

ГЛАВА IX

РАЗВИТИЕ ОПТИКИ В XIX В.

(ДО ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ТЕОРИИ СВЕТА)

§ 36. УСТАНОВЛЕНИЕ ВОЛНОВОЙ ТЕОРИИ СВЕТА

В XVIII в. корпускулярной теории света придерживалось подавляющее большинство ученых и только единицы высказывались в пользу волновой теории. (Среди них были Эйлер и Ломоносов.) Конкретные достижения в области оптических исследований в XVIII в. весьма скудны. Заслуживает внимания только развитие фотометрии. Сначала француз Бугер, а затем немецкий ученый Ламберт ввели ряд новых фотометрических понятий и установили простейшие соотношения между ними. Следует, правда, отметить еще одно интересное исследование по оптике в конце XVIII в., приведшее, по существу, к изобретению дифракционной решетки. В 1875 г. американец Гопкинсон, рассматривая светящийся фонарь сквозь носовой платок, увидел систему темных полос, которые не изменяли своего положения при параллельном перемещении платка. Он сообщил о своем наблюдении американскому астроному Риттенхаузу. Последний повторил опыт Гопкинсона, усовершенствовал метод наблюдения данного явления и в конце концов сделал простейшую дифракционную решетку. Дифракционная решетка Риттенхауза состояла из волосков, натянутых на рамку прямоугольной формы из медной проволоки (до 190 волосков на дюйм). Риттенхауз наблюдал и изучал спектры, получаемые с помощью этой решетки, и установил их отличие от спектра, даваемого обычной призмой. Однако, будучи сторонником корпускулярной теории света, он не смог понять и правильно объяснить наблюдаемые явления. Он ограничился публикацией своих опытов в 1798 г. Работа Риттенхауза осталась незамеченной и была забыта¹⁾.

В начале XIX в. в поле зрения физиков попадают вопросы интерференции, дифракции и поляризации. Забытые, казалось, идеи волновой оптики возрождаются и вступают в борьбу с традиционными идеями корпускулярной теории света. В оптике происходит революция, закончившаяся победой волновой теории света. Борьбу за волновую теорию света начинает английский ученый Юнг.

¹⁾ Более подробно об исследованиях Риттенхауза см. в статье: Багабя И. Д. К истории дифракционной решетки. — УФН, т. 108, вып. 2, 1972, с. 335.

Врач по профессии, Томас Юнг (1773—1829) был разносторонне развитым человеком. Он занимался исследованиями в области математики, физики, механики, ботаники и т. д., обладал обширными знаниями в области литературы, был прекрасным музыкантом. Юнг занимался также исследованиями по истории (ему принадлежит серьезная заслуга в изучении и расшифровке египетских иероглифов). Его взгляды на физические явления отличались от взглядов большинства современников. Во многих вопросах он отходил от господствующих взглядов, основанных на представлениях о невесомых. Юнг был противником теории теплорода и считал, что теплота — движение частичек тела. Свет он рассматривал как колеблющееся движение частиц эфира. Юнг писал:



Томас Юнг

«Если теплота не есть субстанция, то она должна быть качеством; и это качество может быть только движением... Мнение Ньютона, что теплота состоит в мелких колебаниях частичек тел, может передаваться и через вакуум колебаниями упругого эфира, находится в согласии с явлениями света»¹⁾.

Юнг высказывал также идею о связи электрических и оптических явлений:

«Быстрая передача электрического удара показывает, что электрическая среда обладает столь большой упругостью, какую необходимо допустить для распространения света. Следует ли полагать, что электрический удар представляется тем же самым, что и световой, если подобная жидкость существует, — это, вероятно, удастся выяснить в будущем»²⁾.

Впервые в защиту волновой теории света Юнг выступил в 1799 г. Он критиковал корпускулярную теорию света и указывал на явления, которые нельзя объяснить с ее позиций. В частности, он отмечал трудности, имеющие место в этой теории, состоящие в объяснении одновременно явлений преломления и отражения на границе двух сред (почему одна световая частица отражается, а другая — проходит через границу раздела двух сред?). Или, говоря словами Ньютона, почему одна световая частица испытывает «приступы легкого отражения», а другая такая же частица — «приступы легкого преломления».

