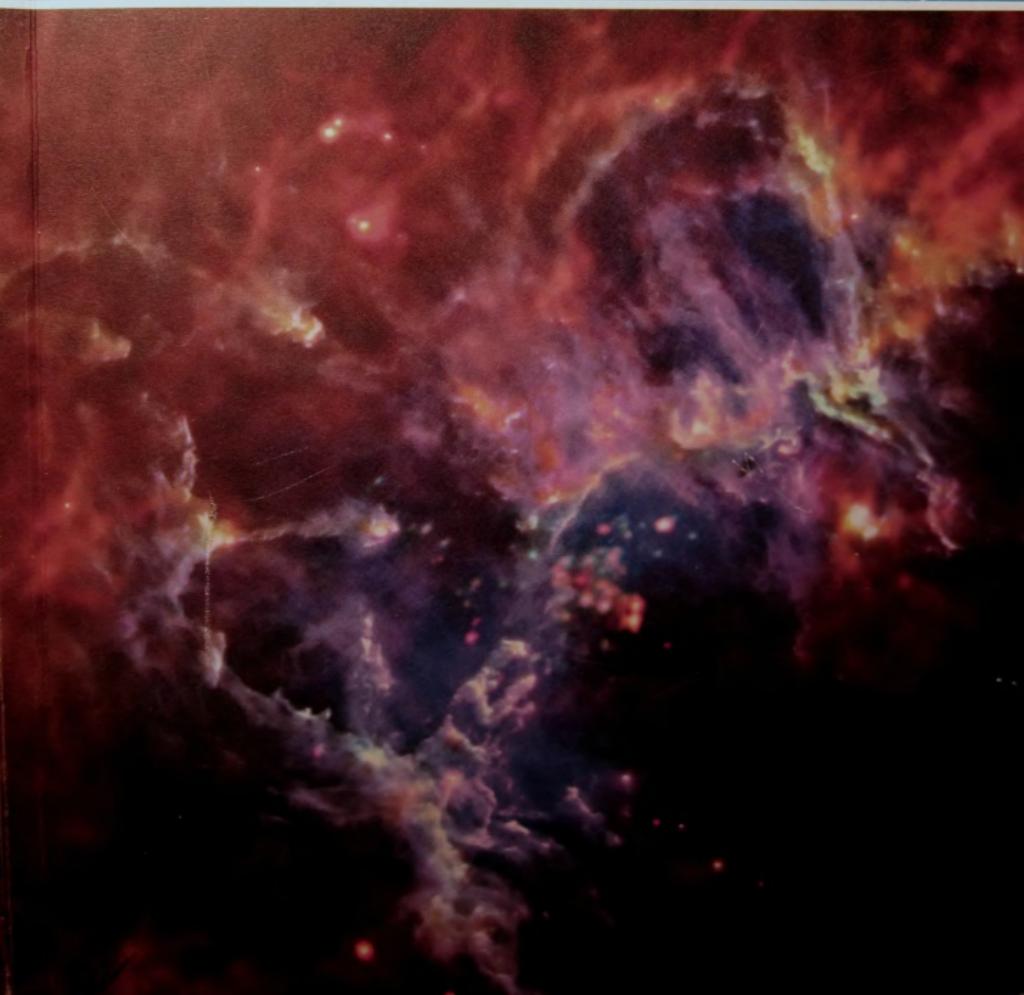


ЗЕМЛЯ И ВСЕЛЕННАЯ

МАЙ-ИЮНЬ 3/2012

КОСМОНАВТИКА
АСТРОНОМИЯ
ГЕОФИЗИКА



Йозеф Фраунгофер

(К 225-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ)



Й. Фраунгофер (1787–1826). Гравюра.

Выдающиеся успехи наблюдательной астрономии в первой половине XIX в. были обусловлены, прежде всего, появлением высококачественных линзовых телескопов-рефракторов нового поколения, которые на длительное время определили дальнейшее развитие наблюдательной астрономии после почти двухвекового господства рефлекторов. Начало этой эпохи в оптической астрономии связано с именем уникального физика-оптика, физико-организатора производства на научном

и промышленном уровне оптического стекла и астрообъективов, а вместе с тем и астронома – конструктора телескопов нового типа и тонкого астронома-наблюдателя и исследователя Йозефа Фраунгофера (1787–1826), только максимальная целеустремленность, сосредоточенность на главной задаче – совершенствовании оптики, преждевременность его главного астрофизического открытия – линейчатой структуры спектра Солнца, как и краткость собственной жизни не позволили ему полноценно войти в ряды первых астрофизиков-спектрископистов, хотя он без сомнения мог быть назван одним из “отцов-основателей” астрофизики.

