаваро на средства итальянского правительства.

Слова Галилея оправдались: он подвергся жестоким нападкам со всех сторон, а вскоре после того был обвинен инквизицией.

Было бы очень интересно и полезно привести несколько необычайно характерных примеров средневековой мысли, которая поверяла все новое путем сравнения с древними текстами и отказывалась обращаться к простому непосредственному доказательству путем наблюдения или опыта. Среди других вождей человеческой мысли Люттер и Меланхтон

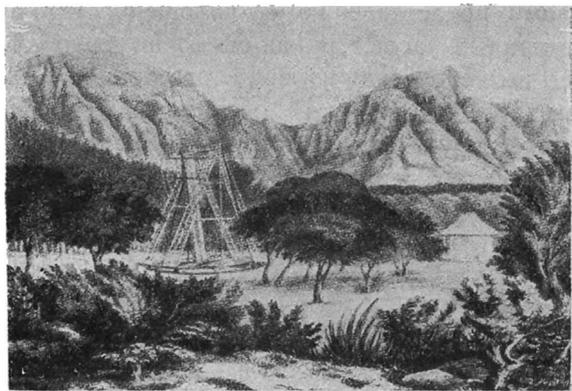


*Рис. 44.* Посещение слепого Галилея Мильтоном. С картины Тито Лесси.

усиленно противились теории Коперника,— последний на том основании, что „как утверждает священное писание, Иисус Навин приказал остановиться Солнцу, а не Земле“. Но, как указал Притчетт, быть может, самое замечательное доказательство упорного отвращения человека к идее подвижности Земли представляет резкий отказ от нее Фрэнсиса Бэкона, которого мы с полным правом считаем одним из творцов современного мышления. Представляя доказательства, в конце концов выведшие мир из этого жалкого состояния, Галилей явился пионером развития современной науки и вдохновителем открытий исследовате-

лей и путешественников эпохи возрождения. Еще раз, как во времена древних греков, а затем во времена александрийской школы, дорогу пролагала астрономия, и ее великие открытия поощряли исследования во всех других отраслях науки.

Коперник не первый утверждал гелиоцентрическую теорию. Аристарх Самосский, около 250 года нашей эры, придерживался мнения, что в центре системы находится Солнце и, подобно Галилею, был за это обвинен в без-



*Рис. 45.* 45-см телескоп Вильяма Гершеля, с которым он производил свои исследования строения вселенной и который был перенесен на мыс Доброй Надежды, где Джон Гершель распространил работу отца на объекты южного неба. По его оценке, в этот телескоп видно около пяти с половиной миллионов звезд на всем небе.

божии. Так с древнейших времен человек держался мнения о своем верховенстве. Чтобы укрепить центральность и руководящее значение Земли, он не задумывался подчинить ей Солнце и планеты. Он даже требовал, чтобы вокруг Земли обращалась вся звездная вселенная,— это даже кардиналам инквизиции могло бы показаться чрезмерным при свете даже небольшого знания и размышления. Но их умы были закрыты, и никакие выводы науки не могли в них проникнуть. К счастью, их преемники были уже более просвещенны, и много астрономических обсерваторий вели ценные исследования под их покровительством.

## РАССТОЯНИЯ ЗВЕЗД.

Долгое время после смерти Галилея, до последних годов XVIII столетия, никто не касался задачи о звездной вселенной. Однако, как мы показали в другом месте, отверствие и сила телескопа постепенно росли, пока, наконец, Гершель со своим 45-см (18-дюйм.) рефлектором не смог насчитать по всему небу около пяти или шести миллионов звезд. При помощи оригинального метода „черпков звезд“ он попытался определить строение звездной системы и пришел к отчетливому представлению ее уплощенности или формы в виде карманных часов. Но как бы то ни было, он оказался совершенно не в состоянии измерить расстояние даже до ближайшей звезды. Единственный очевидный метод измерения звездных расстояний, при испытании непригодными инструментами, неизменно давал отрицательный ответ. А если бы

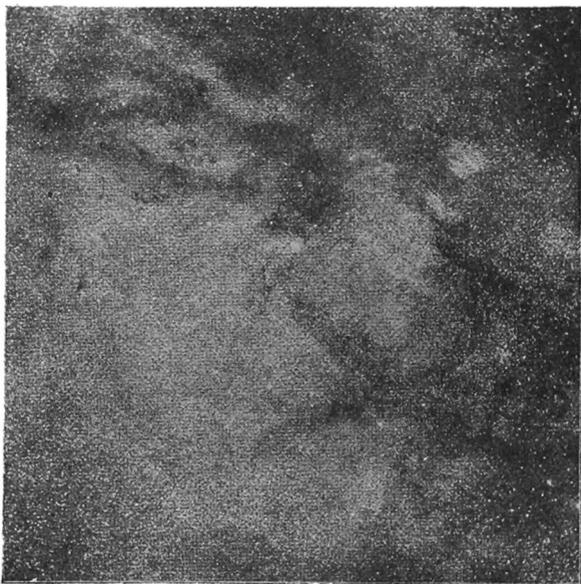


Рис. 46. Гершелёво сечение звездной вселенной. Место Солнца указано точкой недалеко от центра.

годовой параллакс звезд можно было открыть во времена Птолемея, представление о неподвижности земли со вращающимися вокруг нее Солнцем, планетами и звездами не могло бы господствовать над человеческой мыслью 2000 слишком лет.

Сядьте перед окном, заметьте себе какое-нибудь пятно на стекле и отметьте положение этого пятна по отношению к зданию на противоположной стороне улицы. Затем сдвиньте голову вправо или влево параллельно стеклу и заметьте смещение этого пятна на противоположном здании. Затем отойдите от окна дальше и повторите опыт. Смещение пятна стало меньше. Таким образом на достаточном расстоянии от окна пятно будет казаться вам неподвижным даже при взгляде на него с двух мест, довольно далеких друг от друга.

Возьмите вместо пятна на стекле звезду и представьте себе, что вы рассматриваете ее на фоне других чрезвычайно далеких звезд с двух точек, находящихся на расстоянии 300 миллионов километров друг от друга — диаметра земной орбиты. Ясно, что если звезда не показывает смещения при наблюдении с концов такой огромной базы, она должна быть чрезвычайно далека. Но до XIX века даже при помощи самых сильных телескопов и самых тонких измерительных



*Рис. 47.* Барнардов снимок больших звездных облаков в созвездии Кита (Scutum). Как раз над серединой рисунка видно скопление Мессье II.

приспособлений нельзя было открыть указанным путем никаких смещений ни у одной звезды.

Сам Гершель всячески старался применить этот метод. При своих обзорах неба он занес в каталоги много весьма тесных пар звезд, в которых один из членов казался гораздо ярче другого. Допустив, что слабость менее яркой звезды обуславливалась гораздо большей ее отдаленностью, он пытался открыть параллакс яркой звезды при помощи тщательных микрометрических измерений ее расстояния от более

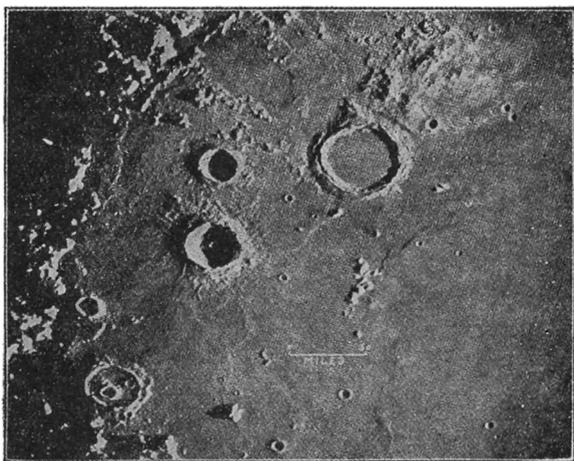
слабого спутника, произведенных шестью месяцами позже. Он не заметил никаких признаков полугодичного смещения, тем не менее он сделал очень важное открытие: Гершель нашел, что во многих из этих пар одна звезда, повидимому, обращалась вокруг другой. Так были открыты эти необычайные системы, в которых пара звезд, по диаметру сравнимых с Солнцем, а иногда и превосходящих его, обращаются около общего центра тяжести. Существуют миллионы таких звездных пар, значительно отличающихся от нашей солнечной системы, где Солнце является единственным самосветящимся и господствующим над всеми остальными телом, несравненно большим, чем те планеты, которые обращаются вокруг него как маленькие спутники.

#### ПРИЕМ ГЕРШЕЛЯ.

Решив раскрыть строение вселенной, и не имея возможности непосредственно измерить расстояние звезд, ввиду их отдаленности, Гершель был вынужден прибегнуть к другому приему. Возьмите, как пример, какую-нибудь яркую звезду, например Вега. Ее яркость для нашего глаза должна определяться двумя условиями: общим количеством излучаемого света (ее абсолютной яркостью) и ее расстоянием от Земли. Представьте себе, что Вега удаляется в пространство, пока не дойдет до точки, вдесятеро более далекой, чем то место, где Вега находится теперь. Вместо того, чтобы представляться нам одной из самых ярких звезд неба, она стала бы еле видимой невооруженному глазу. Пусть она движется еще дальше, где за ней можно будет следить только при помощи телескопа. Согласно оценке Гершеля, на расстоянии 900 нынешних ее расстояний ее еще можно было бы видеть при помощи самых сильных инструментов того времени.

Таким образом, если бы все звезды имели одну и ту же абсолютную яркость, то их относительные расстояния можно было бы определять путем измерения их видимой яркости. В настоящее время мы знаем, что звезды чрезвычайно различны между собою по размерам и яркости, да и сам Гершель не считал их одинаковыми. Он только допускал, что, беря очень большое число звезд, пользуясь, вместо одина-

ковых величин, средними из сотен или тысяч измерений, он должен получить более близкие к истине результаты. И в этом он далеко не был неправ. Его представление о звездной вселенной, основанное на подсчетах звезд во всех направлениях, не очень далеко от нашего современного представления, хотя, конечно, он не мог проникнуть в те отдаленные глубины, которые с течением времени стали доступны огромным современным телескопам и фотографической пластинке. Гершель пришел к выводу, что наша звездная система подобна



*Рис. 48.* Лунные кратеры Архимед, Аристилл и Автолик (Пиз). Согласно указанному на рисунке масштабу, поперечник Архимеда составляет около 80 км. Солнце находится справа, так что стены кратера и горные пики отбрасывают черные тени влево.

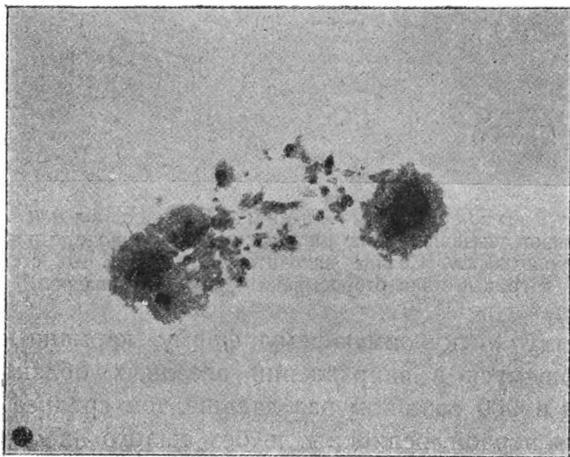
уплощенному диску, имеющему форму карманных часов, простирающемуся в направлении звездных облаков Млечного Пути в 900 слишком раз дальше, чем среднее расстояние звезды первой величины, и без малого на одну пятую такой величины в перпендикулярном направлении. Но у него не было средств определить среднее расстояние звезды первой величины. А изменения в абсолютной звездной яркости так велики, что некоторые очень слабые звезды на самом деле ближе к нам, чем некоторые из самых ярких.

Это стало очевидным в 1838 году, когда Бесселю, наконец, удалось, при помощи самых усовершенствованных

инструментальных средств, имевшихся в то время, измерить параллакс звезды, известной под именем 61 Лебеда, еле видимой невооруженным глазом. Ее смещение, при наблюдении с противоположных концов земной орбиты, составляет всего четыре десятых секунды дуги,—видимый поперечник шара в 1 см диаметром, находящегося на расстоянии четырех километров. Это означает, что 61 Лебеда находится на расстоянии 65 000 000 000 000 километров и дает первую идею об огромности масштаба звездной вселенной, ибо это одна из самых близких к нам звезд.

#### М А С Ш Т А Б В С Е Л Е Н Н О Й .

При том освещении, какое дают этот результат и позднейшие измерения звездных параллаксов, посмотримся в том, что мы знаем о небе. Если мы хотим в какой-нибудь степени оценить те чудовищные расстояния, с которыми здесь приходится иметь дело, то мы прежде всего должны составить



*Рис. 49.* Большая группа солнечных пятен 8 февраля 1917 г. (Кампбелл). Сравнительные размеры земли указаны диском в левом углу.

себе представление о применяемом нами при измерениях этих расстояний масштабе. Даже Земля кажется довольно большим телом, если припомнить, что еще не вся ее поверхность исследована; вспомним, например, отдаленность

и опасности экспедиций для открытия полюса. А, ведь, диаметр Земли составляет всего только 13 000 километров. Поставьте Землю рядом с Солнцем, поперечник которого во сто слишком раз больше, и она станет совсем незаметной, — гораздо меньше крупных солнечных пятен или чудовищных языков раскаленного газа, поднимающихся с поверхности Солнца. Километр представляется нам удобной единицей, и

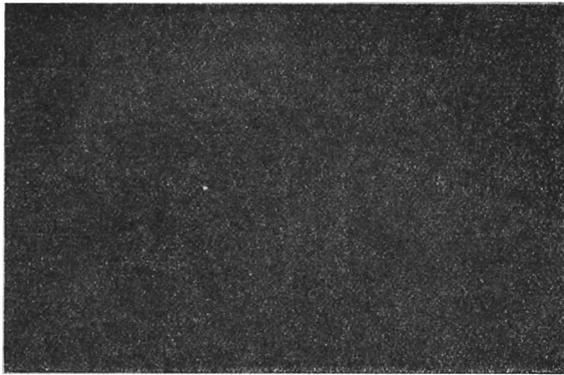


*Рис. 50.* Плеяды (Барнард). Расстояние от земли этого хорошо известного скопления звезд, окутанного туманностью, составляет около 325 световых лет.

мы можем даже удержать его, говоря об огромном расстоянии от Земли до Солнца, — 150 000 000 километров. Нептун, на крайнем пределе нашей солнечной системы, находится на расстоянии 4 500 000 000 км от Солнца. Но с той минуты, как мы переходим к звездам, наши обычные единицы мер уже недостаточно велики, чтобы ими было удобно пользоваться.

Поэтому мы вводим световой год, равный приблизительно десяти миллионам миллионов километров. Свет, распространяющийся со скоростью 300 000 км в секунду

обошел бы вокруг Земли меньше, чем в восьмую долю секунды; до Луны, нашего ближайшего небесного соседа он дошел бы в 1,2 секунды, а до Солнца приблизительно в 8 минут. Ближайшая из звезд, Альфа Кентавра, находится на расстоянии  $4\frac{1}{3}$  световых лет. Сириус, в 26 раз более яркий, чем Солнце, находится на расстоянии 8,7 световых лет. Нам известно только четыре звезды на расстоянии менее 10 световых лет от нас. Расстояние Прокиона составляет 11, Аль-



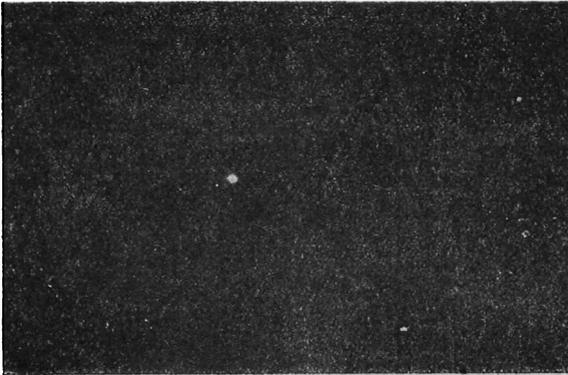
*Рис. 51.* Часть неба в созвездии Возничего (Сирс). Видна лишь одна звезда, хотя взятая экспозиция должна была дать звезды до девятой величины.

таира — около 15 световых лет. Вега и Арктур, каждый из которых приблизительно в 60 раз ярче нашего Солнца, находятся на расстоянии около 30 световых лет. Спектроскопическая двойная звезда Капелла, каждая составляющая которой в 100 раз ярче Солнца, находится на расстоянии 54 световых лет. Ригель приблизительно в 13 тысяч раз ярче нашего Солнца — находится на расстоянии почти 500 световых лет от нас. Хорошо известное скопление Гиад лежит на расстоянии 130 лет, а Плеяды — скопление от 300 до 500 звезд и свыше 30 световых лет в поперечнике — находится от нас в расстоянии около 325 световых лет. Группа голубых звезд в Орионе почти вдвое дальше (600 световых лет). Таким образом мы начинаем понимать выражение Гершеля, что телескоп проникает во время так же, как и в пространство. Когда в Млечном Пути внезапно заго-

рается новая звезда, быстро проходящая свой цикл изменений яркости, мы наблюдаем события, миновавшие сотни лет тому назад.

#### Способность проникать в пространство.

Как ни велики эти расстояния, упомянутые до сих пор тела мы должны считать своими ближайшими соседями в пространстве. Дальше за ними идет бесчисленное мно-



*Рис. 52.* Часть неба в созвездии Возничего. Взятая экспозиция должна была дать звезды до двенадцатой величины, за пределами видимости в телескопы Галилея.

жество звезд на гораздо более далеких расстояниях, яркость которых все меньше и меньше. По мере увеличения размеров наших телескопов мы проникаем все больше в эти далекие глубины и обнаруживаем сотни миллионов звезд, лежащих за пределами доступности прежних инструментов.

Взглянем, например, на область в созвездии Возничего (Auriga) (на рис. 51). Яркая звезда на этом рисунке имеет величину 3,3 и, таким образом, видима простому глазу. На нем не видно других звезд, хотя экспозиция была такова, что на пластинке могли выйти звезды девятой величины. Следующая ступень (рис. 52) дает нам звезды двенадцатой величины, — уже за пределами Галилеева телескопа. На рис. 53 имеются все звезды, доступные Гершелеву 45-сантиметровому (18-дюйм.) рефлектору, который давал звезды 15-й величины. Следующий снимок (рис. 54) содержит гораздо более слабые

звезды, а на рис. 55 вышли звезды вплоть до 18-й величины. Все эти снимки были получены Сирсом (Seares) при помощи 153-сантиметрового (60-дюйм.) рефлектора на Моунт-Вилсоне с постепенным увеличением экспозиции. Снимок с большой выдержкой 258-сантиметровым (100-дюйм.) телескопом дал бы в той же области гораздо больше звезд. По всему небу 135-сантиметровый телескоп, вероятно, отметил бы свыше 1 000 000 000 звезд, а 258-сантиметровый телескоп прибавил бы еще полных 500 000 000 <sup>1)</sup>).