¹⁾ Young T. A. Course of Lectures on Natural Philosophy and the Mechanical Arts, a new edition. Vol. 1. London and Edinburgh, 1845, p. 502.

²⁾ Whittaker E. A. History of the Theories of Aether and Electricity. The Classical Theories, p. 100.

В статье, опубликованной в 1801 г., Юнг излагает открытый им принцип интерференции света. Сначала он обращает внимание на легко наблюдаемое явление интерференции водяных волн, а затем делает заключение, что это явление должно иметь место и для световых волн. Юнг пишет:

«Представим себе, что некоторое количество одинаковых водяных волн движется по поверхности гладкого озера с некоторой постоянной скоростью и попадает в узкий канал, выходящий из озера. Представим себе также, что под действием другой причины образовался такой же ряд волн, который, как и первый, доходит до этого канала с той же скоростью. Ни один из этих рядов волн не разрушит другого, а их действия соединятся. Если они вступают в канал так, что гребни одного ряда совпадают с гребнями другого, то образуется ряд волн с увеличенными гребнями. Но если гребни одного ряда будут соответствовать впадинам другого, то они в точности заполняют эти впадины и поверхность воды останется гладкой. Я полагаю, что подобные эффекты имеют место всякий раз, когда подобным образом смешиваются две части света. Это явление я называю общим законом интерференции света»¹⁾.

Принцип интерференции Юнг использует для объяснения цветных полос, наблюдаемых при интерференции света в тонких пластинках, рассматривая их появление как результат сложения волн, отраженных от двух их поверхностей. При этом он полагает, что белый свет содержит волны всевозможной длины. Единственное затруднение, которое встречает Юнг, заключается в объяснении, почему в центре колец Ньютона при наблюдении их в отраженном свете наблюдается темное пятно. Это заставляет Юнга предположить, что при отражении света от оптически более плотной среды теряется полволны. Не имея возможности обосновать это предположение, Юнг, однако, приводит соображения в его пользу.

Юнг поставил общеизвестный опыт, с помощью которого продемонстрировал явление интерференции света от двух источников. В экране прокалывают два маленьких отверстия на близком расстоянии друг от друга и освещают его солнечным светом, проходящим через отверстие в окне. За экраном помещают второй экран, на который падают два световых конуса, образовавшиеся за первым экраном. В том месте, где эти конусы перекрываются, на втором экране видны полосы интерференции. Если закрыть одно отверстие, то полосы пропадают, а на экране видны только дифракционные кольца. Измеряя расстояние между кольцами, Юнг определил длины волн для красного, фиолетового и некоторых других цветов.

Юнг рассмотрел некоторые случаи дифракции света. Появление дифракционных полос он объясняет интерференцией двух волн: прошедшей прямо и отраженной от края препятствия.

Исследования Юнга либо не принимали во внимание, либо подвергали критике. В 1803 г. в журнале «Edinbourg Review» появилась статья некоего Бругема, содержащая грубые и резкие нападки на работы Юнга. Таким образом, несмотря на то что работы Юнга

¹⁾ Whittaker E. A History of the Theories of Aether and Electricity. — The Classical Theories, p. 101—102.

содержали новые очень важные результаты, свидетельствующие в пользу волновой теории света, они не поколебали господствующую тогда корпускулярную теорию.

Вскоре было сделано новое открытие, которое, казалось, полностью укладывалось в рамки корпускулярной теории света и которое сразу было трудно объяснить с волновой точки зрения. Это открытие поляризации света.

В 1808 г. Французская академия предложила в качестве темы для исследования «дать математическую теорию двойного преломления и подтвердить ее экспериментально». Премия была присуждена французскому инженеру Малюсу (1775—1812), который открыл явление поляризации света при отражении. Как рассказывает Араго (современник Малюса)¹⁾, однажды, работая над предложенной академией темой, Малюс рассматривал через кристалл исландского шпата отражение заходящего солнца от стекла одного из окон Люксембургского дворца. При этом он заметил, что через кристалл иногда видно одно изображение солнца, а иногда два. Обнаружив это явление, он исследовал с помощью двоякопреломляющего кристалла свет разных источников, отраженный от поверхности воды или стекла. При этом и было открыто явление поляризации света при отражении. Малюс был сторонником корпускулярной теории света и свое открытие пытался объяснить с точки зрения этой теории. При этом он прямо следовал Ньютону, который еще в своей «Оптике» писал, что свет имеет «стороны».

