

М. Борн

**Оптика. Учебник
электромагнитной теории
света**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
М11

М11 **М. Борн**
Оптика. Учебник электромагнитной теории света / М. Борн – М.: Книга
по Требованию, 2016. – 795 с.

ISBN 978-5-458-75674-7

ISBN 978-5-458-75674-7

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2016

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2016

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эта книга отличается от более старых изложений оптики тем, как она размежовывается с соседними областями физики. Традиционная классификация (механика, электричество и магнетизм, оптика, термодинамика, дополненная кинетической теорией материи и атомной физикой) пока, пожалуй, еще необходима для преподавания, но мало удовлетворительна для подразделений научных систем. Как электромагнитная теория, оптика уже давно является особой главой общего учения об электромагнитном поле. Можно при этом, конечно, не ограничиваться видимым светом, — напротив, следует расширить вверх и вниз область частот. Однако обычно волн Герца не включают в оптику; области коротких волн — рентгеновские и γ -лучи — обычно исключаются из рассмотрения или упоминаются слегка. Настоящая книга также следует этому обычаю. Раньше не считалось возможным выпускать из учебников по теории света оптику движущихся тел. Я счел это уже несвоевременным: этот предмет принадлежит к теории относительности, которая развилась в особую главу физики. Наиболее трудным является вопрос о спектрах. Ведь для большинства физиков-экспериментаторов методы оптики являются в настоящее время вспомогательным средством для исследования спектров и их носителей. Но, по моему мнению, закономерности в спектрах относятся все-таки не к учебнику по оптике, а к учебнику по атомной физике, которая и по объему, и по значению образует самостоятельную часть физики. Для оптики в узком смысле остается еще достаточно материала, как показывает объем этой книги, содержащей все то, что в оптике является понятным без привлечения квантовой теории. Ее цель — подвести читателя к проблемам, представляющим основное содержание квантовой атомной физики.

Изложение предполагает знание элементарной оптики и с самого начала базируется на точке зрения электромагнитной теории света. Оно неисторично, но это неизбежно, если не удлинять бесконечно изложение до современного этапа предмета. Об историческом развитии вкратце говорится в особом введении.

Я использовал существующие учебники и руководства, но по возможности справлялся по оригинальным работам. Во многих деталях в первой главе я следовал классическому учебнику

Друде, потому что всякое отклонение означало бы ухудшение. Книга Друде принадлежит к небольшому числу тех научных книг, которые, как истинные произведения искусства, никогда не могут устареть. По ее образцу я попытался изложить сильно возросший экспериментальный материал.

Литературные указания не являются полными — они имеют целью облегчить читателю навести справку в важнейшей литературе и помочь ему ориентироваться в журнальном хаосе. Если какое-либо сочинение не цитируется, то это не обязательно должно означать, что я его отношу к плохим.

Среди своих сотрудников, учеников и друзей я нашел много помощников. Наброски для некоторых отделов сделали: Dr. L. Nordheim — относительно абсорбирующих кристаллов (глава VI, § 69); Dr. W. Heitler — об объединении геометрических и волновых искажений изображений (глава IV, § 56); Dr. V. Weisskopf — о строгом обосновании закона Лорентц-Лоренца (глава VII, § 74); Dr. E. Teller — относительно Раман-эффекта (глава VII, § 82 и глава VIII, § 100). Prof. Dr. F. Reiche и Dr. Weisskopf взяли на себя труд полностью просмотреть главу по теории дисперсии (VIII). Точно также Dr. H. A. Stuart обогатил отделы об эффекте Керра и о рассеянии света весьма ценными дополнениями. Благодаря любезному содействию Prof. M. v. Rohr я получил прекрасный снимок дифракционных явлений у прямоугольной щели (§ 48, фиг. 88), изготовленный prof. dr. A. Köhler. Dr. G. Cario для этой книги заново заснял аномальную дисперсию в парах натрия по методу Вуда (§ 93, фиг. 216). Всем этим помогшим мне лицам я приношу глубокую благодарность.