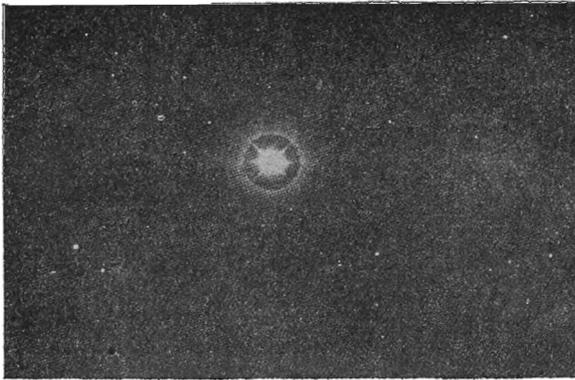


Рис. 53. Часть неба в созвездии Возничего. Снимок дает звезды до пятнадцатой величины, предела 45-см телескопа Гершеля.

Метод тригонометрических параллаксов, которым измеряется смещение звезды при наблюдении с противоположных концов земной орбиты, может быть применен только к более близким звездам. В самом деле, соответствующее угловое смещение звезды, находящейся на расстоянии больше немногих сот тысяч световых лет, уже слишком незначительно, чтобы его можно было измерить даже при всех тех тонких усовершенствованиях, какие были введены в новейшие ин-

<sup>1)</sup> Увеличение размеров изображений самых ярких звезд на снимках с долгой экспозицией обуславливается чисто фотографическим эффектом и совершенно не связано с действительным диаметром звезды. Круг на рис. 53 получается от отражения света от задней поверхности пластинки. Прямые линии, идущие в виде лучей от более значительных изображений, получаются благодаря диффракции от металлических стержней, поддерживающих маленькое зеркало на верхнем конце телескопа.

струментальные и фотографические методы. Чтобы проникнуть в пространство дальше, мы должны прибегнуть к еще более сильным средствам, которые и были, к счастью, недавно открыты и применены.

Возьмем яркую звезду Сириус и назовем его расстояние от Земли единицей. Если бы Сириус передвинулся на расстояние 2, то его видимая яркость, которая должна убывать обратно пропорционально квадрату расстояния, стала бы вчетверо меньше. На расстоянии 4 яркость была бы в шест-



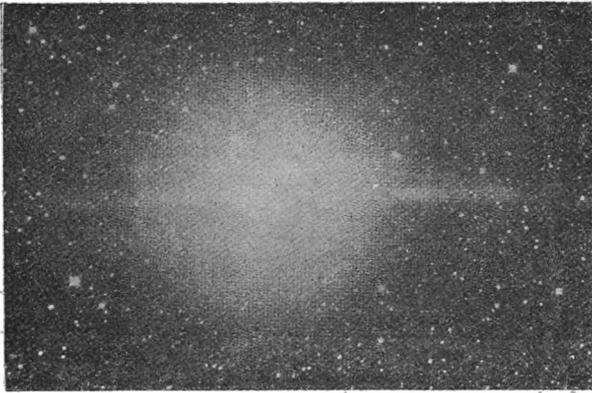
*Рис. 54.* Часть неба в созвездии Возничего. Снимок дает звезды до семнадцатой величины.

надцать раз меньше, на расстоянии 8 — в шестьдесят четыре и т. д. Таким образом, если бы мы знали абсолютную собственную яркость звезды, т.-е. ту яркость, какую она имела бы на расстоянии единицы, то ее видимая яркость, которую легко измерить, сейчас же дала бы нам и меру ее действительного расстояния.

Но как же определить абсолютную яркость звезды? Эта кажущаяся неразрешимой задача недавно уступила поведенной на нее энергичной атаке, что сильно увеличило наши средства измерения глубин пространства. Благодаря новому методу В. С. Адамса стало возможным определение расстояния звезды известной видимой яркости путем простых оценок относительной интенсивности известных линий в ее спектре.

### СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ ЗВЕЗД.

Если внести в голубое пламя бунзеновской газовой горелки хлористый стронций, то это пламя окрашивается в яркий красный цвет — влияние сильной линии в красной части спектра хлористого стронция. Эту линию, вместе с несколькими другими, более слабыми, можно видеть при помощи обыкновенного спектроскопа с одной призмой. Этими излучениями характеризуется атом стронция, который, согласно новейшим

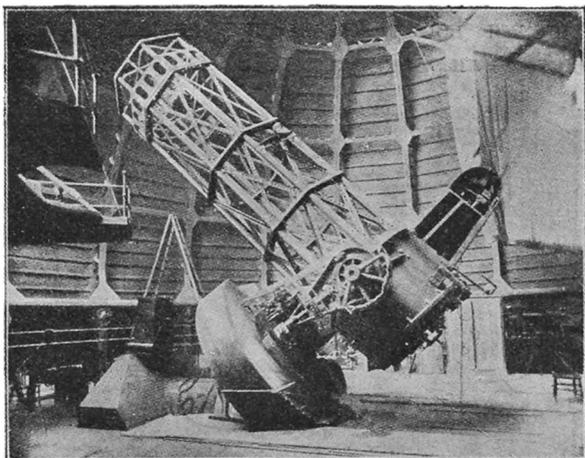


*Рис. 55.* Часть неба в созвездии Возничего. Снимок дает звезды до восемнадцатой величины.

исследованиям, повидимому, состоит из тридцати двух электронов, обращающихся около положительно заряженного центрального ядра.

Мы можем изменить этот спектр, однако, весьма резко, введя небольшое количество хлористого стронция в электрическую искру, которая ионизует его пары. Это означает, что интенсивный электрический разряд отрывает один из электронов, обращающихся вокруг центрального ядра атома, и оставляет положительно заряженную систему без одного отрицательного электрона. Высокая температура или понижение давления может производить такое расщепление атома стронция и может вызывать в спектре некоторые линии, которые при низких температурах или высоких давлениях излучающего

газа совсем слабы или совершенно отсутствуют. Две из этих „подчеркнутых“ (enhanced) линий в синей части спектра, известные спектроскопистам как  $\lambda 4077$  и  $\lambda 4215$ , при сравнении с линией кальция ( $\lambda 4454$ ), которая представляется наиболее яркой при низких температурах или высоких давлениях, могут дать нам необычайное количество сведений об абсо-

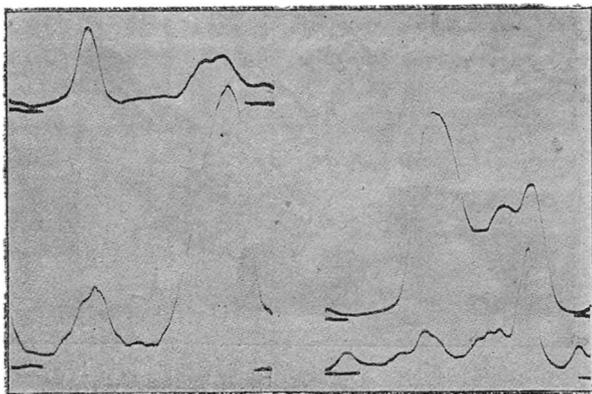


*Рис. 56.* 152-см рефлексор обсерватории на Моунт-Вилсоне. При взятом здесь расположении инструмента свет наблюдаемой звезды, падающий на 152-см вогнутое зеркало на нижнем конце трубы, отражается назад к малому выпуклому зеркалу близ верхнего конца. Отсюда суживающийся конус света идет к плоскому зеркалу на пересечении осей склонения и полярной, которая отражает его в верх к фокусу сбоку трубы. Здесь он проходит через узкую щель спектрографа, затем через линзу коллиматора и две призмы и, наконец, через фотографический объектив к пластинке, на которой получается изображение спектра данной звезды. Наблюдатель должен смотреть на щель через небольшую вспомогательную зрительную трубу все время экспозиции и слегка сдвигать большой телескоп, от времени до времени, электрическим мотором, когда вследствие недостатков часового механизма изображение звезды смещается со щели.

лютной яркости звезды, а значит, и о ее расстоянии. Эти линии здесь упомянуты только как типичные примеры двух групп подчеркнутых линий и линий низкой температуры, которые даются различными элементами, различной интенсивности в разных стадиях жизни звезды.

Звездные спектры фотографируются на Моунт-Вилсоне при помощи 153- и 258-сантиметрового рефлексоров. В фокусе телескопа помещается спектроскоп, фотографирующий спектр,

и на его щель можно привести изображение любой звезды, передвигая телескоп при помощи электрических моторов. Раз звезда приведена как раз на щель, после прохождения которой свет ее анализируется одной, двумя или тремя призмами, она удерживается в этом положении при помощи часового механизма телескопа. Наблюдатель неотлучно смотрит, чтобы звезда оставалась в точности на щели, исправляя смещения изображения при помощи мотора, слегка ускоряющего или замедляющего скорость хода часового

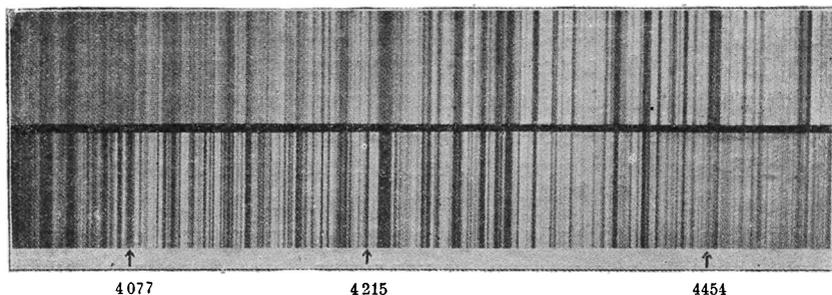


*Рис. 57.* Кривые относительных интенсивностей пар линий у карликовых и гигантских звезд (Адамс). Эти кривые были получены при помощи самопишущего микрофотометра, в котором свет, пропускаемый особыми сфотографированными линиями, дает кривую на чувствительной пластинке. Левый чертеж дает относительные интенсивности  $\lambda 4071$  (слева) и  $\lambda 4077$  (справа) у карликовой звезды „Эта“ Кассиопеи (наверху) и у гигантской звезды Полярной (внизу). У Полярной звезды линия  $\lambda 4077$  гораздо сильнее. Аналогично, правый чертеж дает относительные интенсивности  $\lambda 4454$  (слева) и  $\lambda 4461$  (справа) у карликовой звезды 61 Лебедя (сверху) и Альдебарана (внизу). Линия  $\lambda 4454$  здесь гораздо сильнее у карликовой звезды.

механизма. Экспозиция меняется в пределах от немногих минут, для более ярких звезд, до нескольких часов — для очень слабых. Этим путем один за другим фотографируются спектры тысяч и тысяч изучаемых звезд вплоть до предела видимости Гершелева телескопа.

Исследуя эти пластинки, Адамс и его сотрудники на Моунт-Вилсоне обратили особенное внимание на некоторые линии, интенсивность которых изменялась в более нагретых

и в более холодных областях солнца (или на высоком и низком уровнях атмосферы солнца), а также на их соответственные изменения в лабораторных опытах. Расстояние некоторых из звезд, у которых наблюдались такие линии, было определено по способу тригонометрического параллакса, и, следовательно, их абсолютная или собственная яркость была известна. Вскоре обнаружилось, что в звездах большой абсолютной яркости некоторые линии чрезвычайно интенсивны, а другие слабы. В некоторых из них,— например, под-



*Рис. 58.* Сравнение спектров 61 Лебеда, карликовой звезды, и Альдебарана,—гигантской звезды приблизительно того же спектрального типа (Адамс). Отмечены главные линии, служащие для определения абсолютной величины. Простое внимательное рассматривание укажет много других различий.

черкнутые или искровые линии стронция очень интенсивны, тогда как кальциевая линия  $\lambda$  4454 слаба. У абсолютно слабых звезд имело место обратное: кальциевая линия интенсивнее стронциевых. Таким образом стало возможным на деле установить определенное числовое соотношение между абсолютной яркостью звезды и сравнительной интенсивностью этих линий. Обращаясь теперь к звезде, расстояние которой неизвестно, мы получаем меру ее абсолютной величины путем простой оценки относительной интенсивности кальциевой линии и одной из стронциевых. Если видимая яркость звезды известна, то отсюда можно непосредственно получить ее расстояние.

Легкость и быстрота получения результатов по этому методу делают его чрезвычайно выгодным при изучении строения вселенной. Его применение не ограничивается, в отличие от тригонометрического метода, только ближай-

шими звездами. Этот метод позволяет нам забрасывать лот в такие глубины пространства, где расстояния меряются тысячами световых лет. До 1900 года было точно измерено кропотливыми методами, в большинстве случаев визуальными, всего только шестьдесят звездных расстояний. Работа Шлезингера на 102-см (40-дюйм.) Йеркском телескопе положила начало американской школе измерений параллаксов, и удачное применение им фотографических методов стало прибавлять новые точные определения с такой быстротой, что общее число тригонометрических параллаксов в настоящее время составляет около 1400. В 1915 году Адамс и его сотрудники начали систематически применять его спектроскопический метод на 153-сантиметровом телескопе. Затем этим же методом воспользовались для 258-сантиметрового телескопа, который в общем дал уже свыше 2000 определений звездных расстояний. Эти измерения не только решительно подтвердили существование звездных гигантов и карликов, но бросили также луч света на строение и эволюцию звездной вселенной.

### Звездные скопления.

Иной метод измерения расстояний был применен Г. Шапелем, нынешним директором обсерватории Гарвардского колледжа, при его обширном исследовании шарообразных звездных скоплений, которое он произвел на Моунт-Вилсоне. Созвездие Ориона является одним из самых прекрасных небесных объектов как для невооруженного глаза, так и при более подробном исследовании в телескоп. Блестящие звезды, очерчивающие фигуру гиганта-охотника и отмечающие его пояс, разбросаны на небе на широком пространстве, но все они, за исключением Бетельгейзе, составляют определенную физическую группу, которая, несомненно, имеет общее происхождение и согласно движется в пространстве. Это созвездие представляет прекрасный пример рассеянного звездного скопления, какие мы находим также в Большой Медведице, а также в более сплоченных группах Гиад и Плеяд, также представляющих собою настоящие физические системы.

Стремление к скученности замечается у звезд в широких размерах. Простейший случай скучивания звезд мы имеем в парных звездах, в которых мы наблюдаем пару звезд, нередко более значительных, чем наше Солнце, обращающихся около их общего центра тяжести. Были найдены тысячи таких парных звезд, иногда еще сопровождаемых и третьим сочленом. Группы такого рода существенно отличаются от скоплений типа Ориона, в которых рассеянные

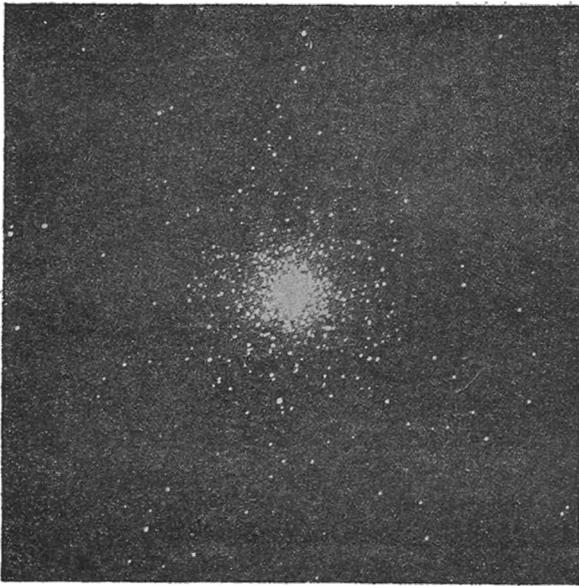


Рис. 59. Шаровая звездная куча N. G. C. 7 006 (Ш а п л е й). По мнению Шаплея ее расстояние составляет около 220 000 световых лет.

на большом расстоянии члены не обращаются около общего центра тяжести, а движутся в пространстве по почти параллельным путям. Но самыми поразительными из звездных систем являются большие шарообразные скопления, или звездные кучи, которыми Ш а п л е й воспользовался для изучения размеров звездной вселенной. Нам известно только девяносто пять таких густых скоплений, и задача определения их расстояния и размеров имеет фундаментальное значение.

Несколько лет тому назад, исследуя в Гарвардской обсерватории фотографии малого Магелланова Облака,

покойная мисс Ливитт (Leavitt) обратила особенное внимание на некоторые звезды класса Кефеидов, яркость которых колеблется периодически с правильным периодом от 1,25 до 127 суток. Сравнивая среднюю видимую яркость каждой звезды с периодом изменения ее блеска, она открыла определенное соотношение между этими двумя величинами. Таким образом, если для какой-нибудь звезды этого класса известен только период ее переменности, то можно точно



*Рис. 60.* Шаровая звездная куча Мессье 79 (Шаплей). Шаплей определяет ее расстояние приблизительно в 85 000 световых лет.

предсказать ее среднюю яркость. Так как все звезды Магелланова Облака находятся в сущности почти на одном и том же расстоянии от земли, то разности видимых яркостей соответствуют разностям их абсолютных яркостей. Этот простой метод, следовательно, если только он приложим ко всем переменным класса Кефеидов, мог дать средство для определения абсолютной яркости такой звезды по величине ее периода, как бы далека она ни была. Как мы уже

видели, когда шла речь о спектроскопическом методе Адамса, раз нам известна абсолютная яркость звезды, мы можем найти ее расстояние по ее видимой яркости.