Йозеф Фраунгофер родился 6 марта 1787 г. в г. Штраубинге, недалеко от Мюнхена, и был десятым ребенком в семье бедного стекольщика. Ему мальчиком он стал помогать отцу в работе, а после его смерти в 1798 г. учился, а затем работал в стекольной и зеркальной мастерской некого Фишера в Мюнхене. В 12 лет Йозеф остался круглым сиротой, а в 14 едва не погиб при обвале дома, в котором жил. Счастливая случайность спасла его при этом происшествии с адвокатом и бароном И. Фон Утшнейдером, который оказался свидетелем несчастья и принял участие в его дальнейшей судьбе.

В разных источниках встречаются некоторые различия в биографических данных о Фраунгофере. Так, в энциклопедическом словаре Брокгауз и Ефрона сообщают даже, что в связи с этим происшествием

благодаря природным способностям и заботам Утшнейдера Фраунгофер в 1806 г. смог стать ассистентом в Мюнхенском механико-математическом научно-исследовательском институте (в некоторых источниках он назван математическим и оптическим институтом) на оптическом отделении, где разрабатывались и изготавливались точные угломерные оптические приборы. Здесь его наставником стал талантливый швейцарский оптик-самоучка П. Гинан (1748–1824), впрочем, не раскрывавший ученикам своих секретов стекловарения. Однако Фраунгофер, мимо читавший и усиленно занимавшийся самообразованием, не только

“обратил на себя особое внимание баварского короля Максимилиана-Иосифа, который помог Фраунгоферу получить дальнейшее математическое образование”.



Йозеф Фраунгофер в юности.

самостоятельно разгадал способ Гина, но и настолько усовершенствовал процесс изготовления высококачественного оптического стекла, что спустя всего три года совершил настоящий переворот в немецкой стекольной промышленности.

Причина необычайных успехов Фраунгофера была в том, что впервые в сложный и тонкий процесс производства оптического (как называл его сам Фраунгофер) стекла он ввел научные методы – предварительный математический расчет его свойств, физический и химический контроль во время самой варки. Это позволяло получать различные, с определенными свойствами, сорта оптического стекла (флинт- и кронглас). Искусство стекловарения стало наукой. В отличие от своих предшественников (Дж. Доллонда и П. Гинана) Фраунгофер сам руководил не только варкой и отливкой стекла, но и дальнейшей тонкой обработкой больших стеклянных блоков, которые превращали у него в изумительно точные астрообъективы. И здесь точность была результатом не просто искусства, но строгого математического расчета, методы которого Фраунгофер разработал на основе тщательного изучения преломляющих свойств различных сортов стекла. Благодаря Фраунгоферу астрономии после длительного господства отражательных телескопов-рефлекторов снова (и надолго) наступила эпоха рефракторов. В 1814 г. была основана знаменитая оптическая фирма “Утшнейдер и Фраунгофер”, до 1817 г. находившаяся в Бендинктбёрене, а затем перевезенная в Мюнхен. С 1818 г. Фраунгофер стал ее директором и владельцем. Фирма славилась своими небывало точными инструментами, которые приобретались крупнейшими астрономическими обсерваториями Европы. Телескопы Фраунгофера впервые стали монтироваться на удобной для наблюдений и измерений параллактической, или экаториальной (в немецком варианте), установке, которая позволяет поворачивать телескоп около двух взаимно



25-см рефрактор фирмы Фраунгофера в Дерптской обсерватории. На этом рефракторе в 1837 г. В.Я. Струве измерил впервые в истории астрономии параллакс звезды α Lyrae (Вега в созвездии Лирь).

перпендикулярных осей, одна из которых параллельна оси вращения Земли, и таким образом измерять прямые восхождения и склонения светил²? Кроме того, это были первые инструменты, снабженные точными часовыми механизмами с фрикционным регулятором скорости, который обеспечивал очень равномерное движение телескопа в направлении, обратном суточному врашению Земли. Благодаря этому наблюдавший объект не уходил, как бывало в прошлые времена, из поля зрения и мог устойчиво удерживаться на кресте нитей.

² Первые попытки создания такой установки относятся к 1620 г. и связаны с именем немецкого астронома Христофа Шайпера (1575–1650).