Две первые главы я записал, основываясь на своих лекциях, уже много лет тому назад. В этом состоянии рукопись, пожалуй, и осталась бы, если бы мне не пришли на помощь два студента — H. Lieb и W. Werrper. Им я диктовал остальные шесть глав. Они не только с большим прилежанием следили за перепиской набело и за изготовлением фигур, не только занимались проверкой вычислений, но сыграли также роль объекта педагогического опыта. По их реакции я мог судить о том, достигает ли изложение желаемой степени понятности. Они оба также неустанно помогали при корректуре.

Весьма ценную помощь оказали мне также G. Rathenau и G. Pöschl при последнем просмотре рукописи и при корректуре; W. Lotma при последней корректуре; A. Weygandt, R. Bungers, F. Ворр изготовлением числовых таблиц и графиков кривых. Всем им приношу глубокую благодарность.

Издательство я должен поблагодарить за тщательное печатание и прекрасное оформление.

Макс Борн.

ВВЕДЕНИЕ. ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

Цель настоящей книги — дать систематический обзор обширной области теоретической оптики. При необычайном обилии материала не представляется возможным проделать это в историческом аспекте, с его бесчисленными окольными путями и уклонениями в сторону; мы будем, напротив, исходить из нынешнего состояния нашего знания и отсюда стараться выводить путем дедукции группы явлений. Это означает отказ от поучительного пути индукции, который, начиная с основных представлений, строит шаг за шагом систему понятий нашей науки. В качестве наилучшего дополнения к предлагаемой книге можно рекомендовать читателю изучение оригинальных работ; важнейшие из них мы будем называть в ходе нашего изложения. Краткий исторический обзор, предпосылаемый систематическому изложению, может служить для сопоставления отдельных открытий и имен выдающихся исследователей в их исторической связи.

Греческие натур-философы выдвигали гипотезы относительно сущности света, греческие математики уже занимались геометрической оптикой.

Основателем новой философии был, главным образом, Рене Декарт (René Descartes, 1596—1650), создавший представления о сущности света на основе своих метафизических идей¹. Однако твердую почву оптика получила впервые после того, как Галилео Галилеи (Galileo-Galilei, 1564—1642) показал могущество экспериментального метода, развивая механику. В то время, как закон отражения был известен еще грекам, закон преломления был найден в 1621 г. Снеллиусом (Snellius, 1591—1626) экспериментально². Декарт объяснил это явление, допустив, что свет состоит из выброшенных частиц (эмиссионная, или корпускулярная теория), имеющих в различных телах различную скорость. Другую, более глубокую формулировку дал Ферма (Pierre de Fermat, 1601—1665), выставив общий принцип, что „природа всегда придерживается кратчайшего пути“³; в силу этого свет распространяется всегда по пути, приводящему к цели в крат-

¹ R. Descartes, *Dioptriques, Météores*, Leyden, 1638; *Principia Philosophiae*, Amsterdam 1644.

² Снеллиус письменно сообщил о своем открытии другим исследователям, в том числе Декарту, который опубликовал его в своей „*Dioptriques*“.

³ *Oeuvres de Fermat*, т. 2, Paris (1894), стр. 354.

чайшее время; отсюда вытекает закон преломления, если предположить различные „сопротивления“ в различных телах. Этот принцип кратчайшего светового пути имеет большое философское значение благодаря своему телеологическому характеру, воспринятому в естественной науке как чужеродное тело и давшее повод для бесчисленных дискуссий.