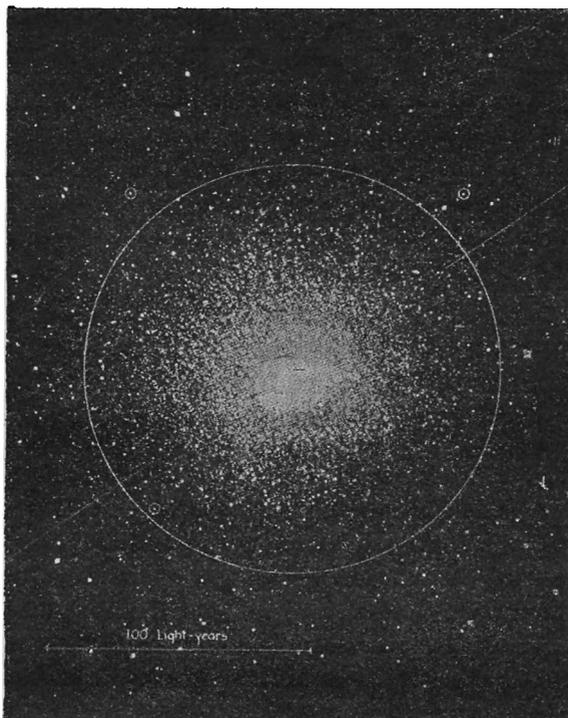
#### РАССТОЯНИЕ ЗВЕЗДНЫХ КУЧ.

Этим путем, равно как и при помощи других методов, Шаплей определил расстояние всех звездных куч, сфотографированных при помощи 153- и 258-сантиметрового телескопов. Долгие экспозиции показали, что эти скопления состоят из многих тысяч звезд, образующих шарообразное тело. Большая звездная куча в Геркулесе, например, содержит целых 35 000 звезд яркости нашего Солнца, а некоторые из них ярче его в тысячу слишком раз. Среди них много переменных Кефеидного типа, и, определив из наблюдений их периоды и видимые яркости, можно было найти их абсолютные яркости, а значит, и их расстояние. Последнее определилось огромным числом в 36 000 световых лет.

Если эти измерения правильны, а их подтверждают и многие другие независимые указания, то, достигая этих скоплений, мы делаем огромный скачок в пространство и время. Мы видели, что свету, распространяющемуся со скоростью 300 000 км в секунду, требуется 1,2 секунды, чтобы дойти к нам от Луны, 8 минут от Солнца и  $4\frac{1}{4}$  года, чтобы пересечь пространство между нами и ближайшей звездой. Таким образом эти объекты представляются нам в современном их виде или же такими, каковы они были немного лет тому назад. Но скопление в Геркулесе принадлежит к другому классу объектов. Свет, вышедший из него 36 000 лет тому назад и распространяющийся со скоростью приблизительно десяти миллионов километров в год, только теперь дошел до нас. Следовательно мы не можем сказать, каков вид этого скопления сегодня и даже существовало ли оно на заре нашей цивилизации. Есть все основания думать, однако, что если бы мы могли видеть это скопление в его нынешнем виде — каким оно представится астрономам, которые будут жить через 36 000 лет, — то оно в существенном представлялось бы нам таким же, каким оно представляется на наших фотографиях его далекого прошлого, ибо 36 000 лет в циклах вселенной,

где миллионы лет приносят лишь небольшие изменения, есть только один день.

Взгляните на это скопление, представленное на рис. 61. Все звезды, видимые на этом снимке, как уже было замечено, ярче нашего Солнца. Поразительные размеры этого



*Рис. 61.* Большая шаровая звездная куча в Геркулесе (Ритчей). По Шаплю, расстояние этого скопления составляет около 36 000 световых лет. Отсюда можно заключить, что свыше 35 000 его звезд в яркости не уступают Солнцу, а три из них, в маленьких кружках, в сто раз ярче его. Длина короткого штриха в центре равна  $4\frac{1}{3}$  световым годам, а диаметр большого круга в десять миллионов раз больше расстояния от земли до Солнца и составляет 160 световых лет.

скопления указаны маленькой горизонтальной линией в центре рисунка, которая представляет расстояние от земли до Альфы Кентавра —  $4\frac{1}{3}$  световых года. Диаметр большого круга на рисунке в 10 000 000 раз больше расстояния от Земли до Солнца, что составляет 160 световых лет. Поперечник

всего скопления, которое простирается далеко за пределы этого круга, составляет более 350 световых лет

Согласно Шаплею, эта огромная звездная система является одной из самых близких звездных куч. Одна звездная куча лежит на расстоянии свыше 200 000 световых лет, а могут быть и еще более далекие скопления. Повидимому они представляют собою отдельные системы, не связанные тесно с другими звездами; тем не менее, распределение их указывает, что они принадлежат к великой звездной вселенной, представляемой Млечным Путем. Расстояние звездной кучи Геркулеса приблизительно такое же, как и расстояние звездных облаков Млечного Пути, недавно измеренное Сирсом. Эти измерения относятся к звездам до 15-й величины; но много еще более слабых звезд должно быть на гораздо большем расстоянии — быть может, столь же далеко, как и самые далекие звездные кучи.

#### РАЗМЕРЫ СИСТЕМЫ МЛЕЧНОГО ПУТИ.

Итак, мы можем представлять себе галактическую систему в виде уплощенного диска или имеющего форму часов скопления звезд, с диаметром, быть может, в 300 000 световых лет, в которой находится и наше Солнце. Толщина этого диска составляет около одной восьмой его диаметра, или 37 500 световых лет. Кертис (Curtis) отрицал эти огромные размеры и высказывался в пользу галактической системы приблизительно раз в десять меньшей. Но накаплиется все больше и больше свидетельств в пользу более грандиозного представления Шаплея, уже широко принимаемого астрономами.

Нужно подчеркнуть, что основным вопросом здесь являются размеры той галактической системы звезд, к которой принадлежит наше Солнце. В нее входят все звезды, доступные наблюдению, а также планетные туманности и неправильные галактические туманности как светлые, так и темные. Однако в нее нельзя безусловно включить чрезвычайно замечательные спиральные туманности, которых наши наибольшие телескопы могут сфотографировать около миллиона. Еще не решен вопрос, дальше ли они от нас,

чем самые далекие звезды, и не следует ли их рассматривать как „островные вселенные“, изолированные в глубинах пространства, и по размерам сравнимые с системой Млечного Пути. Придерживающийся этого последнего взгляда Кертис оценивает их расстояние в пределах от пятисот тысяч до миллиона световых лет, тогда как Шаплей, Ван-Маанен и другие считают их гораздо более близкими. Были выдвинуты интересные доказательства с обеих сторон, но их слишком много, чтобы останавливаться на них здесь.

Обширность масштаба вселенной легко объясняет бывшие раньше непонятными явления. Даже умеренное расстояние в 350 световых лет заставляет звезду вроде Антареса, поперечник которого в четыреста слишком раз превышает поперечник Солнца, обратиться в ничтожную точку, слишком незначительную для того, чтобы какой бы то ни было наш телескоп мог обратить ее в настоящий диск. Благодаря интерферометру Майкелсона, применяемому на 258-см телескопе, можно было косвенным путем измерить диаметры Антареса и еще нескольких звезд. Этим и другими путями огромные современные инструменты быстро расширили наши сведения о строении вселенной и позволили нам измерить ее глубины и проследить эволюцию звезд.

## ГЛАВА V

### ТЕМНЫЕ ТУМАННОСТИ БАРНАРДА.

Из всех небесных объектов наибольшее впечатление производит светящийся пояс Млечного Пути. В прозрачном воздухе безлунной ночи его сложные облачные массы тихо сияют спокойным светом за завесой мерцающих звезд. Со времен Гершеля в Млечном Пути мы признаем центральный ствол звездной вселенной. Это огромное скопление приблизительно двух тысяч миллионов звезд имеет форму уплощенного диска, близ центра которого солнечная система свершает свой путь в пространстве. Наблюдая Млечный Путь, мы глядим сквозь яркие звезды центральной части к периферии этой безмерной системы, сияющие звенья которой получают от смешения блеска бесчисленных далеких звезд.

Как мы видели в предыдущей главе, наше представление о масштабе звездной вселенной с течением времени и по мере совершенствования наших инструментов все возрастало. Недавно Сирс (Seares) нашел, что некоторые галактические облака находятся на расстоянии от 20 000 до 50 000 световых лет, как это дают измерения голубоватых звезд величины от 14 до 15,5, отмечавших собою пределы Гершелеева телескопа. Эти результаты хорошо гармонируют с оценкой Шаплея, который определяет весь диаметр Млечного Пути по крайней мере в 300 000 световых лет. Таким образом мы можем понять, до каких необычайных глубин проникают наши большие телескопы, когда, опираясь на помощь фотографии, они выявляют те ничтожно слабые звезды, которые лежат у внешних пределов доступного нашему изучению пространства.

## ГЕРШЕЛЕВА „ДЫРА В НЕБЕ“.

Систематические обследования неба привели Вильяма Гершеля к одному из самых блестящих галактических облаков, недалеко от общей границы созвездий Змееносца и Скорпиона. Прием „звездных черпков“, примененный им для изучения строения вселенной, шаг за шагом привел его от сравнительно пустынных областей близ полюсов Млечного Пути к самой густой части Млечного Пути, где звезды, можно сказать, кишат. Здесь Гершель внезапно наткнулся



Рис. 62. Большая темная туманность Ро Змееносца. Снимок Барнарда 25-см Брюсовым телескопом.

на темное место,—как будто сквозь всю толщу звездной системы вдоль но наибольшему из ее протяжений был проделан туннель в беззвездное пространство вне ее. Неудивительно, что он долго и серьезно всматривался, его сестра — всегдашний его помощник — говорит, что наступило „жуткое молчание“ (an awful silence), после чего он воскликнул: „Наверно здесь дыра в небе!“

Благодаря современной фотографии, читатель может исследовать эту область неба в еще лучших условиях, чем это мог сделать Гершель со своим могучим телескопом. Рис. 62 показывает (как раз над серединой рисунка) яркую

туманность, окружающую звезду „Ро“ Змееносца и большую темную область с длинными пустотами, идущими на восток. Близ нижнего края рисунка, видна звездная куча Мессье 4. Слева от нее находится яркая красная звезда Антарес (Альфа Скорпиона), тогда как справа и выше звездного скопления лежит в яркой туманности звезда „Сигма“ Скорпиона. Гершель, пользуясь более сильным увеличением, мог видеть сразу лишь небольшую часть этого поля. Какое именно место вызвало у него приведенное восклицание, мы не можем установить, — вероятно, это была часть темной

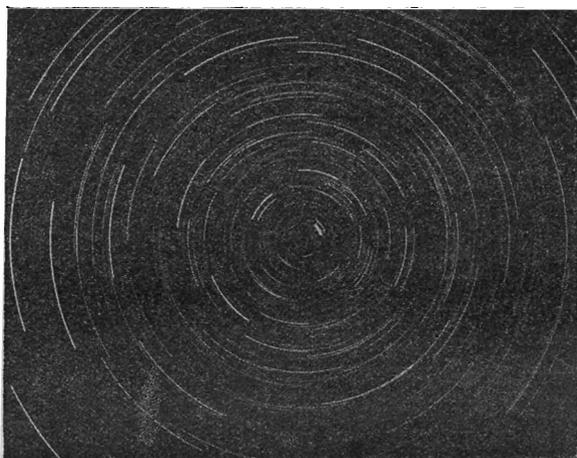
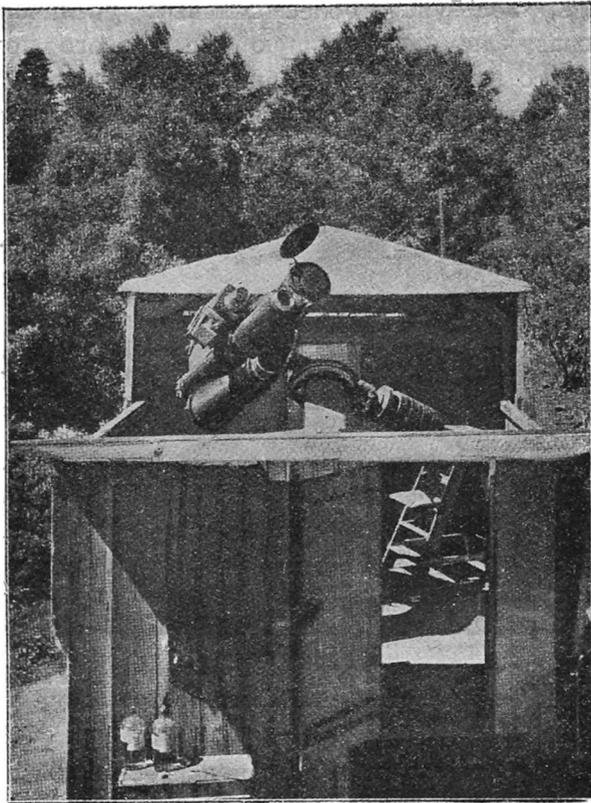


Рис. 63. Следы звезд близ северного полюса (Эллерман). Снимок с неподвижной камерой.

беззвездной области налево от центра снимка. Его первая мысль была, что звезды, ранее занимавшие эти пустоты, быть может, в течение веков, были захвачены на образование таких скоплений, как находящееся возле Антареса. Глубоко потрясенный этим огромным темным местом, он снова и снова исследовал его, но удовлетворительного объяснения ему найти не сумел. Должно было пройти еще целое столетие, прежде чем можно было выяснить действительное значение этого темного пятна.

За это время фотография прошла путь от простых начинаний в руках Дагерра до того совершенства, которое

сделало ее главным помощником астронома. Она была впервые приложена к регистрации звездных изображений Бондом на Гарвардской обсерватории в 1850 году, скоро получила всеобщее признание и оценку и стала служить во всех частях света для составления карты небес. В настоя-



*Рис. 64.* Брюсов телескоп, временно установленный на Моунт-Вилсоне для фотографирования Млечного Пути.

щее время визуально наблюдаются лишь немногие объекты, и только фотографические средства открыли нам десятки миллионов звезд и туманностей, иначе недоступных зрению.

Всякий обладатель фотографической камеры легко может удостовериться в ее способности регистрировать звезды. Откройте во всю ширину ирисовую диафрагму, чтобы можно

было использовать полное отверстие линзы. Направьте камеру на какую-нибудь группу ярких звезд, прочно прикрепите ее к твердой подставке, установленной в таком месте, где огни домов и улиц не видны. После экспозиции в полчаса, например, проявите полностью вашу пластинку или пленку, и вы увидите на ней следы звезд. Вообще это будут дуги кругов, — очень изогнутых, с центром в полюсе, если камера направлена на север (рис. 63), или же прямые линии, если направить камеру на небесный экватор. Если экспозиция будет продолжаться шесть часов, дуги, зачерченные околополярными звездами, представят собою четверти круга. Разумеется эти дуги обуславливаются вращением Земли вокруг ее оси, которое заставляет звезды совершать кажущееся вращение около полюса с востока на запад в течение двадцати четырех часов.

Для того чтобы нейтрализовать это движение и таким образом держать звездные изображения неподвижными на пластинке за все время экспозиции, необходимо монтировать камеру экваториально, так, чтобы ее можно было направлять в любую часть неба и затем двигать при помощи часового механизма около оси, параллельной оси земли; при чем скорость этого вращения (полный оборот в 24 часа) должна в точности соответствовать смещению самих звезд. Рис. 64 показывает Брюсов телескоп Йеркской обсерватории — стальную камеру с великолепной линзой работы Брашира, 23-см чистого отверстия и 125-см фокальной длины, экваториально монтированную, как это умеет превосходно делать фирма Варнер и Свайей. Та же монтировка несет также еще 15-сантиметровую камеру и две еще меньших. Замечательно, что даже маленькие линзы, обычно употребляемые для ландшафтной фотографии, при надлежащей монтировке могут хорошо служить астрономическим целям.

### Барнардовы снимки Млечного Пути.

Снимки различных областей Млечного Пути, воспроизведенные на рис. 62, 67, 69, 70 и 72, были сделаны покойным профессором Барнардом при помощи Брюсова телескопа на Моунт-Вилсоне в 1905 году. С января по сен-

тябрь этого года он сделал 161 снимок (30 см в квадрате) при помощи 25-сантиметровой линзы, 175 снимков (20×25 см) при помощи 15-сантиметровой линзы, а также много снимков при помощи меньших линз. 48 таких снимков, превосходно воспроизведенных под руководством самого профессора Барнарда, должны скоро появиться в фото-

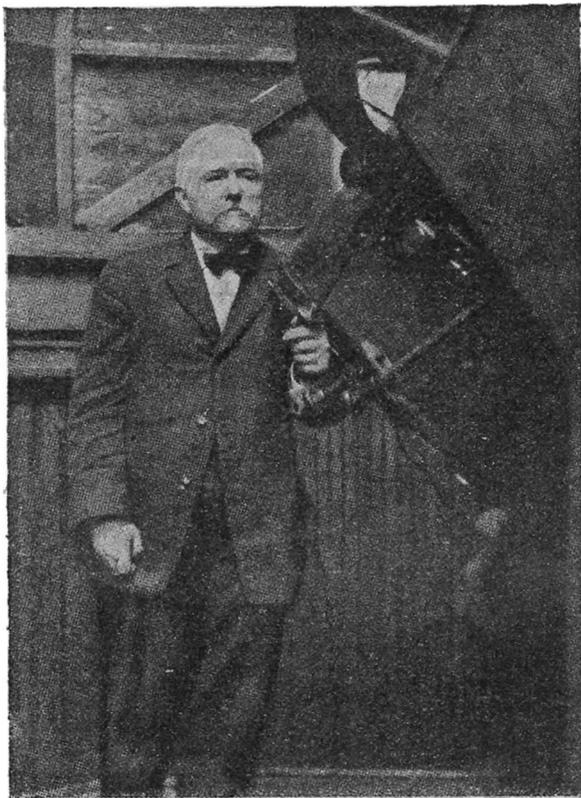


Рис. 65. Эдуард Эмерсон Барнард у Брюсова телескопа.