В дополнение ко всему рефрактор Фраунгофера снажались и чрезвычайно точными измерительными приборами – усовершенствованными им окулярными микрометрами. Все это в сочетании с превосходной оптикой позволяло вести очень тонкие и точные наблюдения с большими увеличениями, до 700-кратных. Имя Фраунгофера стало синонимом высочайшей марки его фирмы. Один из его инструментов – 10-дюймовый (диаметр объектива около 250 мм) рефрактор с двуплановым объективом-аппаратом (есть исправленным за хроматическую и сферическую aberrации) и фокусным расстоянием 4,3 м построен в 1817 г. был приобретен Дерптской обсерваторией (ныне Тарту в Эстонии, в то время входившей в Россию). Именно на нем в 1837 г. В.Я. Струве впервые за всю историю астрономических наблюдений надежно измерил параллакс и, следовательно, расстояние звезды – α Lyrae (Вега в созвездии Лирь).

Еще одним достижением Фраунгофера в телескопостроении стали производство особого типа рефракторов – гелиометров. Фраунгоfer настолько существенно усовершенствовал этот тип рефрактора, что в литературе нередко приписывают его изобретение. До внедрения в астрономию фотографии гелиометр использовался для особо точных измерений угловых расстояний в довольно большом диапазоне от 1°52' до 0°05', существенно превосходя в этом отношении возможности измерений с помощью окулярного подвижного креста нитей. Такой рефрактор-гелиометр фирме Фраунгофера заказал в 1820 г. для своей обсерватории в Кёнигсберге известный астроном-астрометрист Ф.В. Бессель³. Но стро-

³ Об истории его изобретения см.: К.К. Лоринович. «Ф.В. Бессель» (1989). Идея гелиометра принадлежала О. Ремеру (1678), первая реализация – А. Савери (1743). П. Бутера (1749). Это был рефрактор с двумя подвижными друг относительно друга объективами и общим окуляром, в котором изображение светила оказывалось удво-

тельство инструмента было завершено лишь в 1829 г., когда его и приобрела кёнигсбергская обсерватория, уже после кончины Фраунгофера. Гелиометр имел 6-дюймовый (158 мм) объектив, разрезанный по диаметру на две половины, с фокусным расстоянием 8 футов (2,6 м). Над северным крылом обсерватории для него была выстроена специальная башня с деревянным вращающимся куполом. Именно с этим инструментом в 1838 г. Ф.В. Бессель измерил второй за всю историю астрономии, причем с еще большей надежностью, параллакс звезды – 61 Сириус в созвездии Лебедя.

Рефракторы фирмы Фраунгофера еще долгое время несли свою службу передовых рубежах астрономии. Так, в 1851 г. с помощью кёнигсбергского гелиометра Фраунгофера была получена немецким фотографом-профессионал Берковским первая фотография дагерротип солнечной короны. В 1877 г. Дж. Скиапарелли с 8-дюймовым (210 мм) рефрактором Фраунгофера Миланской обсерватории при наблюдении Марса во время его великого противостояния открыл на этой планете свои знаменитые и почти столетие остававшиеся загадкой «каналы». Даже в XX в. гелиометр еще использовался на Энгельгардтской обсерватории в Казани (изготовленный продолжательницей фирмы Фраунгофера знаменитой фирмой «Репольд & сыновья») и установленный здесь в

конце XIX в.; Земля и Вселенная, 2009, № 1).

Иозеф Фраунгофер прославился не только как великий оптик и конструктор астрономических инструментов и приборов. Он проявил себя тонким астрономом-наблюдателем и исследователем, сделал одно из самых великих открытий в наблюдательной астрономии. В дальнейшем оно стало основой всей современной астрофизики, а именно ее универсального метода получения информации о космосе – астроспектроскопии.

Еще в 1802 г. английский ученический-цикlopедист (физик, химик и астроном, по образованию – врач) У.Х. Волластон (1766–1828) внес важное усовершенствование в наблюдение солнечного спектра. Перед призмой, разлагающей белый луч света в радужную полоску,



Гелиометр. В 1838 г. на таком же рефракторе фирмы Фраунгофера ($D = 158$ мм; $F = 2600$ мм) Ф.В. Бессель измерил параллакс звезды (близ Лебедя). Изображенный здесь инструмент фирмы Репольда установлен в 1891 г.

он установил узкую, шириной в 1 мм, щель, так что непрерывный спектр теперь складывался не из круглых изображений Солнца, как это было у Ньютона, а из поперечных узких цветных полос. При этом Волластон впервые отметил на фоне непрерывного спектра семь темных поперечных полос, которые принял за "естественные границы" между лучами разного цвета.