Первое интерференционное явление — окрашивание тонких слоев — называемое в настоящее время также „ньютоновыми кольцами“, открыли, независимо друг от друга, Роберт Бойль (Robert Boyle, 1626—1691)¹ и Роберт Гук (Robert Hooke, 1635—1703)². Гук открыл также проникание света в область геометрической тени, дифракцию света; однако подобное наблюдение было сделано уже ранее Франческо Гримальди (Francesco Maria Grimaldi, 1618—1663)³. Гук первым высказал мнение, что свет состоит из быстрых колебаний, причем принял, что последние распространяются мгновенно на любое расстояние; на основе этих представлений он пытался разъяснить преломление и объяснить цвета. Основные свойства окрашенного света выяснились, однако, лишь тогда, когда в 1666 г. Ньютон (Isaac Newton, 1642—1727) открыл разложимость белого света призмой⁴ и установил, что каждый чистый цвет характеризуется определенной преломляемостью. Трудности, встречаемые волновой теорией при объяснении прямолинейного распространения света и (открытой Гюйгенсом)⁵ поляризации, казались Ньютону столь решающими, что он обратился к корпускулярной теории, которую и развил. В это время была впервые определена скорость света, выведенная 1675 г. Олафом Ремером (Olaf Römer, 1644—1710) из затмений спутников Юпитера. Истинным основателем волновой теории является Христиан Гюйгенс, (Christian Huygens, 1629—1695). Он считал носителем волн так называемый „световой эфир“, проникающий сквозь все тела, и высказал названный позднее его именем принцип, по которому каждую точку эфира, подвергшуюся световому возбуждению, можно рассматривать как центр новой сферической волны. Вторичные волны взаимодействуют тогда таким образом, что их огибающая поверхность определяет результирующий волновой фронт. Отсюда ему удалось вывести законы отражения и преломления, а затем объяснить открытое Бартолином (Erasmus Bartolinus, 1625—1698) двойное лучепреломление в известковом шпате при помощи предположения, что в кристалле, кроме сферической элементарной волны, распространяется также волна эллипсоидальная. Мы уже упоминали о сделанном при этом Гюйгенсом открытии явления

¹ Boyle's Works, т. I (1774) стр. 742.

² R. Hooke, Micrographia (1667) стр. 47.

³ F. M. Grimaldi, Physico-Mathesis de lumine, coloribus, et iride. Bologna, 1665.

⁴ I. Newton, Philos. Trans. Roy. Soc., London, №80 (1671/72), февр. 19; Optics, Newtoni Opera, стр. 385.

⁵ Chr. Huygens, Traité de la lumière (написано в 1678 г., опубликовано в 1690 г. в Лейдене).

поляризации, т. е. того факта, что каждый из двух лучей, возникших вследствие преломления в известковом шпате, при прохождении через второй кристалл может быть погашен простым поворотом последнего вокруг направления луча. Но объяснить это явление как „поперечность“ (трансверсальность) световых колебаний удалось не ему, а Ньютону — в 1717 г. Последний увидел в этом опять непреодолимое препятствие для принятия волновой теории, так как в то время волны могли представлять себе лишь как продольные.

Отказ от волновой теории такого авторитета, как Ньютон, преградил ей путь почти на сто лет. Однако она находила все же отдельных приверженцев, как например крупного математика Эйлера (Leonard Euler, 1707 — 1783)¹ (см. примечание в конце книги).

Только в начале XIX столетия последовали решающие открытия, повлекшие за собой победу волновой теории. Первым шагом было установление в 1801 г. Юнгом (Thomas Young, 1773 — 1829) принципа интерференции и основанное на нем объяснение цветов тонких пластинок². Однако эти, скорее качественные, представления Юнга не смогли завоевать общего признания.

В это время Малусом (Etienne Louis Malus, 1775 — 1812) была открыта поляризация света при отражении³; в 1808 г. он наблюдал однажды вечером через пластинку известкового шпата отраженное в окне изображение солнца и нашел, что яркость обоих изображений, возникающих при двойном лучепреломлении, заметно изменяется при вращении кристалла вокруг линии зрения. Однако Малюс отказался объяснить это явление, считая, что существующая теория не в состоянии сделать этого.

Корпускулярная теория была, между тем, разработана до последнего возможного предела Лапласом (Pierre Simon de Laplace 1749 — 1827) и Бю (Jean Baptiste Biot, 1774 — 1862). Сторонники ее предложили в качестве темы на большой конкурс Парижской академии 1818 г. проблему дифракции, ожидая, что обработка последней будет окончательным триумфом корпускулярной теории. Однако в этой надежде им пришлось разочароваться, потому что премированное, несмотря на все препятствия, конкурсное сочинение Френеля (Augustin Jean Fresnel, 1788 — 1827) основывалось на волновой теории⁴. Оно было началом серии работ, благодаря которым корпускулярная теория в несколько лет была совершенно изгнана. Идея конкурсной работы базировалась на объединении принципа Гюйгенса элементарных волн с принципом интерференции Юнга; исходя отсюда, Френелю не только удалось объяснить „прямолинейность рас-

¹ L. Euler, *Opuscula varii argumenti*; стр. 169, Berlin, 1746.