графическом атласе Млечного Пути, издаваемом институтом Карнеджи в Вашингтоне. Текст для этой книги, почти законченный профессором Барнардом, будет приведен в окончательную форму профессором Фростом, директором Йеркской обсерватории. В дополнение к другим снимкам Млечного Пути, сделанным на обсерватории Йеркса

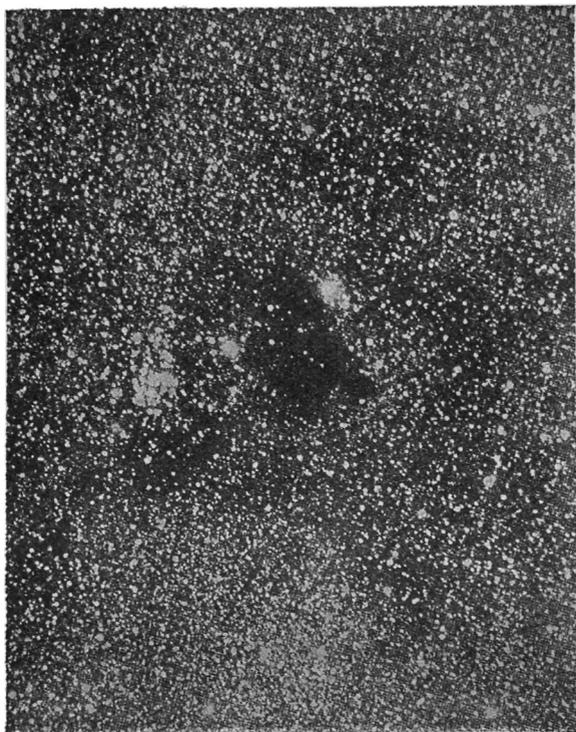
в этом атласе будет дан полный каталог приблизительно двухсот темных объектов описанного Гершелем типа и открытых профессором Барнардом на его снимках, а также будут изложены взгляды на их природу.

Смерть Эдуарда Эмерсона Барнарда (6 февраля 1923 года), одного из крупнейших американских астрономов, была невознаградимой утратой для науки. Со времен Гершеля не было другого такого неутомимого наблюдателя и такого богатого живого источника сведений о небе. Он постоянно наблюдал небо и не терял ни одного случая, даже самого маленького, изучать его изменчивые явления. Хотя его наблюдения всякого рода небесных объектов — звезд, туманностей, комет, планет, спутников, метеоров и многих других — считались десятками тысяч, он всегда мог припомнить день и часто даже час каждого из них, равно как и отмеченные точные подробности. Его неутомимый энтузиазм и его упорство в тяжелой работе наблюдений в холодные зимние ночи напролет ускорили его смерть.

#### Темная туманность в Стрельце.

Барнард открыл много темных пятен на небе во время своей фотографической работы в Ликской обсерватории, где я впервые встретил его в 1890 году, когда он состоял в ее штате. Но первые его наблюдения этих явлений относятся к еще более раннему времени, когда он составлял себе имя открытием комет, будучи помощником фотографа в Нашвиле. В недавней статье в *Астрофизическом Журнале* „О темных пятнах на небе“ (*On the Dark Markings of the Sky*, *Astrophysical Journal*) он особенно останавливается на замечательном темном месте в Стрельце (№ 86), черном, как капля чернил, представлявшемся в его 12-сантиметровом кометоискателе одним из самых поразительных объектов Млечного Пути. В 1895 году он исследовал его 91-сантиметровым (36-дюйм.) Ликским рефрактором, в котором оно, при увеличении в 350 раз, почти заполняло все поле зрения. Оно было довольно резко очерчено с запада и более размыто с востока; повидимому, оно было связано с значительной туманностью — знаменательный факт, впоследствии фото-

графически подтвержденный Кертисом при помощи 91-сантиметрового (36-дюйм.) Кросселеева рефлектора. Еще более поздняя фотография, снятая Дунканом (Duncan) в 1925 г. при помощи 258-сантиметрового Гукерова телескопа на Моунт-Вилсоне, воспроизведена на рис. 66. На ней видно несколько мелких звезд впереди интенсивно-черного туман-

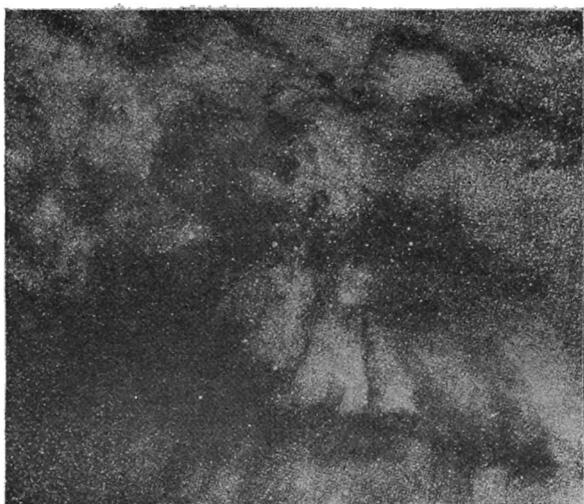


*Рис. 66.* Темная туманность Барнарда № 86. По фотографии Дункана 258-см Гукеровым телескопом обсерватории на Моунт-Вилсоне.

ностного облака, но богатый фон еще более слабых звезд, еще более далеких, чем туманность, отсутствует. Вблизи него слева заметно скопление довольно ярких звезд.

Рассматривая снимки этих темных объектов, читатель должен не забывать о природе инструментов, которыми сделаны снимки. Рис. 62, 67, 69, 70 представляют очень большие области неба в малом масштабе, полученные при помощи камеры

с фокусной длиной в 125 см, снабженной большим портретным объективом с отверстием в 25 см (Брюсов телескоп). Рис. 66, 68, 71 и 73, напротив того, дают небольшие участки неба, сфотографированные в большом масштабе при помощи камеры в 7 метров фокусной длины и с зеркалом (вместо линзы) 258-сантиметрового отверстия (Гукеров телескоп). Тогда как 258-сантиметровый телескоп для некоторых целей гораздо пригоднее Брюсова, последний обладает тем преимуществом, что дает на одной пластинке большую область неба и подчеркивает черноту и определенность объектов,

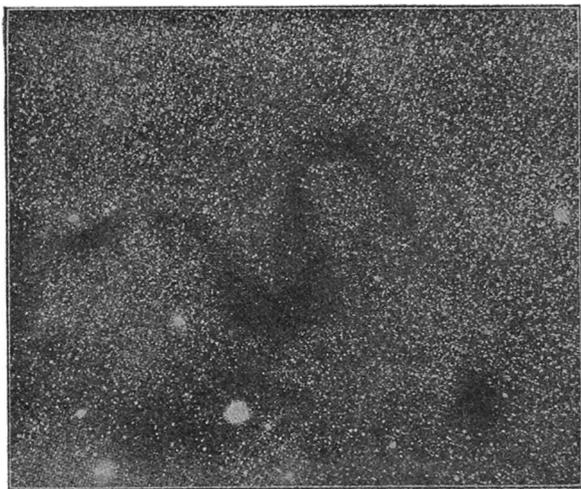


*Рис. 67.* Темные пятна в Млечном Пути около яркой звезды Тета Змееносца. По фотографии Барнарда Брюсовым телескопом.

которых нельзя было бы заметить в большой телескоп ввиду того, что в длиннофокусные инструменты они представляются размытыми. Однако, раз они опознаны на пластинках, полученных с портретной линзой, их подробное изучение в большой телескоп приобретает уже большое значение. Даже при подробном исследовании 258-сантиметровым телескопом резкость и чернота некоторых темных туманностей так велики, что их изображения остаются весьма отчетливыми, как, например, туманности Барнарда № 86 (рис. 66). Но в других случаях такого резкого кон-

траста нег, или же объект настолько велик, что покрывает все поле 258-сантиметрового телескопа.

В области около яркой звезды „Тета“ Змееносца было найдено несколько темных пятен и больших, и малых (рис. 67). Некоторые из них имеют чрезвычайно своеобразную форму и не похожи ни на одну из светлых туманностей. Тем не менее, имеются указания на то, что большинство их представляет собою темные массы, закрывающие свет далеких

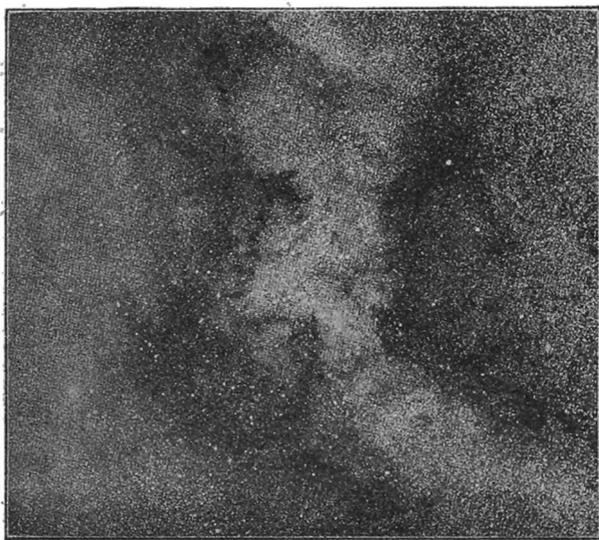


*Рис. 68.* Темная туманность Барнарда №72 в Змееносце. По фотографии Дункана Гукеровым телескопом.

звезд и оставляющие видимыми только те звезды, которые лежат к нам ближе этих темных масс. Область, имеющая форму французского S в середине рис. 68, у Барнарда носит № 72 и представлена в большом масштабе на Дункановой фотографии при помощи 258-сантиметрового телескопа (рис. 69). Другую интересную область Млечного Пути Барнард сфотографировал в Кеефе, где также видно много темных объектов (рис. 70). Некоторые из них налагаются на большую светлую туманность, занимающую центральную часть снимка.

До сих пор мы рассматривали более темные области, из которых некоторые при визуальном наблюдении в теле-

скоп кажутся черными, как чернила. Очевидно, что если бы это были действительно затмевающие массы, лежащие между нами и более далекими звездами, они должны были бы быть всего заметнее там, где светлый фон всего ярче и непрерывнее, а именно в плотных частях Млечного Пути. Снимки Барнарда показывают, что так оно и есть на самом деле. При помощи очень большого телескопа можно видеть несколько звезд, слишком слабых, чтобы выйти на Брюсовых фотографиях, но они не дают светлого фона. Согласно



*Рис. 69.* Темные пятна в большой туманности в Кее. По фотографии Барнарда Брюсовым телескопом.

Барнарду, этот фон получается от мириад мелких звезд, невидимых даже в 102-сантиметровый Йерксон телескоп.

Снимки Сирса с долгой экспозицией при помощи 153-сантиметрового рефлектора на Моунт-Вилсоне обнаруживают множество их в больших облаках Млечного Пути, но их число сравнительно невелико в других частях неба, вдали от этой области. Тем не менее Барнард и в таких областях небольшого числа звезд нашел много темных объектов. Как разительный пример он указывает № 15 своего каталога: этот объект имеет форму эллипса, большая ось которого равна

половине диаметра Луны. „Фон, на котором блестят эти звезды, одинаков по всей пластинке. Этот объект находится в области немного большей, чем он сам, в которой звезд сравнительно немного, и которая по контрасту с самим небом кажется черной. На ней отчетливо видно слабое однородное свечение в пространстве, что по виду аналогичных объектов



*Рис. 70.* Большое звездное облаков Стрельце (Sagittarius). По фотографии Барнарда Брюсовым телескопом. Около середины рисунка видна темная туманность № 92.

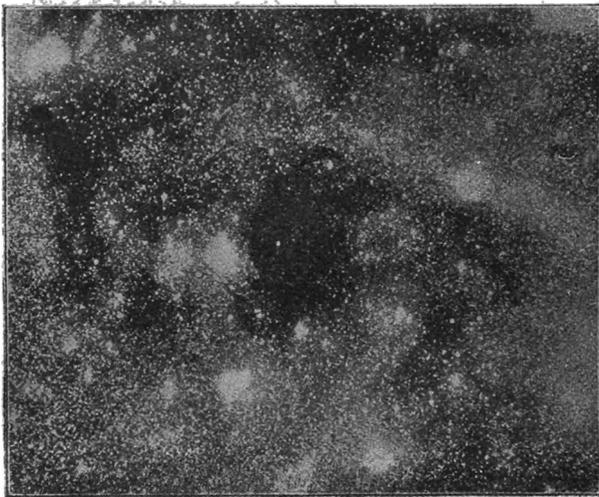
в далеко разбросанных частях неба приводит к мысли, что это слабое освещение далекого пространства имеется повсюду. Если бы этот объект проектировался на звездные облака Млечного Пути, он оказался бы поразительно черным“.

Вот

#### СЛАБЫЕ ТУМАННОСТИ.

Не пытаюсь в настоящее время оставиваться на рассмотрении этого слабо светящегося фона всего неба, мы обратимся к исследованию темных туманностей, которые, хотя

и затмевают звезды, лежащие за ними, но, повидимому, сами все же обладают небольшой светимостью. Барнард № 92, кажущийся черным эллиптическим объектом в середине рис. 71, принадлежит к этому классу. Прилегая к яркому звездному облаку в Стрельце, на Брюсовой фотографии он похож на черный, как чернила, объект № 86, описанный на стр. 99 и изображенный на рис. 66; но при тщательном визуальном исследовании № 92 при помощи 102-сантиметрового Йеркского телескопа, Барнард нашел, что на самом деле он слабо светится. Таким образом его кажущаяся чернота на Брюсовых снимках



*Рис. 71.* Темная туманность Барнарда № 92. По фотографии Дункана Гукеровым телескопом.

обуславливается, главным образом, контрастом с блестящим фоном Млечного Пути. Снимок Дункана этого объекта в большом масштабе, с помощью Гукерова телескопа, воспроизведенный на рис. 71, отчетливо обнаруживает эту светимость, хотя на приведенном здесь рисунке она еле заметна. Все сомнения, какие могли бы возникнуть относительно светимости некоторых темных областей, устраняет исследование рис. 70, — воспроизведение снимка богатого звездного облака в Стрельце, сделанного Барнардом при помощи Брюсова телескопа. Выше и справа от центра

этого рисунка лежит большая область, кажущаяся почти совершенно темной, за исключением небольшой светлой туманности и немногих проектирующихся на нее звезд. Но от этой области влево мы находим длинную полосу, которая, хотя совершенно почти лишенная звезд, в некоторых частях имеет ту же интенсивность, как и общий фон соседних областей, где звезд много. Такая же длинная полоса внизу рисунка в этом отношении еще удивительнее. Эти и некоторые другие такие примеры не оставляют места сомнению,



*Рис. 72.* Частично темные туманности и темные пятна в Тельце. По фотографии Барнарда Брюсовым телескопом (15-см линза).

что некоторые из этих туманностей, хотя достаточно темные, чтобы закрыть большинство звезд позади них, если даже не все, сами отчасти обладают светимостью.

В одной из предшествующих глав я уже упоминал о светлых туманностях в Орионе. Одна из них, слабая, но колоссальных размеров, совершенно окружает все созвездие, а яркая туманность в рукоятке меча, хотя в сравнении с ней незначительная, является одним из самых поразительных телескопических объектов всего неба. Благодаря большим рефлекторам мы узнаем, что самая замечательная из темных туманностей находится также в Орионе. Открытый уже давно

своеобразный объект, видимый на снимке Дункана, слишком мал, чтобы его можно было хорошо сфотографировать короткофокусным телескопом. Он представляет, очевидно, часть огромной темной массы, которая затмевает большинство звезд на левой стороне рисунка и вдается своим светящимся краем в наполненную звездами область справа. Этот снимок показывает также яркую туманность слева над центром рисунка (рис. 74).

У нас нет места для описания сотен тщательных проверок и визуальных, и фотографических, которые окончательно убедили Барнарда в существовании темных туманностей. Ценность его свидетельства повышается еще его скептицизмом. В 1894 году Раньяр (Ranyard) воспроизвел один из снимков Барнарда в Ликской обсерватории в своем журнале „Knowledge“. Говоря о темных полосах на этом снимке, Раньяр писал: „Темные пустые области или



Рис. 73. Центральная часть большой туманности Ориона. По фотографии Пиза Гукеровым телескопом.

каналы, идущие с севера на юг от яркой звезды в центре („Тета“ Змееносца), кажутся мне несомненно темными объектами или темными массами в пространстве, которые перехватывают свет от туманных или звездных областей за ними“. Барнард говорит, что „сначала он не верил в темные, закрывающие свет массы“, и я припоминаю, что я также разделял его сомнения. В настоящее время для сомнения здесь нет, повидимому, никакого места.

## КОСМИЧЕСКАЯ ПЫЛЬ.

Таким образом нам приходится признать существование нового класса астрономических объектов, покрывающих обширные, далекие друг от друга области неба. Обыкновенно



*Рис. 74.* Темная туманность в Орионе. По снимку Дункана Гукеровым телескопом.

бывает, что открытие небесных явлений несколькими годами предшествует их истолкованию, но в данном случае благодаря Г. Рёсселу (H. Russel) мы уже имеем под рукой удовлетворительное объяснение. Чтобы понять его, мы должны вспомнить о существовании силы, слабой на Земле,

но весьма значительной на звездах более высокой температуры.

Давление, оказываемое пучком света даже от самых ярких земных источников, так незначительно, что потребовалось большое остроумие, чтобы заметить и измерить его. Для этой цели известные американские физики Николс и Гулл<sup>1)</sup> придумали и построили в 1901 году радиометр, который не оставил места сомнениям относительно реальности и величины этой силы. Позднее теоретические исследования Шварцшильда показали, что для частичек пыли, поперечником в несколько стотысячных долей миллиметра и имеющих плотность воды, отталкивательная сила солнечного излучения приблизительно в десять раз превышает гравитационное притяжение. Для звезд-карликов, ушедших в своем развитии дальше Солнца, это отталкивание меньше, но гигантские белые звезды класса *B* отталкивают эти мельчайшие частицы пыли в десять раз сильнее, чем это делает Солнце. Более крупные частицы пыли, которые отталкиваются не так сильно, могут существовать около звезд, но более мелкие будут отталкиваться в пространство, где они могут образовать затмевающие облака, открытые нам фотографиями Барнарда. Так как самая мелкая пыль постоянно отталкивается звездами, каково бы ни было их расстояние, то она должна продолжать двигаться в самые отдаленные глубины пространства. Иногда она может достигать областей, где давление со стороны звезд, лежащих с разных сторон, почти уравновешивается, но она никогда не может найти условий совершенного равновесия. Каким же образом в таком случае нужно объяснить эти резко очерченные темные облака?

Рёссел подчеркивает то обстоятельство, что так как их очертания часто бывают резки, то эти облака должны удерживать какая-то сила. Ею может быть гравитационное притяжение, обусловливаемое взаимодействием друг на друга частичек пыли. Есть основания думать, что общая масса некоторых из этих темных облаков громадна — так же велика, как масса сотен звезд. Вычисление показывает, что взаимное притяжение

---

<sup>1)</sup> Еще раньше их это установил русский физик, московский профессор П. Н. Лебедев. *Прим. пер.*

их частичек может удерживать их вместе, если только скорости частиц не превышают тех скоростей, которые можно предполагать по имеющимся данным.