Малюс полагал, что частицы света асимметричны и имеют как бы «полюсы». В обычном, естественном свете эти частицы ориентированы хаотично, в поляризованном же свете они принимают определенное положение. Основываясь на представлении о существовании у световых частиц «сторон» — «полюсов», Малюс и назвал такой свет поляризованным. Он писал:

«Я называю этим именем (поляризованным) световой луч, который при одинаковом угле падения на прозрачное тело обладает свойством или быть отраженным, или же уклониться от отражения, обратившись к телу другой его стороной; эти стороны или полюсы светового луча расположены всегда под прямым углом друг к другу»²⁾.

Открытие Малюса не способствовало признанию волновой теории света, которая на основании представлений об упругом эфире считала само собой разумеющимся, что световые волны являются продольными. В этом случае, конечно, никакого разумного объяснения явлению поляризации света волновая теория дать не могла. Это фактически признал Юнг, отказавшись первоначально дать сколько-нибудь удовлетворительное объяснение открытию Малюса. Однако Юнг отметил, что в ходе развития теории иногда при-

¹⁾ Араго Ф. Биографии знаменитых астрономов, физиков и геометров. Т. II, СПб., 1860.

²⁾ Розенбергер Ф. История физики. Ч. III, вып. I. М.—Л., 1929, с. 149.



Огюстен Френель

ходится идти вперед, оставляя отдельные вопросы нерешенными, в расчете, что они будут разъяснены дальнейшими исследованиями. Так обстоит, по его мнению, дело и с объяснением явления поляризации света волновой теорией.

Араго открыл в 1811 г. явление хроматической поляризации. Англичанин Брюстер установил существование двуосных кристаллов. Французский ученый Био обнаружил явление круговой поляризации и т. д. Можно было считать, что все эти открытия более или менее удовлетворительно укладываются в рамки корпускулярной теории. Однако объяснения указанных явлений с позиций этой теории становились все более и более искусственными. Приходилось применять все новые и новые

гипотезы и модели световых частиц, гипотезы о силах, действующих между ними и частицами веществ, и т. д. Создавшееся положение напоминало историю с теорией Птолемея в средние века, когда для объяснения видимого движения небесных тел приходилось дополнительно вводить гипотезы о новых эпициклах, эксцентриках и т. д.

В 1815 г. на арену борьбы с корпускулярной теорией выступил французский ученый Огюстен Френель (1788—1827). Френель родился в семье архитектора. В 1804 г. он поступил в Политехническую школу в Париже. В 1809 г. он был направлен на работу в провинцию в качестве инженера по прокладке и ремонту дорог.

Эта работа не пришлась по душе Френелю. В свободное время он занимается научными исследованиями. Постепенно его заинтересовали вопросы оптики. Однако у Френеля не было ни книг, ни приборов для научных исследований по оптике, он не был в курсе последних достижений в этой области физических наук. В письме 1814 г. он писал, что слышал об открытии поляризации света, но что это за явление, он еще не знает.

В период возвращения Наполеона с острова Эльбы Френель потерял свою должность и находился под надзором полиции; после изгнания Наполеона его не сразу восстанавливают в прежней должности. В это время Френель познакомился с Араго, который сообщил ему все новости в области оптических исследований. Занявшись исследованиями, Френель вскоре сделал ряд новых открытий и самостоятельно пришел к убеждению, что справедлива волновая теория света. Первые его открытия касались явлений интерференции и дифракции света. Френель исследовал кольца Ньютона, дифракцию от проволоки и т. д. Как и Юнг, он сначала считал, что

появление дифракционных полос — результат интерференции прошедшего и отраженного от краев препятствия света. Однако Френель с самого начала усовершенствовал метод измерений. В качестве источника света он использовал изображение солнца или свечи, даваемое короткофокусной линзой (маленьким стеклянным шариком или каплей меда). Для наблюдения дифракции и интерференции Френель сконструировал простейший окулярный микрометр, дававший возможность измерять расстояние между интерференционными или дифракционными полосами с точностью до десятых миллиметра. В микрометре Френеля можно наблюдать через лупу положение полос, образованных в ее фокальной плоскости. Расстояние между полосами измеряется по положению нити, помещенной в этой плоскости и передвигающейся при вращении микрометрического винта.