В 1814–1815 гг. стем же явлением, независимо столкнулся и Фраунгофер при тщательном изучении преломляющих свойств и дисперсии различных сортов оптического стекла. Использовав для своих наблюдений щель шириной всего в 0,5 мм и рассматривая изображение спектра с помощью окуляра с большим увеличением, Фраунгофер неожиданно открыл в солнечном спектре огромное множество узких темных поперечных линий (он насчитал их 576; к 2001 г. их открыто 26 тыс. – от D - до K -диапазона). Более того, он установил, что они не являются результатом дифракции луча света на краях щели спектрографа, и доказал, что это характерные черты самого спектра Солнца. Эти темные спектральные линии (линии поглощения) получили в дальнейшем наименование "фраунгоферовы". Вместе с тем название первого сообщения Фраунгофера об этом свидетельствовало о чисто служебном использовании им своего открытия: "Определение способности к преломлению и [спектральной] дисперсии различных видов стекла имея в виду усовершенствование ароматических телескопов" (Записки Мюнхенской академии, т. V). Действительно, приведя подробную зарисовку солнечного спектра, Фраунгофер указывает на использование этих линий при определении показателей преломления оптических сред. Вскоре, в 1817 г., его сообщение о том же появилось в ведущем физическом журнале – "Физических анналах" Л. В. Гильберта. Фундаментальное значение этого открытия для исследования физических свойств звезд, и более того, для выявления изменения этих свойств, то есть для исследования развития, эволюции

звезд первым тогда же понял и высоко оценил прочитавший это сообщение немецкий физик-акустик и основатель научной метеоритики Э. Хладни, призвавший автора обратить особое внимание на свое открытие и продолжить исследование⁴.

Фраунгофер между тем и сам занимался необычным явлением. Он сравнил со спектром Солнца спектры Луны, Марса и Венеры, а также некоторых ярких звезд. Спектры планет оказались по составу темных линий напоминали солнечного. Но в спектрах звезд он обнаружил явные отличия. Правда, были и среди них совершенно схожие с солнечным (например, у желтой звезды Капеллы из созвездия Возничего). Однако спектры красных звезд Бетельгейзе и Поллукса (в созвездии Ориона и Близнецов) отличались обилием широких темных полос в длинноволновой части, тогда как в спектре блестящего белого Сириуса и Кастро (в созвездиях Большого Пса и Близнецов) имелось лишь несколько узких линий в синей части. Так по существу настала первая грубая классификация звезд.



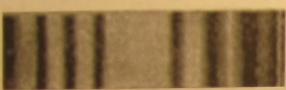
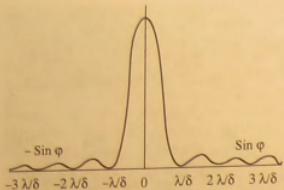
Солнечный спектр с линиями, открытыми Й. Фраунгофером в 1814 г. Визуальный диапазон волн, в котором Фраунгофер впервые обнаружил 576 спектральных линий. Современная фотография (П.Г. Кулниковский. Справочник любителя астрономии. М., 2002).

⁴ В письме к издателю "Физических анналов" в январе 1818 г., которое Гильберт отправил под названием "Различные физические замечания из письма доктора Хладни от 1814 года на неожиданное открытие Фраунгофера 'различных систем полос в спектре Солнца и других звезд'". Хладни называет открытие Фраунгофера "одним из самых важных из появившихся за долгое время". Более того, он с большой проницательностью глубоко самого первооткрывателя структуры (линейчатости) солнечного спектра оценивает перспективы нового открытия, говоря, что это "доброродственный ученик, как будто сам не ползается, как бышиорное поле он открывает, не только в наблюдений явления различного преломления света [задача, которая и была главной для Фраунгофера], но и для расширения других физико-astronomических [!] знаний".

Дальнейшее развитие спектрального метода в конце XVIII в. В. Гершель, внимание на различное расположение максимума яркости в непрерывных спектрах звезд различного цвета (см. А.И. Еремеева, Вселенная Гершеля, 1966).

ности распределения энергии в спектре от температуры излучающего тела (М. Планк), подобные исследования позволили оценивать эффективную температуру Солнца и других звезд.

Наконец, Фраунгофер, сравнив солнечный спектр с линейчатым спектром лабораторного источника – раскаленных паров натрия, первым обратил внимание и точными измерениями подтвердил, что положение яркой желтой линии натрия в лабораторном спектре в точности совпадает с положением одной из наиболее интенсивных темных полос в спектре Солнца. (Между прочим, он же впервые отметил и то, что желтая линия натрия, как и ее темный двойник в солнечном спектре, – двойные.)