Действие такого облака, в смысле перехватывания света более далеких звезд, зависит от размеров, плотности и числа составляющих облако частиц. Частицы наиболее действительного в этом смысле размера (их окружность должна быть в 1,12 раза больше длины волны падающего света) производят очень заметное действие, так что сравнительно небольшое количество вещества, распыленного в частицы таких размеров, легко объясняет ряд наблюдаемых явлений. Кроме того частицы именно этих размеров сильнее всего отталкиваются звездами.

Вид этих облаков космической пыли в пространстве будет зависеть от окружающей среды. Если они далеки от ярких звезд и наблюдаются на темном фоне, то они будут представляться в виде темных масс, могущих закрывать свет более далеких источников. Если вблизи них окажутся яркие звезды, то они могут отражать к нам часть света этих звезд, как это имеет место, по наблюдениям Слайфера (Slipher) для туманности вокруг Плеяд. Или, в согласии с теоретическими исследованиями Рёссела и недавними наблюдениями Гёббла на Моунт-Вилсоне, излучение звезд может порождать вторичное излучение света газовыми частицами, сопровождающими частицы пыли.

#### ПРИРОДА ТУМАННОСТЕЙ.

Изложение замечательных результатов Гёббла я еще надеюсь дать в будущем, здесь же мы упомянем о них вкратце. Характер спектра туманности, будет ли он сплошным, с темными линиями, или будет состоять из светлых линий, зависит от температуры более ярких звезд, очевидно находящихся внутри туманности. Размеры и яркость туманностей также оказываются пропорциональными яркости этих звезд. Отсюда вытекает, что эти звезды являются источником свечения туманности, которая иногда, быть может, есть просто отраженный свет звезд, а иногда тот же свет звезд, поглощенный и вновь испускаемый газообразными составными частями туманности.

Ввиду всех этих результатов Рёссел дает совершенно новую картину большой туманности Ориона. (рис. 73). Мы давно уже привыкли думать, что этот блестящий объект представляет собою массу раскаленного газа, но нам оставалась совершенно непонятной причина его свечения. Рёссел видит в ней огромное скопление, в котором хлопья и облака пыли, уносящие с собою молекулы газов, находятся в постоянном движении. В тех из них, которые проходят вблизи четырех ярких звезд Трапеции <sup>1)</sup>, свечение возбуждается ярким излучением этих звезд и дает нам характерный спектр туманности, постепенно ослабевающий к слабым краям туманности. При такой гипотезе видимые на рис. 73 темные массы должны быть затмевающими свет облаками пыли, достаточно плотными, чтобы перехватить весь свет, идущий из пространства по ту сторону туманности. Если этот взгляд верен, то видимая нам туманность Ориона есть результат, главным образом, поверхностной флуоресценции газообразных элементов в небольшой области безмерно огромного облака космической пыли, увлекаемого то в одну, то в другую сторону никогда не останавливающимися течениями. Они производят постоянные изменения формы, которые на расстоянии нашего Солнца (восемь световых минут) очень скоро стали бы заметными нам. Но на несравненно большем расстоянии 600 световых лет для открытия их потребуются самые тщательные сравнительные измерения снимков в большом масштабе, сделанных с промежутками во много лет.

Какая картина звездной вселенной представляется нашему воображению! Мириады звезд, из коих многие гораздо больше нашего Солнца, организованы в систему таких размеров, что на ее прохождение свет должен употребить не менее трехсот тысяч лет. Каждая звезда — могучий центр притягательных и отталкивательных сил, притягивающий к себе с метеорными скоростями все массы, приближающиеся к ней с умеренной скоростью; она выбрасывает из них электроны

---

<sup>1)</sup> Конфигурация четырех звезд в форме геометрической трапеции, одна из характерных особенностей в области большой туманности Ориона.

и другие ничтожные частицы, которые ее отталкивание гонит в самые далекие области вселенной. Каждая частица, движущаяся с миллионами своих сестер вдоль и поперек по всему пространству или стягиваемая взаимным притяжением в массы вместе со своими спутниками, содействует образованию огромных космических облаков, темных и затмевающих, когда они далеки от ярких звезд, светящихся спектральными красками самих легких газов, когда они подвергаются действию напряженного возбуждения со стороны звезд. И это только половина картины, ибо каждая частица газа или пыли построена из бесчисленных молекул, а последние, в свою очередь, из атомов, из которых каждый является ультрамикроскопическим миром, где несущиеся в вихре, подобно планетам солнечной системы, электроны движутся по своим орбитам вокруг положительного ядра, их центрального солнца.

## ГЛАВА VI.

### МАГНИТНОСТЬ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН.

Солнечные пятна стали известны с третьего века нашего летосчисления, хотя в западном мире вера в неопороченное пятнами Солнце держалась до изобретения телескопа. В первом издании великой китайской энциклопедии, опубликованном в ста томах в 1322 году, имеются наблюдения сорока пяти пятен, сделанные между 301 и 1205 гг. нашей эры. Хотя мы мало чем обязаны Китаю в области научного исследования, все же нет оснований сомневаться в подлинности этих наблюдений, так как и теперь наиболее крупные пятна легко можно видеть невооруженным глазом, когда блеск Солнца смягчается дымом или туманом. Странно, однако, что в Европе их существования не заметили.

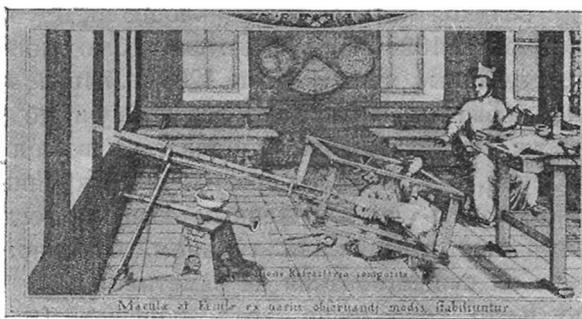
Странно и то совпадение, хотя, конечно, это простая случайность, что явление магнетизма, неизменного, как мы теперь знаем, атрибута солнечных пятен, по свидетельству многих авторитетов, было открыто также в Китае. Во втором столетии до нашей эры один китайский автор писал о „магнитных телегах“, которые, как он утверждал, за 900 слишком лет до того были даны китайским императором посланникам Тонкина и Кохинхины для того, чтобы везти их на обратном путешествии через пустыню. В них находился естественный рудный камень на поплавке в воде, указывавший всегда на юг. По этому рассказу магнитный компас, употреблявшийся в Китае также для ориентации храмов, впоследствии был принят китайскими мореходами, от которых его употребление распространилось до Индии, а оттуда и по Средиземному морю.

Что бы ни говорили эти факты, древние китайцы не делали научных исследований Солнца или магнитов. Наше знание

природы солнечных пятен, можно утверждать, начинается с наблюдений Галилея и его современников в 1610 году, тогда как оптическое открытие, давшее возможность установить их магнитность, было сделано не раньше 1896 г.

#### КАК НАБЛЮДАЮТСЯ СОЛНЕЧНЫЕ ПЯТНА.

Самый маленький телескоп или даже обыкновенный полевой или театральный бинокль позволят читателю увидеть солнечные пятна во время высокой активности Солнца. Удобнее всего для их наблюдения будет направить инструмент на Солнце и передвигать окуляр, пока на поверхности глад-



*Рис. 75.* Небольшой телескоп, которым пользовался Шейнер. Этот рисунок, взятый из *Rosa Ursina* Шейнера, напечатанной в 1630 г., показывает, как можно наблюдать солнечные пятна, проецируя изображения Солнца на гладкую белую поверхность.

кого белого картона, на расстоянии 60—80 см от окуляра, не получится отчетливо изображение солнечного диска в несколько сантиметров поперечником. Рис. 75 показывает, как это делал современник Галилея Шейнер. Солнечные пятна без труда можно отличить от пятнышек на окуляре, так как они движутся вместе с изображением Солнца. В настоящее время (1922) мы как раз выходим из периода солнечного покоя, когда пятен на Солнце не бывает видно целыми неделями подряд. Но новый цикл солнечной деятельности уже начался, и пятна начинают появляться в небольшом количестве. Вряд ли нужно предупреждать читателя, что если ему захочется взглянуть в свой телескоп или би-

нокль прямо на Солнце, он должен защитить свои глаза как можно более густо закопченным стеклом, так как иначе ослепительно яркое изображение может серьезно повредить его зрение.

Однако современный астроном делает большинство этих наблюдений на фотографических снимках. Этой же привилегией может воспользоваться и читатель. Рис. 78 дает изображение Солнца, сделанное на Моунт-Вилсоне 30 июля 1906 года, когда были видны два пятна. На следующий день

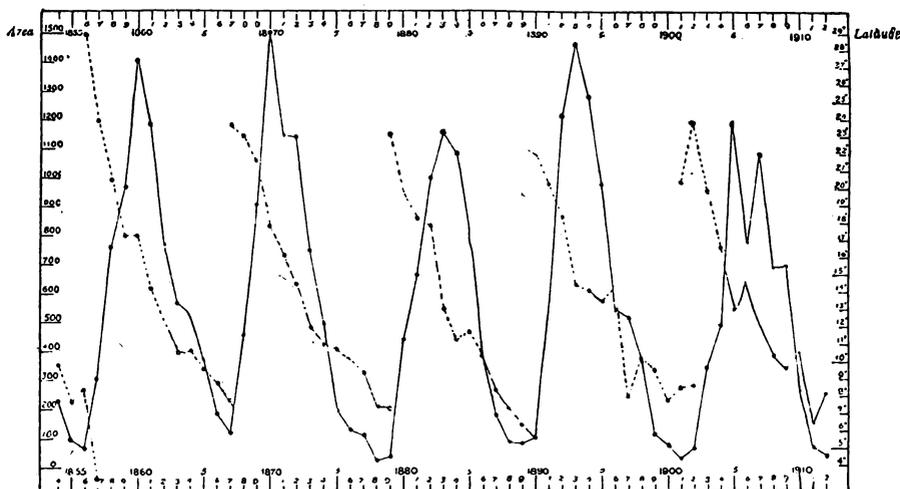


Рис. 76. Периодические измерения общей поверхности и средней широты солнечных пятен. Сплошная линия дает общую поверхность пятен, полученную Маундером по Гринвичским фотографам. Пунктирная линия, дающая среднюю широту пятен в различные годы, показывает, как каждый новый цикл солнечной деятельности начинается в высоких широтах во время минимума.

вид этих пятен изменился, и они сместились по диску. Причиной этого смещения является вращение Солнца вокруг его оси, в котором легко убедиться, наблюдая пятна день за днем. Иногда они образуются на видимой стороне диска, а иногда мы замечаем их впервые, когда они, окруженные яркими областями, так называемыми факелами, выступают из-за восточного края Солнца благодаря его вращению.

В настоящей главе мы не можем останавливаться дольше на странном законе солнечного вращения,—здесь можно

только сказать, что Солнце вращается не так, как вращается твердое тело, все части которого движутся вместе. Пятно вблизи экватора совершает свое вращение (если оно просуществовало столько времени) приблизительно в 25 суток, тогда как пятно на широте  $45^\circ$  требует для возвращения на центральный меридиан двумя с половиной сутками больше. Ближе к полюсам период вращения еще длиннее.

Мы уже упоминали о том, что число пятен на диске Солнца не всегда одинаково. В 1913, как и в 1923 году, пятен было видно очень мало. Промежуток между этими временами минимальной солнечной деятельности в среднем составляет около 11,1 лет. Если мы построим кривую, дающую величину общей площади пятен на Солнце, то мы найдем на ней резкие колебания, показанные на рис. 76. 1917 год был годом большой активности, и каждый день можно было наблюдать несколько пятен. В 1903 году иногда проходили целые недели без единого пятна.

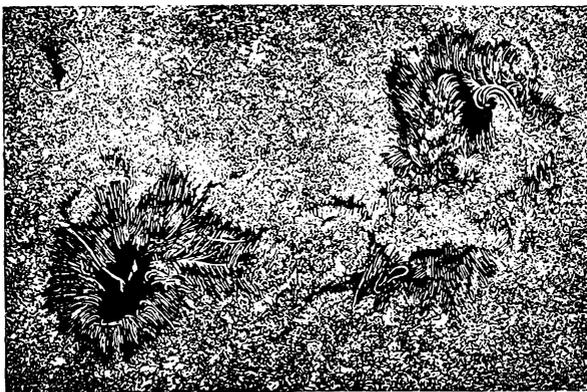
Эти циклы пятнообразовательной деятельности имеют еще одну особенность. После минимума первые пятна нового цикла появляются в высоких широтах, иногда даже на  $45^\circ$ . По мере развития цикла и уменьшения числа пятен их средняя широта постепенно уменьшается, так что те немногие пятна, которые появляются около минимума, не заходят дальше  $15^\circ$  от экватора. Таким образом появление пятен в широтах между  $30^\circ$  и  $40^\circ$ , имеющее место еще до того, как исчезнут пятна низких широт старого цикла, всегда является признаком начала нового цикла. Постепенное сокращение этих поясов солнечных пятен в связи с ходом их цикла указано также на рис. 76.

#### СТРОЕНИЕ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН.

Если наш телескоп достаточно велик, мы можем увеличить изображение Солнца настолько, чтобы можно было увидеть строение солнечных пятен. Рис. 77 воспроизводит рисунок Ланглея, дающий тонкие детали, видимые в большой телескоп при самых лучших атмосферных условиях. Представление об огромности масштаба пятен можно получить по изображению Земли в левом верхнем углу. Мы мо-

жем видеть отсюда, что когда мы говорим о солнечных бурях, мы говорим о явлениях, несравненно более крупных и сильных, чем что бы то ни было в нашей собственной атмосфере.

Земные бури — будут ли это циклоны широких размеров с умеренными скоростями ветра или же гораздо меньшие, но гораздо более разрушительные ураганы и торнадо, — в общем представляют собою вращающиеся вихри, в которых воздух движется по спирали к центру. Для наблюдателя, который смотрел бы на них сверху, воздушные течения неизменно представляются вращающимися навстречу часовой стрелке



*Рис. 77.* Ланглеев рисунок солнечного пятна 5 марта 1873 г. Масштаб указан изображением Земли в левом верхнем углу.

в северном полушарии и в направлении часовой стрелки в южном. Солнце во многих отношениях коренным образом отличается от Земли — между прочим, своей газообразной природой и чрезвычайно высокой температурой, при чем на нем нет тех различий между экватором и полюсами, какие мы наблюдаем на Земле. Но законы земных бурь возбуждают наше любопытство в отношении к природе солнечных бурь и побуждают нас искать какого-нибудь определенного закона и на Солнце.

Джон Гершель был, может быть, первым астрономом, которому пришла в голову мысль, что солнечные пятна могут быть обширными вращающимися вихрями, подобными земным циклонам или торнадо. Это мнение позднее было

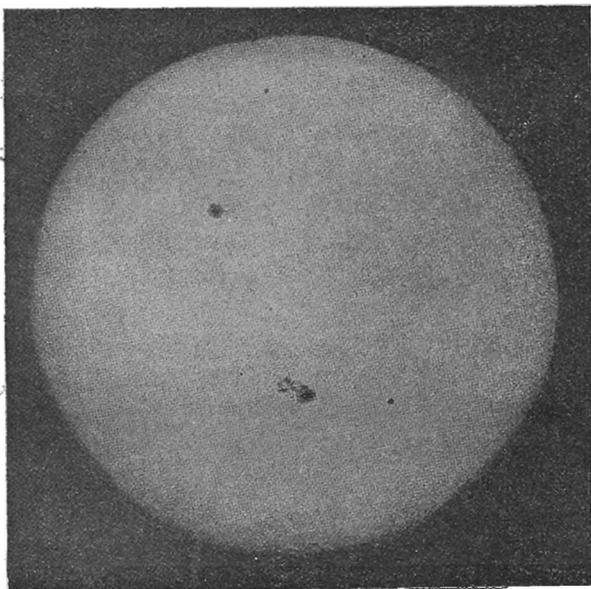
поддержано французским астрономом Фаем, но наблюдения, повидимому, противоречили ему. Значительное большинство солнечных пятен не обнаруживало признаков вихревой структуры, а когда присутствие искривленных волокон полутени иногда намекало на это, то противоположные искривления в том же пятне, казалось, исключали возможность того, чтобы на дне этого возмущения был один большой вихрь. В результате самые опытные наблюдатели не находили разумных оснований для вихревой теории.

### СПЕКТРОГЕЛИОГРАФ.

В 1892 г. в Кенвудской обсерватории, в Чикаго, был выработан и пущен в дело новый прибор. Это был спектрогелиограф, к описанию различных форм которого мы когда-нибудь вернемся <sup>1)</sup>. Здесь достаточно сказать, что задачей спектрогелиографа является получение монохроматических изображений Солнца в свете какой-нибудь одной газообразной составной части солнечной атмосферы. Так, фотографический снимок, сделанный в одной из двух интенсивных линий кальция *H* и *K* на фиолетовом конце солнечного спектра, дает нам изображение огромных светящихся облаков кальциевых паров, воспроизведенное на рис. 79. Они совершенно невидимы глазу, как это можно видеть, сравнивая это изображение с изображением рис. 78, который воспроизводит фотографию, снятую обычным путем — без спектрогелиографа почти в то же время. Приложение этого нового метода, который делает возможным изучение солнечной атмосферы над солнечными пятнами и вокруг них, должно открыть, можно думать, существование определенных течений или ветров, которые могут помочь разрешить нашу задачу. Но хотя спектрогелиограф был систематически применен и в некоторых отношениях усовершенствован, так что им можно фотографировать горизонтальные слои кальциевых облаков на различных уровнях, прошло несколько лет,

<sup>1)</sup> Идея спектрогелиографа была указана впервые еще в 70-х годах прошлого века французским астрономом Жансеном, реализована же она была одновременно автором этой книги в Кенвуде и французом Деландром в Midone (близ Парижа). *Прим. ред.*

прежде чем можно было получить новые сведения о природе солнечных пятен. Затем, для того, чтобы открыть водородные облака на различных уровнях, был использован водородный свет, а пользование им представило большие технические трудности. Были открыты новые замечательные явления, но ключ к загадке был найден только тогда, когда на Моунт-Вилсоне была испытана интенсивная водородная

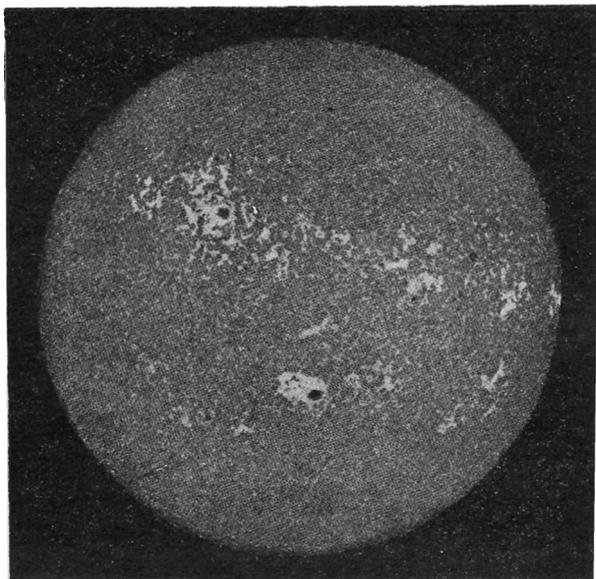


*Рис. 78.* Непосредственная фотография Солнца 30 июля 1906 г. (Памер). Она была сделана как раз перед снимком кальциевых облаков (рис. 79) и дает лежащие под ними солнечные пятна.