Исследуя кольца Ньютона и некоторые случаи дифракции, Френель также изучает интерференцию лучей света, отраженных от двух зеркал, расположенных под углом, близким к 180° (зеркал Френеля). Этот опыт исключал возможность объяснения интерференции влиянием краев экранов или отверстий. Френель писал:

«...чтобы устранить всякие представления о действии краев тела экрана или маленьких отверстий на образование и исчезновение внутренних каемок, я попробовал получить подобного рода полосы при помощи перекрещивания двух лучей, отраженных двумя зеркалами»¹⁾.

Как отмечалось выше, первоначально Френель, как и Юнг, полагал, что дифракционные полосы образуются в результате интерференции прямо проходящих волн от источника света и волн, отраженных от краев препятствий. Однако затем он отказался от такого объяснения, отмечая, что характер краев препятствий заметно влияет на положение дифракционных полос:

«...нить и обухок бритвы дают совершенно одинаковые каемки. Свет совершенно одинаковым образом расширяется, проходя как через маленькие отверстия в тонком слое китайской туши, которой покрыто стекло, так и через промежутки между двумя металлическими цилиндрами значительного диаметра»²⁾.

Поэтому Френель решил в основу теории дифракции положить принцип Гюйгенса, дополнив его принципом интерференции. Для объяснения явлений интерференции и дифракции Френель развил теорию, основанную на представлении о световых волнах, образующихся в эфире. Основные ее положения таковы. Молекулы светящихся тел находятся в колебательном движении. В результате этого они возбуждают в окружающем эфире сферические волны, ко-

¹⁾ Френель О. Избранные труды по оптике. М., Гостехиздат, 1955, с. 111.

²⁾ Там же, с. 118. Позже было показано, что объяснение Юнгом явлений дифракции интерференцией проходящих и отраженных от краев препятствий лучей света можно использовать для расчета дифракционной картины. Такой метод приводит к тем же результатам, что и метод, основанный на принципе Гюйгенса — Френеля, и даже в некоторых случаях более удобен (См.: М а л ю ж и н е ц Г. Д. Развитие представлений о явлениях дифракции.— УФН, 1959, с. 69, с. 321).

торые можно представить как последовательность простых монохроматических волн — цугов волн.

Колебания отдельных молекул не согласованы между собой, поэтому нельзя наблюдать интерференцию от двух различных источников света, т. е., говоря современным языком, иметь два различных светящихся источника, когерентных между собой. Интерференцию можно наблюдать для лучей, исходящих из одного и того же источника.

Процесс распространения световых волн происходит согласно принципу, установленному Гюйгенсом, при этом следует учитывать интерференцию, играющую важнейшую роль в законах распространения света, в том числе и в явлениях дифракции. В связи с этим принцип Гюйгенса нужно, как указывает Френель, формулировать следующим образом:

«...колебания световой волны в каждой из ее точек могут рассматриваться как сумма элементарных движений, которые были бы посланы в тот же момент всеми действующими изолированно частями этой волны, рассматриваемой в каком-либо из своих предыдущих положений»¹⁾.

Этот принцип, получивший название принципа Гюйгенса — Френеля, дает возможность рассчитывать картину дифракции для различных случаев. Для конкретного расчета картин дифракции Френель разработал два метода. Первый из них, простейший (метод зон Френеля), позволяет определить в простейших случаях положение дифракционных полос (максимумов или минимумов). Вторым методом заключается в аналитическом суммировании действий всех участков волнового фронта, с его помощью можно рассчитать не только положение дифракционных полос, но и распределение интенсивности света. Аналитический расчет в этом случае сводится к вычислению интегралов, получивших название интегралов Френеля.