"Дифракция Фраунгофера" в параллельных лучах на щели, наблюдавшаяся и впервые изученная им.

Все это, казалось бы, подводило Фраунгофера вплотную к раскрытию "языка звездной Вселенной" – спектрального анализа. Но для осознания этого требовалось существенное развитие самих физики и химии. Лишь после выдающихся работ Г. Кирхгофа и Р. Бунзена в 1859–1862 гг. в астрономию вошел созданный ими наиболее мощный современный метод получения всесторонней информации из космоса – спектральный анализ.

Фраунгофер детально классифицировал открытые им темные линии солнечного спектра. Наиболее интенсивные из них он обозначил латинскими буквами от А (около 700 Å) до I (около 300 Å). Но, как уже говорилось, использовал свое открытие лишь... для тщательного изучения дисперсии оптических стекол, как некие четкие "метки", показывающие изменение в них показателя преломления света в зависимости от его цвета. Его призванием была инструментальная астрономическая оптика.

Существенно расширили возможности наблюдательной астрономии и осо-

бенно астрофизики два собственных изобретения Фраунгофера. Он впервые смонтировал оптическую систему – рефрактор с помещаемой перед его объективом призмой ("объективной призмой"), что позволило одновременно наблюдать, а позднее и фотографировать десятки и сотни звездных спектров. В 1821–1822 гг. в Записках той же академии вышла вторая статья Фраунгофера, в которой он сообщил о своем успехе в области чистой физики. Он экспериментально исследовал явление дифракции света в параллельных лучах (когда луч был почти не расходящимся – "дифракция Фраунгофера"), результате чего изобрел дифракционную решетку – второй после спектр скопа прибор, позволяющий изучать спектры источников света⁶. Фраунгофер построил теорию прибора и впервые с его помощью измерил с высокой точностью длину волн линии натрия.

В 1823 г. Фраунгофер стал еще профессором Мюнхенского университета, а также хранителем физического кабинета при нем. Его исключительные научные заслуги были высоко оценены – избранiem в члены Баварской (Мюнхенской) академии наук (1823), германской академии естественных наук "Леопольдина" (1824) и ряда научных обществ.

Фраунгофер развернул широкую пропаганду астрономических знаний в своих популярных лекциях. Но дальнейшие его планы, связанные с постройкой больших ароматических телескопов-рефракторов, не сбылись. Иозеф Фраунгофер скончался от туберкулеза 7 июня 1826 г., всего 39 лет от роду.

6 Здесь его предшественником был американец Дэвид Риттенхауз (1732–1796; Земля и Вселенная, 1997, № 1). Как и Фраунгофер, он вошел в науку путем самообразования в физике он первым изобрел дифракционную решетку (за несколько десятилетий – Фраунгофера). Однако вряд ли что-либо из этого было известно Фраунгоферу, и несомненно, что свое изобретение он сделал совершенно независимо.



Памятник Иозефу фон Фраунгоферу в Мюнхене.

Преждевременная смерть оборвала кипучую деятельность этого необыкновенного человека. За короткие, но исключительно насыщенные 19 лет, он совершил коренной переворот в теле-

скопостроении, заложил основы лабораторной спектроскопии (и даже можна сказать – астроспектроскопии!), измерительной астрономической техники. Пionерские исследования этого уникального по своим талантам и целесообразности физика, практически средоточенность только на улучшении самих оптических инструментов, впереди горизонты новой и едва ли не главной области современной нам астрономии – инструментальной астрофизики. Лишь немногие естествоиспытатели-привиды, такие как Э. Хлади, могли тогда предвидеть эту его роль в астрономии.

Имя Фраунгофера обессмыслило и его уникальные успехи в оптике, и его "фраунгоферовы линии", ставшие неотъемлемой частью астроспектроскопии. Недаром в надписях на установленном ему в Мюнхене памятнике и на мемориальной доске на доме, где он родился, фамилия Фраунгофера – сына бедного стекольщика – писалась уже с дворянской приставкой "von". Его подлинная роль в астрономии получила емкую оценку уже в его эпитафии. Если краткая эпитафия, посвященная родоначальнику звездной астрономии Вильяму Гершелью, гласила "Сломал засовы небес", то следующую веху в истории астрономии отмечают слова на могиле Иозефа Фраунгофера: "Приблизил звезды".

А.И. ЕРЕМЕЕВА,
кандидат физико-математических наук
ГАНЦ МГУ