линия на красном конце солнечного спектра, известная под именем  $H_{\alpha}$ ; это было в 1908 году, когда появились пластинки, достаточно чувствительные к красному цвету. Это сразу вскрыло различие в условиях, преобладающих на высоте нескольких тысяч километров над тем уровнем, который мы видим при визуальных наблюдениях солнечных пятен.

Рис. 81 говорит нам нечто очень определенное. Он без всякого сомнения указывает наличие двух больших вихрей, вращающихся в противоположные стороны, которые находятся с различных сторон солнечного экватора, с центрами

над двумя большими солнечными пятнами. Для глаза эти пятна не представляли ничего особенного и говорили о вихревой структуре не больше, чем другие пятна, которые наблюдались до-них. Но характерные формы водородных изображений, повторявшиеся, с изменениями в мелочах, день за днем, были таким указанием, которым нельзя было пренебрегать.



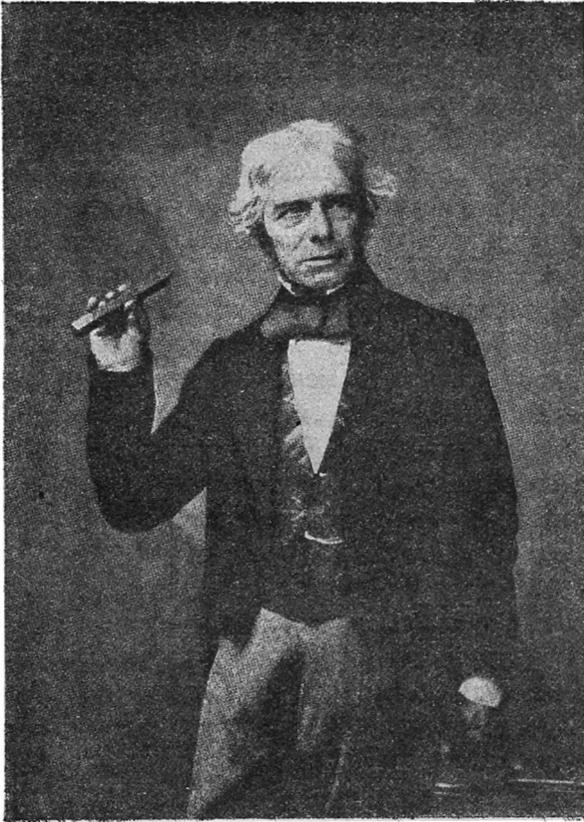
*Рис. 79.* Светящиеся облака кальциевых паров в солнечной атмосфере (Памер). По фоографии 15-м спектрогелиографом обсерватории на Моунт-Вилсоне 30 июля 1906 г.

Таким образом, не останавливаясь над тем, чтобы ломать себе голову над трудными вопросами второстепенной важности, как, например, точное соотношение структуры водорода на высоком уровне к пятну под ним, вихревая теория пятен вновь воскресла, и началась новая атака в том направлении, на которое указывали новые открытия в физике.

### Э л е к т р о н ы .

Ф а р а д э й пришел к первому представлению об определенных атомных зарядах электричества при своих электрохимических исследованиях. Оно возникло из того факта, что

при прохождении тока через жидкость некоторое количество электричества переносится от одного полюса к другому, при чем этот перенос сопровождается также переносом определенного количества вещества. Эти элементарные заряды,



*Рис. 80.* Михаил Фарадэй (1857 г.), показывающий тяжелое стекло, при помощи которого он открыл действие магнетизма на свет.

которые Максвелл представлял себе „молекулами электричества“, а Джонстон Стоней назвал „электронами“, когда они являются в виде окончательных минимальных единиц, в настоящее время признаны общими всему веществу.

Это начало выясняться в 1872 году, когда Вильям Крукс объявил об открытии „четвертого состояния веще-

ства". Когда автор этой книги читал в Лондонском королевском институте в 1909 году лекцию о „Солнечных вихрях и магнитных полях“, Крукс показал еще раз ту самую трубку, в которой он впервые демонстрировал это „четвертое состояние вещества“ в той же самой зале за много лет до того. Следуя по стопам Фарадея и других, он выкачивал газ из трубки до тех пор, пока в ней осталась только одна миллионная первоначального количества газа. Через этот газ он пропускал электрический разряд, имевший вид пучка светящихся лучей, которые, как он доказал, состоят из ничтожнейших частиц, испускаемых катодом (или отрицательным полюсом). Их можно отклонить от их прямого пути при помощи магнита, а также электрического поля. Таким образом обнаружилось, что они несут электрический заряд, который, как впоследствии доказал Дж. Дж. Томсон, является зарядом „корпускулы“, или электрона, с массой, приблизительно в две тысячи раз меньшей, чем масса водородного атома. Великолепный опыт „масляных капелек“, при помощи которого Милликэн (R. A. Millikan) измерил заряд этих элементарных единиц с несравненной точностью <sup>1)</sup>, был одним из главных оснований, давших ему недавно Нобелевскую премию по физике.

Опыты Томсона и других скоро доказали, что эти отрицательные электроны, в связи с различным числом положительно заряженных частиц большей массы, не только составляют атомы всех элементов, но и могут освобождаться из них высокой температурой. Они имеются, например, во всяком пламени и испускаются высоко нагретыми твердыми телами и парами. Таким образом они должны существовать и на таких телах, как Солнце, на поверхности которого температура превышает 6000° С.

Нам хорошо известно, что при пропускании электрического тока по проволочной спирали, возникает магнитное поле. Мы проделываем этот опыт каждый раз, как нажимаем кнопку электрического звонка. В настоящее время мы счи-

---

<sup>1)</sup> В этом опыте исходным условием была пульверизация масла в мельчайшие капельки в пространстве между двумя горизонтальными пластинками конденсатора. *Прим. ред.*

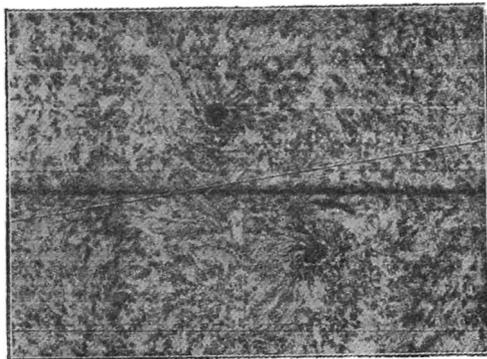
таем электрический ток просто потоком электронов, и в одном своем знаменитом опыте Роуланд получал магнитное поле при быстром вращении электрически заряженной пластинки. Следовательно вихревое движение электрически заряженных частиц, несомненно происходящее в вихре солнечного пятна, должно возбуждать магнитное поле. Если бы в силу той или иной причины имелось достаточное преобладание положительных или отрицательных зарядов (равные заряды с противоположным знаком только нейтрализовали бы друг друга, не производя магнитного эффекта), магнитное поле в вихре солнечного пятна могло бы достигать значительной мощности. Но как же можно было бы открыть его с расстояния Земли?

Для определения природы солнечных пятен при испытаниях на Моунт-Вилсоне наблюдатели пользовались приемом „угадывания гипотезами“ (guessing by hypothesis), как выразился Фарадэй. Дело сложилось удачно в том отношении, что, в то время как спектрогелиограф применялся в обсерваториях Кенвуда, Йеркской и Моунт-Вилсонской, другой длинный ряд опытов дал возможность получать фотографии спектра солнечных пятен в большом масштабе. На этих снимках были замечены некоторые двойные линии, которые наблюдались визуально в спектрах солнечных пятен и которые назывались „обращенными линиями“,— как можно было предполагать, получавшиеся от наложения слоев паров различной температуры. Эти „обращенные линии“ сопровождались, однако, множеством расширенных линий, и это сочетание благодаря открытию голландского физика Зеемана навело на мысль, что наблюдаемые явления на самом деле могут возникать благодаря влиянию магнитного поля, которое требовалось вихревой гипотезой. Прежде чем перейти к описанию работы Зеемана, мы должны оглянуться на более ранние исследования Фарадэя, который первый открыл влияние магнитного поля на свет.

#### МАГНЕТИЗМ И СВЕТ.

Архивы Лондонского королевского института, основанного в 1799 году американцем Румфордом, чрезвычайно богаты фундаментальными вкладами в человеческий прогресс.

Здесь длинный и блестящий последовательный ряд вождей научной мысли, как Томас Юнг, Дэви и Фарадэй, раздвигали границы знания и закладывали фундамент современной науки и промышленности. В истории цивилизации нет более интересных документов, чем оригиналы записей великих научных открытий, в поразительном обилии найденные в записных книжках Фарадея. Одна страница за другою раскрывают существенные зародыши того или другого плодотворного принципа, вроде получения электрического



*Рис. 81.* Право- и левовращающиеся водородные вихри по разные стороны солнечного экватора (Эллерман). Водородная атмосфера над солнечными пятнами, снятая спектрогелиографом на Моунт-Вилсоне 7 октября 1908 г. Эти пятна обладали противоположной магнитной полярностью.

тока при движении магнита около проводочной спирали,— принцип динамомашины и главная основа современной электротехники. Такое открытие имеет столь основное и широкое значение, что оно дает бесчисленное множество ответвлений, проникающих в различные области науки и влияющих на самые различные стороны жизни. В этой главе мы можем проследить лишь одно из ответвлений вели-

кого Фарадеева открытия — действия магнетизма на свет.

Оно возникло в конце обширного ряда опытов, основанных на принципе, которого Фарадэй держался с таким упорством, что никакие разочарования не могли поколебать его веру в него.

„Я долго держался мнения, доходившего почти до уверенности, вместе, кажется, со многими другими любителями естествознания, что различные формы, в которых обнаруживаются силы природы, имеют одно общее начало, или, иными словами, что они так непосредственно связаны и зависят друг от друга, что как бы обратимы одна в другую и в своем действии представляют эквиваленты силы“.

Следуя этому принципу, который руководил им и во многих других исследованиях, Фарадэй построил могучий электромагнит и попытался найти доказательство влияния его поля на пучок световых лучей, проходивших вблизи полюса. Путем отражения от поверхности стекла он поляризовал свет Аргандовой лампы, т.е. заставил колебания света происходить в одной плоскости. После прохождения магнитного поля свет исследовался при помощи николевой призмы, которая давала возможность определять плоскость его колебаний.

Один неудачный опыт следовал за другим, и Фарадэй не мог обнаружить действия магнита, в каком бы направлении по отношению к полюсам или в какой бы среде — воздухе, многих газах, исландском шпате и т. д. — ни пропускался свет. Наконец, когда успех казался недостижимым, было испытано действие очень тяжелого свинцового стекла (флинт-гласа), которое Фарадэй сделал за много лет до того, когда он занимался оптическими опытами. Результаты можно передать его собственными словами, взятыми из его записной книжки:

„Был произведен опыт с куском тяжелого стекла размером 12 дюймов на 1,8 дюйма и толщиной в 0,5 дюйма, представлявшим кремнеборный свинец и отполированным с обеих коротких сторон. Оно не дало ничего, когда одни и те же магнитные полюсы или противоположные полюсы были с противоположных сторон по отношению к пути поляризованного луча; не было его и тогда, когда одни и те же полюсы находились по одну и ту же сторону при постоянном или переменном токе. Но когда на одной и той же стороне находились противоположные магнитные полюсы, влияние на поляризованный луч проявилось, и таким образом было доказано, что магнитная сила и свет имеют соотношение друг к другу. Этот факт, по всей видимости, будет чрезвычайно плодотворен и будет иметь большую ценность в исследовании условий природной силы“.

Полученное таким образом влияние было вращение плоскости поляризации света на угол (измеряемый поворотом николя до тех пор, пока ослабленный свет не приобретает

своей первоначальной яркости), увеличивающийся пропорционально длине куска стекла и силе магнитного поля. Когда току в обмотке магнита давалось противоположное направление, менялось на обратное и направление вращения поляризованного луча. Впоследствии было найдено, что этой способностью вращения обладали многие вещества, кроме тяжелого стекла, а также различные жидкости, а также флинт-глас и кронглас, с которыми при первых опытах успех достигнут не был.

#### ИЗЛУЧЕНИЕ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ.

Этот первый успех, имевший много важных последствий, был получен 13 сентября 1845 года. 12 марта 1862 года последний опыт, записанный в дневнике Фарадея, показывает, как ясно провидел он дальнейшие возможности. Он показал, что магнитное поле может вращать плоскость поляризации света, проходящего через поле от источника, который находится далеко вне его влияния. Но могло ли такое поле влиять на природу света, испускаемого светящимися частицами, колеблющимися в нем — вопрос совершенно иной.

Ведомый тою же безошибочной проникаемостью, которая поражает нас в каждой стадии опытных исследований Фарадея, он ввел соли натрия и лития в пламя между полюсами магнита и наблюдал линии их спектров при помощи поляризационного прибора. Он не заметил никакого эффекта, как ни видоизменялся опыт. Но инстинкт великого физика не ошибался. В 1896 году Зееман в Лейдене при помощи гораздо более мощных приборов нашел, что интенсивное магнитное поле оказывает сильное влияние на спектральные линии светящихся паров, излучающих внутри поля. Действие этого поля, которого Фарадей не заметил только потому, что его приборы были слишком слабы для этого, состоит в том, что оно разделяет линии (в нормальном виде одиночные) на составляющие — числом от трех до двадцати одной.

Великолепное открытие Зеемана, которое теперь так много помогает физике в его истолковании природы атомов и строения вещества, получило толчок благодаря чтению заметок Фарадея о его последнем неудачном опыте, кото-

рые приводит Максвелл в своем собрании сочинений. Зеemannу повезло в том отношении, что он мог применить Роуландов спектроскоп с вогнутой оптической решеткой гораздо более могучий, чем прибор Фарадея. Зеemann поместил среднюю часть пламени бунзеновской горелки между полюсами своего румкорфова магнита, также гораздо более сильного, чем у Фарадея. Лучше всего описать этот опыт его собственными словами:

„Кусок асбеста, пропитанный обыкновенной солью, был введен в пламя так, что спектральные линии представлялись в виде тонких резко очерченных штрихов на темном фоне. Расстояние между полюсами составляло около 7 миллиметров. Когда пропускался ток, обе линии  $D$  отчетливо расширялись. Когда ток прерывался, они возвращались к своему первоначальному состоянию. Появление и исчезновение расширения совпадали с замыканием и размыканием тока“.

Согласно теории Лорентца, электроны, колебания которых производят линии спектра, должны испытывать действие сил, которые не только заставляют линии расширяться, но даже расщепляют их на несколько отдельных составляющих. Кроме того эти составляющие должны быть различно поляризованы, так что их можно погашать или пропускать николевой призмой, помещенной перед щелью спектроскопа, иногда в соединении с пластинкой слюды или френелевым ромбом <sup>1)</sup>. Руководствуясь этой теорией, Зеemann был в состоянии разделить спектральные линии на несколько составляющих и мог произвольно погашать их при помощи своего поляризационного прибора.

#### ПОВЕРКА НА СОЛНЕЧНЫХ ПЯТНАХ.

Благодаря этому открытию и тому, что недавно на Моунт-Вилсоне был закончен 18-метровый (60-фут.) башенный телескоп, средства для проверки вихревой гипотезы

<sup>1)</sup> Френелев ромб представляет собою кусок стекла, в продольном сечении имеющий форму ромба. Плоско поляризованный луч, проходя через него при определенных угловых соотношениях, разбивается на два луча, по выходе из ромба дающих луч, поляризованный круговым образом.

электромагнитных полей в солнечных пятнах имелись. Этот телескоп дает изображение Солнца около 17 см поперечником в лаборатории у основания башни, под которым в колодце установлен диффракционный спектроскоп длиной в 9 метров. Приводя изображение солнечного пятна на узкую щель спектроскопа и удерживая его в этом положении при помощи часового механизма целостата на вершине башни, можно было изучать, визуальнo или фотографически, тысячи линий в спектре пятна. Как было упомянуто, было уже известно, что большинство этих линий расширено, а некоторые оказались двойными и тройными. Но такие особенности могут возникать различными путями, совершенно независимыми от магнитного поля. Поэтому нужно было произвести еще какую-нибудь радикальную поверку, которая поставила бы решение вопроса вне всяких сомнений.

К счастью, единственные в своем роде особенности явления Зеемана можно отождествить с полной достоверностью при достаточной силе производящего их магнитного поля. В лаборатории линии железа, когда на испускающие их светящиеся пары действует магнит, расщепляются на три и больше составляющих, поляризованных различным образом, что зависит от угла между направлением к наблюдателю и направлением магнитного поля. Не вдаваясь в сложные детали явлений поляризации, можно вообще сказать, что при таких условиях, каких мы в праве ожидать, когда пятно находится посредине Солнца, средняя составляющая тройной линии в спектре, если только она возникла от магнитного поля, должна быть прямолинейно поляризованной, а две другие составляющие — эллиптически поляризованными в противоположных направлениях. И по числу составляющих, и по характеру поляризационных явлений каждая линия железа в пятне должна иметь соответствие себе в лаборатории. Помимо того все другие элементы, имеющиеся в пятне — натрий, кальций, хром, титан, марганец, никель, кобальт и другие — должны дать не меньшие доказательства, чем железо: каждая линия каждого элемента должна давать точно такие же явления, какие она обнаруживает при аналогичных условиях в лаборатории.