Рассматривая принцип Гюйгенса, дополненный принципом интерференции, не просто как метод расчета, а как принцип, отражающий механизм распространения волн, Френель столкнулся с затруднением, которое заключалось в исключении так называемой обратной волны. Перед ним встал вопрос: почему элементарная сферическая волна, излучаемая точками поверхности волнового фронта, образует только бегущую вперед волну. Френель объяснил это тем, что, хотя «расширяющая сила стремится толкать молекулы во всех направлениях», тем не менее «их начальные скорости, направленные вперед, уничтожают те скорости, которые расширение стремится придать им в обратном направлении...». Таким образом по Френелю, хотя возмущение от каждой точки волнового фронта и стремится распространяться во все стороны, но впереди возмущения еще нет и, если можно так сказать, дорога свободна; сзади же возмущение уже пришло и действие от данной точки волнового фронта сводится к тому, чтобы его скомпенсировать. Здесь происходит нечто аналогичное тому, что имеет место при упругом ударе одного

¹⁾ Френель О. Избранные труды по оптике, с. 185.

шара о ряд шаров, когда отскакивает только передний шар, а остальные остаются в покое.

В связи с вопросом об обратной волне встал и более общий вопрос о зависимости интенсивности суммируемых в данной точке элементарных волн от угла между направлением на эту точку и нормалью к волновому фронту. Предполагалось, что интенсивность эта должна убывать с возрастанием угла, становясь равной нулю, когда этот угол равен 90° и больше (т. е. как раз для обратной волны). Френель отмечал, что эту зависимость найти трудно, но, к счастью, при решении конкретных задач ее не нужно знать, так как при суммировании действия элементарных волн получается, что нужно учитывать роль лишь тех лучей, направление которых совпадает или очень мало отличается от направления нормали к поверхности волнового фронта.

В 1818 г. Френель объединил все полученные результаты и изложил их в работе, представленной на конкурс, объявленный Французской Академией наук в 1817 г. Работу Френеля рассматривала специальная комиссия в составе Био, Араго, Лапласа, Гей-Люссака и Пуассона. Трое из них твердо придерживались корпускулярной теории и не могли испытывать симпатию к работе Френеля. Тем не менее изложенные результаты настолько хорошо соответствовали эксперименту, что просто отвергнуть данную работу было невозможно. Пуассон заметил, что из теории Френеля можно вывести следствие, противоречащее как будто бы здравому смыслу. Это следствие заключается в том, что в центре тени от круглого экрана должно наблюдаться светлое пятно. Эта «несообразность» была подтверждена на опыте, что произвело благоприятное впечатление на членов комиссии. В конце концов была признана правильность результатов теории Френеля и ему присудили премию. Однако теория Френеля еще не стала общепринятой и большинство физиков продолжало придерживаться старых взглядов, а если и отдавали ей должное, то только как чисто расчетной теории, ценность которой ограничивается разработанным математическим аппаратом, а не теории, которая выражает действительную природу света.

Отрицательное отношение к волновой теории света нельзя объяснить только влиянием старых традиций. Несмотря на большие успехи в объяснении явлений интерференции и дифракции, эта теория, во-первых, была далека от совершенства и не отличалась строгостью. Так, основа теории дифракции — принцип Гюйгенса — Френеля, не был достаточно обоснован и его применение вызвало критические замечания. Например, Пуассон считал рассуждения Френеля об отсутствии обратной волны, а также о зависимости интенсивности вторичных волн от направления неудовлетворительными. Во-вторых, и это главное, волновая теория света не объясняла явления поляризации и двойного лучепреломления. В связи с этим перед Френелем встал вопрос о том, как же можно построить теорию этих явлений, исходя из волновых представлений о природе света? Выход был один: высказать гипотезу о поперечности световых волн. Эта идея была для того времени очень смелой. Она возникла, веро-