² Th. Young, *Philos. Trans. Roy. Soc., London*, 1802, стр. 12, 387; *Works* т. 1, стр. 202.

³ E. L. Malus, *Nouveau Bull. d. Sci. par la Soc. Philomatique*, т. 1 (1809), стр. 266; *Mémoires de la Soc. d' Arcueil*, т. 2 (1809).

⁴ A. Fresnel, *Ann. Chim. et Phys. (2)*, т. I (1816), стр. 239; *Oeuvres*, т. I, стр. 89, 129.

пространения", но также и малые отклонения от него, известные под именем явлений дифракции. Френель вычислил дифракцию у прямых краев, в случае малого отверстия и в случае малого экрана; особенное впечатление произвело экспериментальное подтверждение теоретического предсказания, что в центре тени малого круглого диска должно появляться светлое пятно. В том же 1818 г. Френель исследовал важную проблему влияния движения земли на распространение света; вопрос заключался в том, иначе ли ведет себя свет, исходящий от далеких звезд, нежели свет земных источников. Араго (Dominique François Arago, 1786—1853) установил экспериментально, что (исключая аберрацию) нельзя найти между ними какой-либо разницы; основываясь на этом, Френель развил свою теорию частичного увлечения светового эфира материей, которую Физо (Armand Hippolyte Louis Fizeau, 1819—1896) впервые удалось подтвердить непосредственным экспериментом. Вместе с Араго Френель исследовал интерференцию поляризованных лучей и нашел в 1816 г., что два перпендикулярно друг к другу поляризованные луча не интерферируют между собой ни при каких условиях. Этот факт был несовместим с предположением продольности волн, которая до того считалась само собой разумеющейся; Юнг, услышавший от Араго об этом открытии, нашел ключ к его разгадке в предположении поперечности колебаний.

Френель тотчас понял значение этой гипотезы, из которой он вывел многочисленные следствия, и старался ее глубже обосновать при помощи динамической теории¹. А именно, так как в жидкостях возможны лишь продольные колебания, то эфир должен быть аналогичным твердому телу; однако в то время еще не было теории упругих волн в твердом веществе. Вместо того чтобы развивать ее логически и затем выводить из нее оптические явления, Френель пошел индуктивным путем, стараясь вывести свойства эфира из наблюдений световых явлений. Необходимые законы распространения света в кристаллах были для Френеля исходным пунктом. Их объяснение и сведение их к нескольким простым предположениям относительно формы элементарных волн являются величайшим шедевром естественно-научного исследования. В 1832 г. Гамильтон (William Rowan Hamilton, 1805—1865)², имеющий серьезные заслуги в развитии оптики, указал на важное следствие построений Френеля — на так называемую коническую рефракцию, существование которой вскоре после этого было подтверждено экспериментально Ллойдом (Humphrey Lloyd, 1800—1881)³.

Френель дал также первые указания, как объяснить дисперсию путем привлечения молекулярной структуры тел⁴ — мысль, которую позже развил Коши (Cauchy).

¹ A. Fresnel, Oeuvres, т. 2, стр. 261, 479.

² W. R. Hamilton, Trans. Roy. Irish Acad., т. 17 (1833), стр. 1.

³ H. Lloyd, Trans. Roy. Irish Acad., т. 17 (1833), стр. 145.

⁴ A. Fresnel, Oeuvres, т. 2, стр. 438.

Динамические представления о механизме колебаний эфира привели Френеля к выводу названных (его именем) законов относительно интенсивности и поляризации, возникающих при отражении и преломлении лучей¹.

Работы Френеля дали волновой теории такую прочную базу, что казалось почти излишним предпринимать *experimentum crucis*. Последний, предложенный еще Араго, был выполнен в 1850 г. Леоном Фуко (Léon Foucault, 1819—1868). Именно, корпускулярная теория объясняет преломление как притяжение световых частиц, находящихся на границе двух сред, к среде, оптически более плотной, откуда следует большая скорость в такой среде; волновая теория, напротив, требует согласно принципу Гюйгенса в средах, оптически более плотных, соответственно меньших скоростей. Непосредственное измерение скорости света в воздухе и воде однозначно решило вопрос в пользу волновой теории.