На это испытание не пришлось терять много времени, так как для пополнения инструментария башенного телескопа и его спектрографа имелись в распоряжении все специальные приборы, нужные для изучения явления Зеемана, включая николевы призмы, френелев ромб и большой магнит для лабораторных работ. В первую очередь были исследованы две линии железа в красной части спектра солнечного пятна. Обе они очень расширены, а одна, повидимому, тройная. Наблюдения первого дня не дали ясных результатов. Но на второй день были получены определенные результаты в спектре третьего порядка. Над щелью были прилажены николева призма и френелев ромб. Когда николю был повернут на известный угол, составляющая триплета, смещенная к красному концу, исчезла, а смещенная к фиолетовому — осталась. При повороте николя на  $90^\circ$  фиолетовая составляющая исчезла, а красная вновь появилась. Другие линии дали аналогичные результаты, и все расширенные линии дали именно те явления, какие наблюдались в основном опыте Зеемана. При наблюдении в лаборатории с большим магнитом каждая линия обнаруживала такие же явления, как и линии Солнца. После нескольких решительных проверок стало несомненным, что во всех исследованных солнечных пятнах существовало магнитное поле.

#### Противоположные направления вихрей.

Ограниченность места не позволяет дать в этой главе описание нашего исследования о природе вихрей в солнечных пятнах. Мы должны остановиться на одном только приложении магнитного метода, которое дало частичный ответ на наш вопрос о возможности аналогий в законах земных и солнечных бурь.

На рис. 81 видны два вихря, вращающиеся в противоположных направлениях и расположенные по разные стороны от солнечного экватора, которые удивительно напоминают то, что мы видим на Земле. Удобное расположение этих пятен, повидимому, давало средство для коренной проверки гипотезы об электромагнитном вихре, которая сейчас же и была произведена. Эти пятна также подготовили почву

для длинного исследования, в конце концов давшего нам закон полярности солнечных пятен.

Рис. 82 (А) представляет триплет спектра цинка, наблюдавшегося в лаборатории по направлению вдоль силовых линий через отверстие в одном из полюсов магнита. В этом случае центральная составляющая триплета совершенно исчезает, а каждую из боковых составляющих можно устранить по произволу при помощи николевой призмы и пластинки в четверть волны <sup>1)</sup>. В солнечном пятне центральная

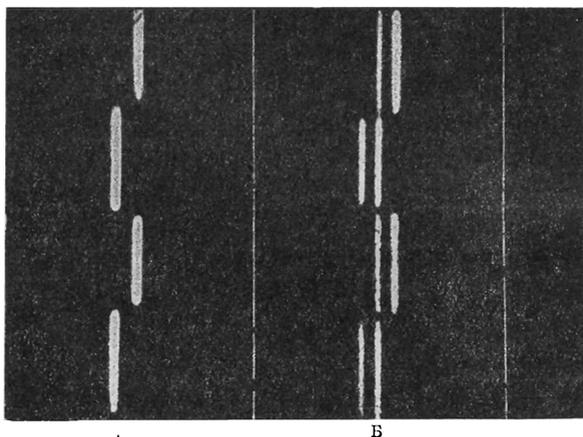


Рис. 82. Цинковый триплет по лабораторному снимку (А) вдоль силовых линий и (Б) под углом в  $60^\circ$  к силовым линиям. В обоих случаях боковые составляющие к красному концу и к фиолетовому пропускаются чередующимися полосками сложной слюдяной пластинки в четверть волны, приложенной вместе с николевой призмой перед щелью спектрографа (Николсон).

составляющая почти всегда имеется, так как обыкновенно мы наблюдаем не точно по направлению силовых линий, а имеем эффект аналогичный представленному на рис. 82 (Б), который изображает цинковый триплет при наблюдении под углом в  $60^\circ$  к силовым линиям. Но каждую из боковых составляющих можно погасить совершенно так же, как и в лаборатории.

<sup>1)</sup> Луч света, вступающий в кварцевую пластинку, разделяется в ней на два луча, распространяющиеся в ней не совсем одинаково. Эта «разность хода» пропорциональна толщине пластинки. При некоторой толщине она должна составить одну четверть длины световой волны, и тогда луч при выходе из пластинки поляризуется круговым образом. *Прим. ред.*

Возвращаясь к поверке при помощи магнита, и предполагая, что видна только одна составляющая триплета, мы можем наблюдать влияние перемены направления тока, идущего по катушке, на противоположное. В тот момент, когда направление тока меняется, видимая раньше составляющая исчезает, а бывшая невидимой появляется.

То же самое произошло и в упомянутых двух солнечных пятнах. Спектры их фотографировались немедленно один за другим, без каких-либо изменений в поляризующем приборе. В одном пятне была видна только правая составляющая линии железа, в другом — левая. Допуская, что вихри пятен вращаются в противоположных направлениях, как водородные вихри над ними, наша электромагнитная гипотеза предполагает, что заряженные частицы движутся в одном пятне в направлении часовой стрелки, в другом — навстречу ей. Обмотки магнита, которые представляются нам совершенно так же, как вихревые кольца пятна, несут поток электронов, при чем, когда мы меняем направление тока, мы заставляем электроны течь в противоположную сторону. Таким образом присутствие той или иной составляющей линии железа — красной или фиолетовой, дает быстрое и отчетливое указание на полярность пятна.

Правда, мы еще не можем с достоверностью назвать знак электрического заряда в вихре пятна, положительный ли он или отрицательный. А пока мы не знаем этого, мы не можем сказать, вращается ли вихрь пятна в сторону часовой стрелки или навстречу ей <sup>1)</sup>. Но мы можем сказать, что два пятна, дающие противоположные составляющие железного триплета, имеют полярность различных знаков, и мы можем установить полярность каждого из них, определив ее как северную или южную. Изучение магнитных наблюдений над большим числом пятен может таким образом дать нам закон полярности солнечных пятен.

---

<sup>1)</sup> Показанные на рис. 81 два водородных вихря дают более высокий уровень солнечной атмосферы и не должны вращаться непременно в том же направлении, как и лежащие ниже вихри солнечных пятен. К вопросу о природе водородных вихрей и их отношении к пятнам под ними автор надеется еще вернуться когда-нибудь в статье о замечательных явлениях солнечной атмосферы.

### БИПОЛЯРНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ПЯТНА.

Как уже было замечено, снимки, подобные воспроизведенному на рис. 81, сперва заставили нас думать, что закон вихрей солнечных пятен тот же, что и наших циклонов и торнадо, которые вращаются в направлении стрелки часов в одном полушарии и в противоположном направлении в другом. Скоро, однако, мы заметили, что пятна противоположной полярности, представляющие, можно думать, вихри, вращающиеся в противоположных направлениях, встречаются в одном и том же полушарии Солнца. Это осложнило задачу, но тут одно важное открытие подготовило почву для дальнейшего решительного шага вперед.

На самых ранних рисунках Галилея и Шейнера, а также всех следующих наблюдателей, мы находим много групп пятен, расположенных парами или же длинными цепями, идущими приблизительно параллельно солнечному экватору. Зарисованное Ланглеем пятно (рис. 77) принадлежит к этому типу. Магнитные наблюдения таких групп показали нам, что почти во всех случаях пятна пары или группы пятен, лежащие на концах цепи; имеют противоположную полярность. Иногда, правда, пятна в этих группах так перемешаны, что нельзя найти и признака порядка. Но около 60 процентов всех пятен можно без колебания назвать определенно биполярными группами.

Из остальных отдельных или тесно сплоченных пятен одной и той же полярности около 30 процентов имеют впереди себя или позади свиту факелов или флоккул, в которых иногда то появляется, то исчезает второе пятно противоположной полярности. Эта особенность повела к поискам невидимых пятен, которые и были открыты следующим образом.

В вихревой гипотезе мы представляем себе солнечное пятно такой областью, в которой светящиеся газы, охлажденные расширением от действия центробежных сил, представляются темным облаком на блестящей фотосфере. Доказательство этого охлаждения дают спектроскопические наблюдения, которые обнаруживают изменения в относительной интенсивности линий, обусловленные понижением температуры, а также присутствие таких соединений, как

окись титана и гидрид магния, составные части которых в более нагретых частях солнечной атмосферы являются несоединенными. Легко представить себе существование вихрей, в которых вызванное расширением охлаждение недостаточно для того, чтобы заметно затемнить фотосферу. Тем не менее такие вихри могут возбуждать магнитное поле, обнаруживающееся в явлении Зеемана.

Ввиду слабости полей в малых вихрях, их наличие обнаруживается только в чрезвычайно незначительном расширении некоторых линий в спектре пятна. Незначительный движущийся объект заметнее, чем неподвижный, и потому при помощи особого поляризованного приспособления, качающегося взад и вперед по щели спектроскопа, можно выявить небольшое расширение линии то в одну, то в другую сторону. Этим путем были открыты слабые магнитные поля в массах факелов, обычно предшествующих отдельным пятнам или следующих за ними. Иногда такие зачаточные пятна после наблюдения в невидимом состоянии в течение двух или трех дней становятся видимыми только затем, чтобы позднее исчезнуть, когда их присутствие в виде вихрей уже было открыто благодаря их магнитным воздействиям. Таким образом мы теперь имеем средство изучать солнечные пятна в их зачаточном и посмертном состояниях.

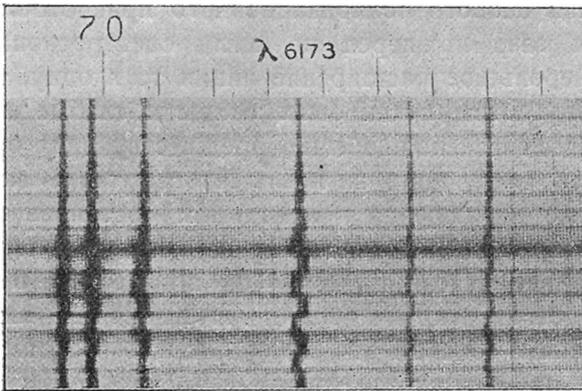
Открытие невидимых пятен подтверждает нашу систему классификации, которая считает отдельные пятна лишь предшествующими или последующими членами неполных биполярных групп. Эта классификация определяется расположением кальциевых флоккул позади или впереди пятна, как это открывает спектрогелиограф.

#### ЕЖЕДНЕВНАЯ ЗАПИСЬ ПОЛЯРНОСТИ.

До минимума солнечных пятен в 1913 году наше внимание концентрировалось, главным образом, на небольшом числе наиболее крупных пятен, в которых изучались различные сложные появления Зееманова эффекта. При применявшихся тогда 18-метровом башенном телескопе и 9-метровом спектрографе более мелкие пятна были недоступны наблюдению, и потому обширных исследований полярности не делали.

Успех этого телескопа, первого в своем роде, привел к проектированию и постройке гораздо более сильного инструмента того же типа, при помощи которого теперь ежедневно отмечаются полярности всех пятен на Солнце.

Обычный экваториальный телескоп с движущейся трубой не может быть длиннее известных пределов и не может нести очень длинные спектрометры, нужные для солнечных исследований. Ряд исследований, начатый в Кенвудской обсерватории в 1891 году и продолженный при помощи 102-сантиметрового рефрактора Йеркской обсерватории, в конце концов



*Рис. 83.* Зееманов триплет  $\lambda$  6173 в спектре солнечного пятна (Эллерман). По фотографии в спектре второго порядка 23-м спектрографа 45-м башенного телескопа. Полярность пятна определяется пропусканием красной или фиолетовой составляющей триплета через «мечную полосу» сложной пластинки в четверть волны.

привел к сооружению горизонтального телескопа Сно, при помощи которого были открыты вихри в солнечной атмосфере, а позднее — к развитию телескопов башенного типа.

45-метровый башенный телескоп, законченный в 1912 году, состоит из целостата и второго зеркала на вершине башни, на которое падает солнечный свет и которое отражает его прямо вниз по отвесу на 30-сантиметровый объектив 45-метровой фокусной длины, монтированный как раз под ним. Этот объектив дает изображение Солнца диаметром около 45 см в лаборатории у подножия башни. Любую часть этого большого изображения, как, например, небольшое солнечное пятно,

можно удерживать сколько угодно времени на щели сильного спектрографа длиной в 22,5 м. Через щель свет проходит в колодец около 24 м глубиной, вырытый в скале под башней. Около дна этого колодца лучи, параллелизованные при помощи 15-сантиметровой линзы, падают на плоскую поверхность полированного зеркального металла, исчерченную при помощи алмазного резца линиями в количестве около 6000 на сантиметр. Эта оптическая решетка разлагает белый свет на его составные части и посылает его обратно сквозь линзу, которая дает изображение получающегося спектра около щели в комнате у основания башни. Рассеяние здесь так велико, что свет, проходящий через щель шириною всего около 0,06 мм, возвращается в виде спектра длиной — от красного до фиолетового конца около 12 м. Наблюдения полярности производятся при помощи спектра второго порядка. Рис. 83 дает изображение железного триплета  $\lambda$  6173 в снимке пятна, сделанном при помощи этого спектрографа. Наблюдения этой линии во всех солнечных пятнах и составляют материалы для ежедневной записи их полярности и мощности поля.

#### ЗАКОН ПОЛЯРНОСТЕЙ СОЛНЕЧНЫХ ПЯТЕН.

Когда эта работа начиналась, в 1908 году, пятнообразовательная деятельность Солнца шла на убыль вплоть до минимума ее в 1913 году. За это время было исследовано с магнитной стороны только 26 групп пятен, но этого было достаточно, чтобы обнаружить полярности, характерные для этого времени, в северном и южном полушариях. За двумя исключениями все эти группы показали, что предшествующие пятна в северном полушарии обладали южной полярностью (такою, какую обладают обращающиеся к югу полюсы магнита), тогда как следовавшие позади пятна обладали северной полярностью. В южном полушарии было наоборот: предшествующие пятна имели северную полярность, а последующие южную.

Это правило еще оставалось в силе в 1912 году, когда немногочисленные пятна конца старого цикла, согласно обычному закону, еще изредка появлялись близ экватора. За-

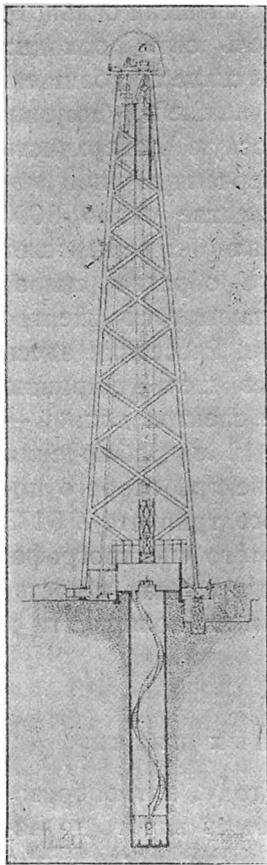


Рис. 84. 45-м башенный телескоп обсерватории на Монт-Вилсон. Спектрограф в 23 м фокальной длины, установленный в колоде под основанием башни, служит для ежедневного определения магнитной полярности и силы поля всех солнечных пятен, видимых на 44-см изображении Солнца.

тем начали прорываться в высоких широтах первые небольшие пятна нового 11-летнего цикла, и, к нашему удивлению, оказалось, что их полярности теперь были обратные. С тех пор были сделаны наблюдения (со всеми теми улучшениями, которые дает 45-метровый башенный телескоп), над магнитными полями 2110 групп пятен этого цикла, главным образом Эллерманом, Николсоном, Джоём и Петтитом. Исключив небольшое число пятен, не поддававшихся классификации, мы находим, что все эти группы, за исключением лишь 4 приблизительно процентов, подчинены такому новому правилу: предшествующие пятна в северном полушарии имеют северную полярность, а предшествующие пятна южного — южную. На Солнце произошло какое-то чрезвычайное изменение, которое при наиболее удачном истолковании должно означать не меньше, чем перемену в направлении вращения вихрей в солнечных пятнах.

При этих условиях мы, естественно, с чрезвычайным интересом ожидали следующего минимума солнечных пятен, сейчас уже наступившего. По мере развития цикла, средняя широта пятен все время убывала, пока, наконец, не получились условия, схожие с условиями 1912 года, когда вблизи экватора изредка появлялись маленькие пятна. Пятна, возвещающие новый цикл, иногда развиваются даже года за два до минимума а в настоящем случае первое из них было найдено Эллерманом 24 июня 1922 года на  $31^\circ$  северной широты. Это

было небольшое одиночное пятно, которое казалось, однако, предшествующим, и наблюдение дало для него южную полярность, соответствовавшую полярности предшествующих пятен в северном полушарии в тот цикл, который оканчивался в 1913 году. Таким образом как будто снова произошло обращение полярностей.

С того времени число пятен нового цикла, в том числе несколько прекрасных биполярных групп, развивалось в высоких широтах, в то время как в низких широтах пятна почти совершенно перестали показываться. Новые пятна вполне подтверждают предполагавшееся магнитное обращение и дают нам закон полярности, графически представленный

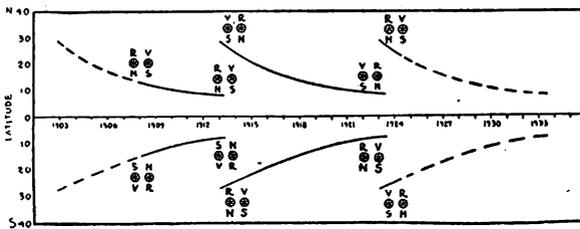


Рис. 85. Закон полярности солнечных пятен. Кривые дают приближенное изменение средней широты и соответствующей ему магнитной полярности 2110 солнечных пятен, наблюдавшихся на Моунт-Вилсон в 1908—1923 гг.

на рис. 85. Как показывают кривые этого рисунка, полярности значительного большинства пятен, противоположные в северном и южном полушариях, остаются одними и теми же за весь 11-летний период, а затем внезапно меняют свой знак с проявлением активности в высоких широтах. Таким образом полярности пятен меняются через период, и между последовательными появлениями одинаковых пятен проходит 22 года. В известном смысле этот период и можно считать настоящим периодом солнечных пятен, так как он представляет собою промежуток времени между последовательными возвратами Солнца к одному и тому же состоянию. Но старый период в 11, приблизительно, лет правильно представляет колебания числа и поверхности всех пятен безотносительно к характеру их магнетизма.