ятно, одновременно и независимо друг от друга у Юнга и Френеля. Возникновение идеи о поперечности световых волн связано с открытием, сделанным Араго совместно с Френелем в 1816 г. Исследуя интерференцию поляризованных лучей, они обнаружили, что лучи, поляризованные в одной и той же плоскости, интерферируют обычным образом, тогда как лучи, поляризованные во взаимно перпендикулярных плоскостях, не дают картины интерференции. Этот результат никак нельзя было объяснить, исходя из представления о световых волнах как продольных волнах; он наталкивал на мысль о том, что эти волны должны быть поперечными. Юнг, высказав эту гипотезу, дальше ее не развивает. Френель же применил ее для построения теории поляризации и двойного лучепреломления. Согласно этой теории свет, испускаемый светящимся телом, не является поляризованным. Хотя каждая молекула тела излучает в каждый момент плоскополяризованный свет, но вследствие хаотичности движения каждой молекулы они колеблются в разных направлениях, причем направление колебаний каждой молекулы непрерывно изменяется в результате беспорядочных толчков, которые испытывает молекула нагретого тела. В результате волны, испускаемые молекулами светящегося тела, складываясь, дают одну волну, которая колеблется непрерывно и хаотично, меняя направление колебаний. Это и есть естественный свет. Поляризация света в кристалле заключается в разложении колебаний естественного света по двум взаимно перпендикулярным направлениям. Френель пишет:

«С этой точки зрения сам акт поляризации состоит не в создании этих поперечных движений, а в разложении их по двум перпендикулярным неизменным направлениям и в отделении составляющих друг от друга, поскольку в каждой из них колебательные движения будут происходить все время в одной плоскости»¹⁾.

Основываясь на изложенных представлениях, Френель легко объяснил ряд явлений и закономерностей, свойственных поляризованным лучам: закон Малюса, интерференцию этих лучей, круговую и эллиптическую поляризации и т. д. Затем Френель разработал теорию прохождения света через двоякопреломляющий кристалл, рассматривая распространение упругих поперечных колебаний в анизотропной среде, и пришел к важным результатам. Он получил, что в анизотропной среде могут распространяться волны, имеющие лишь совершенно определенное взаимно перпендикулярное направление колебаний; все остальные должны при входе в данную среду разделяться на две, так что они будут колебаться во взаимно перпендикулярных плоскостях. При этом если считать, что источник света находится внутри среды, то поверхность волнового фронта одной волной представляет собой сферу, а другой — эллипсоид, как это следует по теории Гюйгенса.

Работы по поляризации и двойному лучепреломлению Френеля, представленные в Академию наук в начале 20-х годов, были встре-

¹⁾ Френель О. Избранные труды по оптике, с. 314.

чены настороженно, как и предыдущие работы по интерференции и дифракции. Даже Араго, который уже встал на точку зрения волновой теории света, не решился защитить идею о поперечности световых волн. Уэввелль писал:

«Араго, вероятно, сразу принял бы мысль о поперечных вибрациях, когда она была высказана его товарищем Френелем, если бы ему первому не пришлось выдерживать нападения, которые делались на волнообразную теорию во время частых споров, происходивших в заседаниях Института, где Лаплас и другие руководящие члены так сильно противились волнообразной теории, что даже не могли спокойно выслушивать доводов в ее пользу»¹⁾.

Тем не менее результаты работ Френеля нельзя было не признать. Однако по-прежнему теоретические взгляды Френеля на природу света встречали возражения. Об идее поперечности световых волн очень осторожно высказалась также комиссия академии (в нее входили Араго, Ампер и Фурье), которая рассматривала работу Френеля «Мемуар о двойном преломлении», хотя по крайней мере двое из ее членов были уже сторонниками волновой теории света. В отзыве этой комиссии говорилось:

«...о теоретических идеях Френеля об особенном роде волновых движений, из которых, по его мнению, состоит свет, невозможно еще в настоящее время провести решительное суждение»²⁾.