Следующее десятилетие было посвящено созиданию учения об упругих колебаниях (см. примеч. 2 в конце текста) эфира. Первый шаг состоял в установлении теории упругости твердых тел. Навье (Claude Louis Marie Henry Navier, 1785—1836)² создал такую теорию на основе представления, что тела состоят из бесчисленного множества частиц (материальных точек, атомов), взаимодействующих между собой посредством центральных сил. Обычный в настоящее время вывод уравнений упругости на основе гипотезы непрерывности был дан Коши³ (Augustine Louis Cauchy, 1789—1857). В создании оптической теории участвовали затем Пуассон (Siméon Denis Poisson, 1781—1840)⁴, Грин (George Green, 1793—1841)⁵, Мак Келла (James MacCullagh, 1809—1847)⁶, Нейман (Franz Neumann, 1798—1895)⁷ и другие. В настоящее время рассматривать в отдельности все эти теории и связанные с ними трудности уже не стоит. Все эти трудности возникали из требования объяснить оптические явления из механических; от этой цели уже давным-давно отказались. Мы ограничимся следующим указанием: рассмотрим граничащие между собой два упругих твердых тела и примем, что в одном из них к плоскости раздела приходит поперечная волна; во второй среде она должна по законам механики обязательно разделяться на поперечную и продольную волны. Так как, однако, опытами Френеля и Араго продольные волны в оптике исключаются, то упругие продольные волны должны поглощаться, а между тем этого нельзя допустить, не нарушив законов механики, именно — граничных

¹ A. Fresnel, Oeuvres т. 1, стр. 767.

² C. L. M. H. Navier, Mém de l' Acad., т. 7, стр. 375 (представлено в 1821, опубликовано в 1827 г.).

³ A. L. Cauchy, Exercices de Mathématique, т. 3 (1828), стр. 160.

⁴ S. D. Poisson, Mém. de l' Acad., т. 8 (1828), стр. 623.

⁵ G. Green Trans. Cambr. Phil. Soc. 1838; Math. Papers, стр. 245.

⁶ I. MacCullagh, Philos. Mag. (3), т. 10 (1837), стр. 42, 382; Proc. Roy. Irish Acad., т. 18 (1837).

⁷ F. Neumann, Abh. Berl. Akad. Math. Kl. (1835), стр. 1.

условий для деформаций и напряжений. Различные теории названных выше авторов отличаются предположениями относительно граничных условий, которые всегда в чем-либо противоречат механике.

Простейшим возражением против изображения эфира как твердого тела является вопрос: как нужно себе представлять, что в такой среде могут двигаться без заметного сопротивления планеты с их большими скоростями? Стокс (George Gabriel Stokes, 1819—1903) думал, что эту трудность можно устранить ссылкой на чрезвычайную малость скоростей планет по сравнению со скоростями частиц эфира, имеющими место при световых колебаниях. Известно, что такие тела, как смола или сургуч, хотя они и способны быстро колебаться, однако оказываются весьма податливыми при медленной нагрузке. Теперь подобные дискуссии нам представляются излишними, так как мы не признаем уже более необходимости давать для всех процессов природы механическую картину.

Первый шаг по пути отказа от представления упругого эфира был сделан Мак-Келлогом¹. Он предложил среду со свойствами, не соответствующими свойствам обычных тел; именно, в то время как в последних при деформации элементов объема энергия накапливается, а при вращении — не накапливается, в эфире Мак-Келлога должно иметь место как раз обратное. Законы распространения волн в подобной среде оказываются в высокой степени сходными с уравнениями электромагнитных волн Максвелла, являющимися ныне основанием оптики.

Несмотря на все трудности, учение об упругом эфире сохранялось долгое время, и все выдающиеся физики XIX века способствовали его развитию. Кроме названных выше ученых, следует упомянуть еще Вильямса Томсона (лорда Кельвина) [William Thomson (Lord Kelvin), 1824—1908]², Карла Неймана (Carl Neumann 1832—1925)³, Струта (лорда Релей) [John William Strutt (Lord Rayleigh) 1842—1919]⁴, Кирхгофа (Gustav Kirchhoff 1824—1887)⁵. Оптика развивалась в это время во многих своих деталях, — однако основы ее оставались неудовлетворительными.