Условия, существующие при последовательных минимумах, когда в каждом полушарии приблизительно в течение

двух лет существуют одновременно два пояса пятен противоположных полярностей, представлены на рис. 86. Повидимому на Земле не существует аналогий для сочетания право- и левовращающихся вихрей парами, как в биполярных пятнах; нет аналогии также временному существованию в каждом полушарии двух бурных поясов, характеризующихся про-

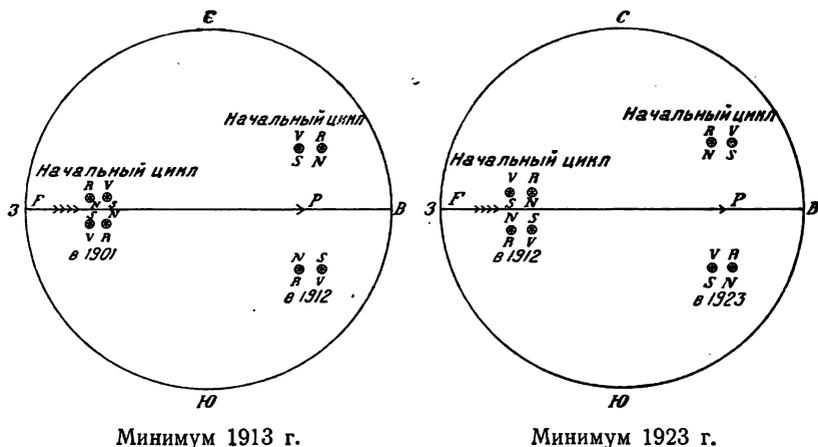


Рис. 86. Пояса солнечных пятен во время минимума солнечной деятельности. В каждом полушарии, пятна которых имеют противоположную полярность, в течение приблизительно двух лет до минимума пятен существует одновременно два пояса.

тивоположными направлениями вихрей, как это мы видим на рис. 86, и постепенному понижению широты и периодическому изменению направления вихрей, указанному на рис. 85.

### ЗЕМНЫЕ И СОЛНЕЧНЫЕ БУРИ.

Но почему же, можно спросить, нельзя считать вихри биполярных пятен вращающимися в одном и том же направлении и объяснять их противоположную полярность предположением, что преобладающие электрические заряды в каждом из них имеют противоположные знаки? Мы еще не совсем понимаем механизм процесса, отделяющего положительно и отрицательно заряженные частицы на Солнце и заставляющие те или другие преобладать в вихре пятна. В грозовых бурях, как показал Симпсон, разделение электричеств обуславливается, вероятно, сильным разрывом

капель дождя или столкновением градин с хлопьями снега. Так как электропроводность атмосферы невелика, то возможно широкое разделение электричеств, нужное для возникновения молнии. На Солнце условия совершенно иные благодаря высокой температуре и электропроводности газовой атмосферы, и мы, конечно, не имеем указаний на то, что заряды в двух пятнах биполярной группы имеют противоположные знаки. Если бы это имело место, то было бы трудно показать, как этот знак может зависеть от полушария, широты или цикла пятен, не говоря уже о других возражениях. Какой бы трудной ни казалась гидродинамическая задача, возникающая при другом взгляде, повидимому, гораздо легче предполагать, что преобладающий заряд во всех солнечных вихрях один и тот же, и что полярность определяется направлением вихря.

Но почему же это направление должно изменяться тем замечательным образом, на который указывают наши наблюдения? Нелегко объяснить даже соединение пар вихрей, вращающихся в противоположных направлениях, хотя и теория и опыт согласно указывают, что столбовой вихрь, проникающий далеко вглубь Солнца, может подниматься до поверхности, образуя полукольцевой вихрь. Это могло бы объяснить некоторые очень простые биполярные пятна, но многие сложные группы, повидимому, не укладываются в рамки этой привлекательной гипотезы. Коренным вопросом остается периодическое обращение направления вихрей, зависящее, очевидно, от роста и убыли солнечной деятельности, характеризующих цикл солнечных пятен. Тут дело идет, повидимому, о сущности природы самого Солнца, а с нею, может быть, и природы других карликовых звезд.

Обычное направление вихрей в земных циклонах уже давно объясняется очень просто. Предположите, что в какой-нибудь точке северного полушария возникает область низкого давления. Ветер, стремящийся к этому понижению с юга, приносит с собой более высокий момент инерции атмосферы — тот, какой имеется в экваториальной области; его скорость должна увеличиваться и отклонять воздух к востоку от меридиана, с которого он начался. Воздух, спускающийся с севера, приобретает меньшую скорость

и отклоняется к западу. Отсюда — левовращающийся вихрь. В южном полушарии, как покажет минутное размышление, при аналогичных условиях получится правовращающийся вихрь.

Это объяснение подверглось в последние годы сомнению, и его, конечно, недостаточно для объяснения вихрей, создающих магнитное поле в солнечном пятне. В настоящее время (хотя это исследование далеко еще не закончено) мы находим, что направление вращения во внедряющихся вихрях, обнаруживаемое спектрогелиографом в водородной атмосфере над солнечными пятнами, повидимому, не зависит от полярности соответствующих пятен и не меняется во время минимума солнечных пятен <sup>1)</sup>. Эти вихри, повидимому, представляют собой только вторичные явления, возникающие над вихрями пятен, которые лежат, кажется, гораздо глубже под фотосферой. Кроме того не было подмечено никакого признака сколько-нибудь радикального изменения циркуляции солнечной атмосферы, какое, несомненно, должно было бы получиться при перемене направления вихрей в пятнах, если бы они были явлениями высокого уровня. Своеобразный закон солнечного вращения не претерпевает во время минимума пятен, сколько мы знаем, никаких изменений, и все указания, повидимому, подтверждают взгляд, что солнечные пятна являются глубоколежащими обнаружениями внутренней циркуляции Солнца. Таким образом в этих таинственных глубинах мы должны искать происхождение солнечных пятен, природу их характерного цикла и причины периодического изменения и магнитной полярности.

---

<sup>1)</sup> Около 75 процентов водородных вихрей, связанных с одиночными или предшествующими пятнами в обоих полушариях, по направлению вихрей согласуется с земными циклонами.

## УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН.

Адамс, Adams 39. 42. 57. 81. 84. 86. 89.

Андерсон, Anderson 35.

Аристарх Самосский 5. 71.

Бабкок, Babcock 53.

Барнард, Barnard 73. 77. 97—107. 109.

Барнетт, Barnett 52.

Бессель, Bessel 75.

Бонд, Bond 95.

Браге, Brahe 2. 4.

Брашир, Brashear 97.

Бруно, Bruno 66.

Брюс, Bruce 96—98. 101. 103—106.

Бэкон Ф., Bacon F. 70.

Ван-Маанен, Van-Maanen 62. 92.

Варнер и Свазей, Warner and Swasey 97.

Витней, Whitney 28. 30.

Галилей, Galilei 5. 66—72. 79. 114. 132.

Гэббл, Hubble 2. 24. 37. 38. 41. 44. 110.

Гейгер, Geiger 47.

Генри, Henry 65.

Герц, Hertz 65.

Герцишпрунг, Hertzsprung 40.

Гершель В., Herschel W. 6—8. 14. 57. 71. 75. 78—80. 93—95. 99.

Гершель Дж., Herschel J. 8. 71. 117.

Гильберт, Gilbert 51.

Гиппарх I. 3.

Гукер, Hooker 6. 12. 13. 15. 17. 20. 34—36. 100—102. 105. 107. 108.

Гулл, Hull 64. 109.

Гэль, Hale.

Дагерр, Daguerre 95.

Деландр, Deslandres 118.

Джэнс, Jeans 45. 63.

Джой, Joy 136.

Дункан, Duncan 18. 25. 100. 102. 105. 107. 108.

Дэви, Davy 124.

Жансен, Jansen 118.

Зеeman, Zeeman 49. 51. 123. 126—129. 133. 134.

Кавендиш, Cavendish 57. 58.

Кампбелл, Campbell 76.

Карнеги, Carnegie 16.

Кеплер, Kepler 4. 5.

Кертис, Curtis 91. 100.

Кинг, King 56.

Коперник, Copernicus 5. 66—71.

Корти, Cortie 56.

Крукс, Crookes 121. 122.

Кук, Cook 63. 64.

Ланглей, Langley 116. 117. 132.

Лаплас, Laplace 27—29.

Лебедев 64.

Ли, Lee 39.

Ливитт, Leavitt 88.

Локиер, Lockyer 41. 46. 47.

Лорентц, Lorentz 31. 50. 127.

Лютер, Luther 70.

Майкелсон, Michelson 25. 30—36. 42. 58. 63. 92.

Максвелл, Maxwell 65. 121. 127.

- Маундер, Maunder 115.  
 Меланхтон, Melanchton 70.  
 Меррилл, Merrill 37.  
 Мессье, Messier 63. 64.  
 Милликан, Millikan 122.  
 Морлей, Morley 31. 58.  
  
 Николс, Nichols 64. 109.  
 Николсон, Nicholson 130. 136.  
 Ньютон, Newton 57.  
  
 Памер, Palmer 119. 120.  
 Петтит, Pettit 136.  
 Пиз, Pease 3. 19. 22. 23. 34. 36—39.  
     42. 75. 107.  
 Пиккеринг, Pickering 10.  
 Причсетт, Pritchett 70.  
 Птолемей, 1. 2. 5. 72.  
  
 Рамзай, Ramsay 46.  
 Раниард, Ranyard 107.  
 Раулинсон, Rawlinson 48.  
 Резерфорд, Rutherford 47.  
 Рёсселл, Russell 36. 38. 40. 42. 54.  
     108—111.  
 Ритчей, Ritchey 20. 25. 60. 62. 90.  
 Росс, Ross 14.  
 Роуланд, Rowland 123.  
 Румфорд, Rumford 125.  
  
 Сага, Saha 60.  
 Симпсон, Simpson 138.  
  
 Сирс, Seares 78—82. 91. 93. 103.  
 Слайфер, Slipher 110.  
 Сно, Snow 4.  
 Стефан, Stephan 31.  
 Стоней, Stoney 121.  
  
 Томсон, Thomson G. 50. 122.  
 Улуг-Бей, Ulug-Bey 3.  
  
 Фаваро, Fawaro 69.  
 Фаги, Fahie 69.  
 Фай, Faye 118.  
 Фарадэй, Faraday 49. 65. 120—127.  
 Физо, Fizeau 31.  
 Фуллер, Fowler 55. 56.  
 Френель, Fresnel 127.  
 Фрост, Frost 98.  
  
 Чези, Cesi 69.  
  
 Шамполлион, Schampollion 48.  
 Шаплей, Sharpley 10. 36. 63. 86—93.  
 Шварцшильд, Schwarzschild 109.  
 Шейнер, Scheiner 69. 114. 132.  
 Шлезингер, Schlesinger 39. 66.  
  
 Эддингтон, Eddington 36. 38. 61. 64.  
 Эйнштейн, Einstein 31. 57. 58.  
 Эллерман, Ellerman 4. 27. 32. 47. 56.  
     95. 124. 134. 136.  
  
 Юнг Т., Young Th. 48. 124.  
     » Ч., Young C. A. 51.

## СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
ПРЕДИСЛОВИЕ К РУССКОМУ ИЗДАНИЮ . . . . .	III
ГЛАВА ПЕРВАЯ. <i>Новое небо</i> . . . . .	1
ГЛАВА ВТОРАЯ. <i>Звезды-гиганты</i> . . . . .	27
ГЛАВА ТРЕТЬЯ. <i>Космические котлы</i> . . . . .	46
ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ. <i>Глубины вселенной</i> . . . . .	66
ГЛАВА ПЯТАЯ. <i>Темные туманности Барнарда</i> . . . . .	93
ГЛАВА ШЕСТАЯ. <i>Магнитность солнечных пятен</i> . . . . .	113

---

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

**КЛАССИКИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ**

Серия книг, издаваемая под общей редакцией: *А. Д. Архангельского, В. Ф. Кагана, Н. К. Кольцова, В. А. Костицына, П. П. Лазарева и Л. А. Тарасевича*, при ближайшем участии в редакционной работе: *Н. А. Изгарышева, Т. К. Молодого и Э. В. Шпольского*.

*Бер, К. Э.* Избранные работы. Перев. и ред. Ю. А. Филиппенко. Ц. 1 р. 20 к.

*Гельмгольц, Г.* О сохранении силы. Перев. и ред. акад. П. П. Лазарева. Ц. 25 к.

*Его же.* Скорость распространения нервного возбуждения. Под ред. акад. П. П. Лазарева. Ц. 65 к.

*Кант, Лаплас, Фай, Дж. Дарвин, Пуанкаре.* Космогонические гипотезы. Под ред. проф. А. В. Костицына. Ц. 1 р. 50 к.

*Садри Карно.* Размышления о движущей силе огня. Под ред. проф. Ю. А. Круткова. Ц. 40 к.

*Лебедев, П. Н.* Световое давление. Под ред. акад. П. П. Лазарева и проф. Т. П. Кравца. Ц. 40 к.

*Ломоносов, М. В.* Физико-химические работы. Под ред. проф. Б. Н. Меншуткина. Ц. 70 к.

*Мендель, Г.* Опыты над растительными гибридами. Под ред. проф. Н. К. Кольцова. Ц. 75 к.

*Менделеев, Д. И.* Периодический закон.

Под ред. и со статьей „О современном положении периодического закона“ проф. Б. Н. Меншуткина. Стр. 255. Ц. 2 р. 50 к.

*Мечников, И. И.* Лекции о сравнительной патологии воспалений. Под ред. проф. Л. А. Тарасевича. (2-е изд.) Ц. 2 р.

*Мейер и Деламбр.* Основы метрической десятичной системы или измерение дуги меридиана, заключенной между параллелями Дюнкерка и Барселоны. Выполнено в 1792 и следующих годах. Под ред. А. А. Михайлова. Стр. 138. Ц. 1 р. 60 к.

*Павлов, И. П.* Лекции о работе главных пищеварительных желез. Изд. 3-е. Ц. 2 р.

*Русские классики морфологии растений.* Сборник статей. Под ред. проф. В. М. Арнольди. Ц. 2 р.

Задача этой серии — сделать доступными классические труды творцов современного естествознания. В состав серии входят преимущественно такие работы, которые по своему изложению являются наиболее легкими. Кроме того все книжки серии сопровождаются примечаниями, разъясняющими отдельные места и приводящими классические труды в связь с современным состоянием науки.

**ПРОДАЖА ПРОИЗВОДИТСЯ**

в Торговом секторе, в магазинах, киосках и провинциальных отделениях Государственного Издательства

# ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКВА — ЛЕНИНГРАД

## ПРИРОДА И КУЛЬТУРА

*Выпускаемая в свет серия книг под общим названием „Природа и культура“ имеет целью дать читателю, владеющему уже некоторой подготовкой, в доступной но строго научной форме, ясное представление о достижениях науки во всех отраслях естествознания, медицины, техники и сельского хозяйства.*

- Аккерет, И.* Роторный корабль. Новый способ использования силы ветра. С пред. Л. Прандтля. Пер. с нем. под ред. проф. А. А. Фридмана. Ц. 80 к.
- Аррениус, Св.* Химия и современная жизнь. Ц. 2 р. 25 к.
- Аскания-Нова.* Сборник статей под редакцией М. М. Завадовского и В. К. Фортунатова. Ц. 3 р. 50 к.
- Брагг, У. Г.* О природе вещей. Перев. под ред. Г. В. Вульфа. Ц. 1 р. 75 к.
- Брагг, У. Г.* Мир звуков. Перев. под ред. Э. В. Шпольского. (Печ.)
- Гольдшмидт, Р.* Аскарида. Ц. 3 р. 50 к.
- Грей, Л.* Эфир и теория относительности. Перев. под ред. Н. Андреева. Ц. 1 р. 35 к.
- Джесдд, Дж.* Возникновение и развитие идеи эволюции. Перев. с англ. под ред. Н. Бобринского. Ц. 80 к.
- Каммерер, П.* Смерть и бессмертие. Перев. с нем. Ц. 1 р. 10 к.
- Кис, Артур.* Человеческое тело. Перев. под ред. проф. В. Н. Терновского. С 13 рис. Ц. 1 р. 20 к.
- Крамерс, Г. А. и Гольст, Г.* Строение атома и теория Бора. Общедоступное изложение. С предисловием сэра Эрнеста Резерфорда. Ц. 1 р. 50 к.
- Кресси, Э.* Современная машина. Пер. М. Горфинкеля. Ц. 2 р. 50 к.
- Лазарев, П. П.* Курская магнитная аномалия. Ц. 60 к.
- Максвелл, К.* Материя и движение. С прим. и дополн. Дж. Лармора. Ц. 1 р. 20 к.
- Де-Морган, Жак.* Доисторическое человечество. Общий очерк доисторического периода. Перев. под ред. проф. В. А. Городдова. Ц. 2 р. 75 к.
- Павлов, А. П.* Природа землетрясений и землетрясения в Японии. Ц. 90 к.
- Планк, М.* Физические очерки. Ц. 1 р. 40 к.
- Сведберг, Т.* Материя, ее исследование в прошлом и настоящем. Перев. с нем. под ред. А. Н. Фрумкина. Ц. 1 р.
- Сведберг, Т.* Вырождение энергии. (Печ.)
- Содди, Ф.* Радий и строение атома. Перев. с посл. англ. изд. под ред. Н. А. Шилова. Ц. 1 р. 60 к.
- Флемминг.* Волны в воде, воздухе и эфире. (Печ.)
- Хаустен, Р.* Свет и цвета. Перев. с англ. под ред. проф. Н. П. Костерина. Стр. 195. Ц. 1 р. 80 к.
- Шмальгаузен, И. И.,* Проблема смерти и бессмертия. Ц. 1 р. 25 к.
- Юнг, Я.* Солнце. Перев. под ред. и с доп. акад. А. А. Белопольского. Ц. 1 р. 50 к.

Сочинения наиболее выдающихся русских и иностранных писателей должны дать яркое представление о том, как человек проникает в строение и механизм мертвой и живой природы, овладевает ее законами и налагает на нее яркий отпечаток культуры.

### ЗАКАЗЫ НАПРАВЛЯТЬ

в Торговый Сектор Госиздата РСФСР: Москва, Ильинка, Богоявленский пер., 4; Ленинград, просп. 25 Октября, 28, и во все отделения и магазины Госиздата РСФСР

МОСКВА, 9, ГОСИЗДАТ, „КНИГА ПОЧТОЙ“

высылает все книги немедленно по получении заказа почтовыми посылками или бандеролью наложенным платежом.

При высылке денег вперед (до 1 рубля можно почтовыми марками) пересылка бесплатно.