Главным препятствием для торжества волновой теории света теперь была необходимость признания поперечности световых волн. Эфир представляли как упругую, очень тонкую жидкую среду, а в жидкой среде существуют только продольные волны; вопрос о возможности поперечных волн в упругой сплошной среде начинают рассматривать только в 20-х годах. Его изучение в определенной степени было связано с задачей построения механики светового эфира. Таким образом, и эти новые работы Френеля не привели к всеобщему изменению взглядов на природу света. Еще вплоть до начала 30-х годов вопрос о том, какая теория света справедлива, оставался открытым, и были физики, которые продолжали придерживаться старой теории. Так, например, английский физик Брюстер уже в 1833 г. писал:

«...я еще не решился преклонить колени перед новым алтарем (речь идет о волновой теории света. — Б. С.) и должен сознаться, что национальная слабость все еще побуждает меня чтить и поддерживать разрушающийся храм, который некогда был ареной деятельности Ньютона»³⁾.

Заключительным аккордом в этой борьбе можно считать результаты измерения скорости света в воде. Согласно корпускулярной теории, скорость света в оптически более плотной среде должна быть больше, чем в оптически менее плотной, а по волновой теории — наоборот. В 1849 г. Физо предложил метод измерения скоро-

¹⁾ Уэввелль В. История индуктивных наук. Т. II. СПб., 1867, с. 604.

²⁾ Там же, с. 606.

³⁾ Розенбергер Ф. История физики. Ч. III, вып. 1. М.—Л., 1929, с. 183.

сти света с помощью вращающегося колеса, а несколько позже подобный способ, в котором использовалось вращающееся зеркало, разработал Фуко. Метод Фуко позволял измерить скорость света в воде, что и было сделано в 1850 г. Фуко показал, что скорость света в воде меньше, чем в воздухе, что подтверждало волновую теорию света. Этот результат можно расценивать как *experimentum crucis* в вопросе о природе света. Правда, к этому времени приверженцев корпускулярной теории света практически не осталось.

§ 37. ДАЛЬНЕЙШЕЕ РАЗВИТИЕ ОПТИКИ

Рассматривая дальнейшее развитие оптики, следует отметить прежде всего успехи в исследовании интерференции и дифракции. Это было в значительной мере связано с задачей совершенствования оптических инструментов (зрительных труб, микроскопов, телескопов и т. д.), а также с развитием спектроскопии.

Отметим прежде всего исследования Фраунгофера, приведшие к изобретению дифракционной решетки и явившиеся началом спектральных исследований. Иозеф Фраунгофер (1787—1826), работая в оптической мастерской над усовершенствованием ахроматических объектов, столкнулся с проблемой измерения дисперсии света в стеклах. Для решения данной проблемы нужно было прежде всего установить меру для измерения спектральных участков, так как такие понятия, как красный, желтый и т. д. участки спектра, носят слишком субъективный характер. Решая эту задачу, Фраунгофер сконструировал простейший спектрометр, состоящий из теодолита со столиком, на котором была установлена призма из исследуемого стекла. Вращая теодолит, Фраунгофер мог измерять углы падения и преломления и по ним определять коэффициент преломления различных стекол для разных участков спектра. Первоначально он использовал следующий метод для фиксирования границ отдельных участков спектров. Он разделил весь видимый спектр на несколько участков разных цветов, начиная от красного и кончая фиолетовым. Чтобы преодолеть трудности в установлении границ этих участков, Фраунгофер поступил следующим образом.

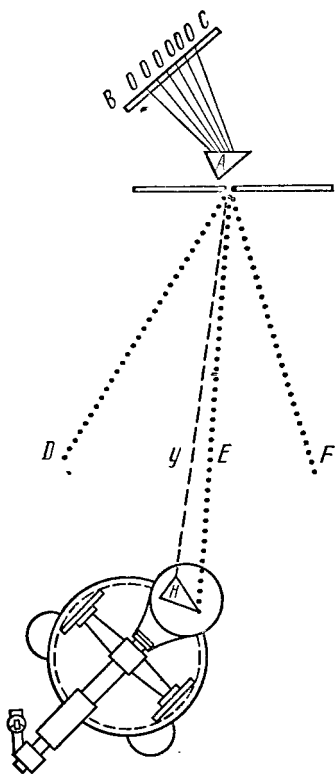


Рис. 46