Между тем, в значительной степени независимо от оптики, развивалось учение об электричестве и магнетизме, достигшее кульминационной точки в открытиях Фарадея⁶ (Michael Faraday,

¹ MacCullagh, Trans. Roy. Irish. Acad., т. 21; Coll. Works, Dublin (1880) стр. 145.

² W. Thomson, Phil. Mag. (5) т. 26 (1888), стр. 414. Baltimore Lectures, London, 1904.

³ C. Neumann, Math. Ann., т. 1 (1869), стр. 325, т. 2 (1870), стр. 182.

⁴ J. W. Strutt (Lord Rayleigh), Philos. Mag. (4), т. 41 (1871), стр. 519, т. 42 (1871), стр. 81.

⁵ G. Kirchhoff, Berl. Abh. Abteil. 2 (1876), стр. 57; Ges. Abh., стр. 352; Berl. Ber. 1882, стр. 641; Pogg. Ann. Phys. u. Chem. (2), т. 18 (1883), стр. 663; Ges. Abh., Nachtrag, стр. 22.

⁶ M. Faraday, Experimental Researches in Electricity, London, 1839.

1791—1867). Максвеллу (James Clerk Maxwell, 1831—1879) удалось объединить все опытные данные в систему математических уравнений¹, откуда в качестве важнейшего следствия вытекает возможность существования электромагнитных волн, скорость которых на основании чисто электрических измерений Кольрауша и Вебера² (Rudolph Kohlrausch, 1809—1858; Wilhelm Weber, 1804—1890) была найдена равной скорости света. Это привело Максвелла к утверждению, что световые волны являются волнами электромагнитными. Непосредственное экспериментальное доказательство существования электромагнитных волн было осуществлено в 1888 г. Герцем³ (Heinrich Hertz, 1857—1894). Однако максвелловская электромагнитная теория света выдержала долгую борьбу, прежде чем она достигла неограниченного господства. Такова уж особенность человеческого ума — крайне неохотно отказываться от привычных представлений, в особенности если при этом приходится приносить в жертву наглядность. Даже сам Максвелл пытался сделать понятным свое электромагнитное поле при помощи механизма — стремление, сохранявшее силу еще долгое время. Только привычность максвелловских понятий заставила постепенно отказаться от этого желания „механического объяснения“. Теперь уже не составляет более никакой трудности представить себе максвелловское поле как сущность, не сводимую к простейшему. Электромагнитная теория должна объединять в одно целое совокупность результатов физических исследований (см. примечание 2 в конце книги).

Однако и электромагнитная теория света имеет границы своей применимости. Она в состоянии объяснить в основном все явления, относящиеся к распространению света, но она отказывается служить в случае процессов испускания и поглощения света. Речь идет о процессах, при которых следует рассматривать более тонкое взаимодействие материи со световым полем.

Законы этих процессов — основной предмет новейшей оптики да и всей современной физики. Их исходная точка лежит в открытии закономерных явлений в спектрах; первым шагом было отыскание Фраунгофером (Josef Fraunhofer, 1787—1826) темных линий в солнечном спектре⁴ (1814—1817), названных его именем, и (1831) истолкование их на основании наблюдений Бунзена (Robert Wilhelm Bunsen, 1811—1899) и Кирхгофа⁵, как линий поглощения (охлажденными газами, которые находятся перед внут-

¹ J. C. Maxwell, *Electricity and Magnetism*, Oxford, 1873.

² R. Kohlrausch, u. W. Weber *Pogg. Ann. Phys. u. Chem.* (2), т. 99 (1856), стр. 10.

³ H. Hertz, *Pogg. Ann. Phys. u. Chem.* (2) г. 34 (1888), стр. 551; *Berl. Ber.* 1888, стр. 197; *Werke*, т. 2, стр. 115.

⁴ J. Fraunhofer, *Gilberts Ann.*, т. 56 (1817), стр. 264. Вспомним, что до Фраунгофера еще в 1802 г. Воластон (W. H. Wollaston) наблюдал черные линии в солнечном спектре, но неверно их истолковал (*Philos. Trans. Roy. Soc., Lond.*, 1802), стр. 365.

⁵ R. Bunsen und G. Kirchhoff, *Untersuchungen über das Sonnenspektrum und die Spektren der chemischen Elemente*. Abh. Kgl. Akad. Wiss., Berlin, 1861, 1863.

ренной частью солнца, называемой солнечным телом, с ее непрерывным спектром). Это открытие было вместе с тем моментом рождения спектрального анализа, который основан на том факте, что каждому газообразному химическому элементу принадлежит характерный для него линейчатый спектр.

Изучение этих спектров представляет с тех пор вплоть до настоящего времени один из главных предметов физического исследования и, так как оно имеет своим объектом свет и в нем применяются оптические методы, то его обычно рассматривают, как часть учения о свете. Однако вопрос о том, как возникает и уничтожается свет в атомах, уже не является в сущности чисто оптическим, — он в равной мере относится и к механике самих атомов, а законы спектральных линий выявляют не столько характерные свойства света, сколько структуру излучающих частиц. Вся спектроскопия поэтому развилась в отдельную область, представляющую экспериментальное основание для атомной и молекулярной физики. Объем этой области и своеобразие применяющихся к ней методов делают невозможным ее изложение в настоящей книге.

Что касается методов, то было показано, что для описания атомных процессов обычная классическая механика оказывается недостаточной; ее место заняла квантовая теория, открытая в 1900 г. Планком (Max Planck, род. в 1858 г.). Применение ее к атомной структуре привело Бора (Niels Bohr, род. в 1885 г.) к выяснению простых законов линейчатых спектров газов (1913). Отсюда, а также из накопившихся наблюдений возникла современная квантовая механика [Гейзенберг (Heisenberg), Де-Бройль (de Broglie), Шредингер (Schrödinger), 1925]. Благодаря ей мы глубоко проникли в строение атомов и молекул¹.

Однако и на представление о самом свете квантовая механика также оказала воздействие. Уже в первоначальной формулировке Планка было утверждение, грубо противоречащее классическим представлениям, а именно утверждение о том, что колеблющаяся электрическая система отдает свою энергию электричес-

¹ Для более подробного изучения укажем на такие учебники как A. Sommerfeld, *Atombau und Spektrallinien*, 5 изд. Braunschweig, 1931 (Имеется русский перевод первой части. *Прим. перев.*); *Wellenmechanischer Ergänzungsband*, Braunschweig 1929. (Есть русский перевод. *Прим. перев.*); E. Bloch, *L'ancienne et la nouvelle théorie des quanta*, Paris, 1930; M. Born, *Vorlesungen über Atommechanik*, Berlin, 1925; M. Born und P. Jordan, *Elementare Quantenmechanik*, Berlin, 1930; E. Schrödinger, *Abhandlungen zur Wellenmechanik*, 2 изд. Leipzig, 1928; N. Heisenberg, *Die Physikalischen Prinzipien der Quantentheorie*, Leipzig, 1930. (Есть русский перевод. *Прим. перев.*); L. de Broglie, *Einführung in die Wellenmechanik*, Leipzig, 1929. (Есть русский перевод. *Прим. перев.*); J. Frenkel, *Einführung in die Wellenmechanik*, Berlin, 1929. (Есть русское издание 1 часть. *Прим. перев.*); A. March, *Die Grundlagen der Quantenmechanik*, Leipzig, 1931. (Есть русский перевод. *Прим. перев.*); P. A. M. Dirac, *Die Prinzipien der Quantenmechanik* (deutsch von W. Bloch), Leipzig, 1930. (Есть русский перевод. *Прим. перев.*); H. Weyl, *Gruppentheorie und Quantenmechanik*, 2 изд. Leipzig, 1931; E. Wigner, *Gruppentheorie und Atomspektren*, Braunschweig, 1931; B. L. van der Waerden, *Die gruppentheoretische Methode in der Quantenmechanik*, Berlin, 1932.