

же D_2 расщепляется на *шесть компонент*: две средние являются π -, а четыре крайние — σ -компонентами. Таким образом, весь дублет расщепляется на 10 линий. Наблюдаются и значительно более сложные картины расщепления мультиплетов. Такие расщепления называются *аномальным* или *сложным эффектом Зеемана*. Предпочтителен термин «сложный эффект», так как именно *сложный*, а не простой эффект является *правилом*, а не исключением.

Объяснение сложного эффекта Зеемана дала *квантовая теория*, да и то после того, как был открыт *спин* (т. е. собственный момент количества движения) и связанный с ним *магнитный момент электрона*. В случае синглетных спектральных линий квантовая теория приводит к тем же результатам, что и простая теория Лорентца. Мы вернемся ко всем этим вопросам в пятом томе нашего курса.

§ 93. Понятие об эффекте Штарка

Как было показано в § 91, однородное электрическое поле не меняет собственную частоту ω_0 гармонического осциллятора. Однако при учете ангармоничности такое изменение должно происходить. Если ограничиться линейными членами по внешнему полю E_0 , то оно будет выражаться формулой (91.1), из которой следует $\Delta\omega_0 = -\beta e E_0 / (m\omega_0^3)$. В этом приближении внешнее поле E_0 не вызывает расщепления спектральных линий, а только производит *небольшое смещение их в сторону*, пропорциональное напряженности поля E_0 . При учете членов высших степеней можно ожидать расщепления спектральных линий с расстояниями между компонентами, пропорциональными *квадрату поля E_0* , а именно

$$\delta\omega_0 \sim [e / (m\omega_0^3)] E_0^2.$$

На возможность такого расщепления указывал Фохт (1850—1919). Однако из-за экспериментальных трудностей ему не удалось наблюдать ожидаемое явление. Трудность состояла в том, что для наблюдения эффекта требуются электрические поля E_0 порядка 100 000 В/см. В обычных же газоразрядных трубках, излучающих узкие спектральные линии (например, водородной серии Бальмера), такие сильные поля создавать и поддерживать невозможно из-за *сильной ионизации газа в трубках*.

Штарк (1874—1957) в 1913 г. преодолел эту трудность, создавая сильное электрическое поле за катодом в узком зазоре (~ 1 мм) между F и K (рис. 315), в котором непрерывной откачкой поддерживался высокий вакуум, так что в этом зазоре практически не происходило ионизации частиц из-за столкновений между ними. Возбуждение свечения атомов газа происходило в другой части трубки, как в обычной газоразрядной трубке. Светящиеся атомы

(каналовые лучи) проникали через отверстия (каналы) в катоде и попадали в пространство между F и K , где и подвергались воздействию внешнего электрического поля.

С помощью такой установки Штарку удалось наблюдать расщепление спектральных линий в электрическом поле. Это явление было названо его именем. Оно оказалось совсем не похожим на то, что ожидал Фохт. Штарк исследовал расщепление спектральных линий водородной серии Бальмера. В видимой области спектра она содержит четыре линии: H_α ($\lambda = 656,285$ нм), H_β ($\lambda = 486,132$ нм), H_γ ($\lambda = 434,046$ нм), H_δ ($\lambda = 410,173$ нм). Расщепление в водороде, а также в случае всех одноэлектронных ионов оказалось пропорциональным не второй степени электрического поля, а первой, т. е. значительно более сильным. По этой причине такое расщепление стали называть *линейным эффектом Штарка*.

Картина расщепления оказалась довольно сложной и различной для различных спектральных линий. Каждая спектральная

линия водорода расщеплялась на несколько компонент. Для линии H_α было найдено расщепление на 16 компонент, для H_β на 20, для H_γ на 28 и для H_δ на 32 компоненты. В электрическом поле $E_0 = 104\,000$ В/см для расстояния между крайними компонентами Штарк нашел 2,3; 3,88; 5,88 и 7,5 нм для линий H_α , H_β , H_γ , H_δ соответственно. Эти расстояния довольно велики по сравнению с соответствующими расстояниями между крайними компонентами простого триплетта Зеемана. (В поле $B = 104\,000$ Гс для указанных линий зеемановские расщепления составляли бы соответственно 0,42; 0,23; 0,18 и 0,16 нм.)

При наблюдении поперек поля E_0 компоненты *поляризованы линейно*, причем часть из них является π -компонентами (у которых электрическое поле параллельно внешнему полю E_0), а часть σ -компонентами (у которых электрическое поле перпендикулярно к внешнему полю E_0). При наблюдении вдоль поля E_0 π -компоненты не появляются, а σ -компоненты *не поляризованы*. Более сильные π -компоненты в общем случае лежат снаружи, а более сильные σ -компоненты — внутри. Расщепление и поляризация у водорода по обе стороны от первоначальной линии симметричны; у других атомов часто встречается несимметричное расположение. Расстояния (в шкале частот) компонент от первоначальной линии оказались кратными наименьшему возможному расстоянию между

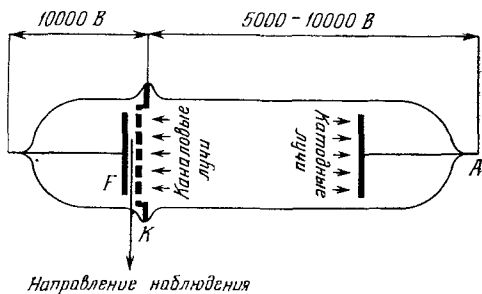


Рис. 315.

компонентами, причем опыты показали, что последнее одно и то же для всех линий бальмеровской серии водорода. В сильных полях (превосходящих примерно 100 000 В/см) были обнаружены отступления от линейной зависимости между расщеплением и напряженностью внешнего поля E_0 . Линии атомов или ионов, содержащих *более одного электрона*, дают не линейный, а *квадратичный эффект Штарка*, в котором расщепление пропорционально *квадрату электрического поля E_0* .

Классическая теория не дает объяснения эффекта Штарка, как и всякого явления, связанного с излучением и поглощением спектральных линий. Его теория — существенно квантовая и не может быть изложена в этом томе.

§ 94. Вращение плоскости поляризации

1. Если линейно поляризованный свет проходит через плоскопараллельный слой вещества, то в некоторых случаях плоскость поляризации света оказывается повернутой относительно своего исходного положения. Это явление называется *вращением плоскости поляризации* или *оптической активностью*. Если вещество не находится во внешнем магнитном поле, то оптическая активность и вращение плоскости поляризации называются *естественными*. В противоположном случае говорят о *магнитном вращении плоскости поляризации* или *эффекте Фарадея*.

Естественная активность была открыта в 1811 г. Араго на пластинках кварца, вырезанных перпендикулярно к оптической оси. В 1815 г. Био подробно исследовал это явление, а также обнаруженное им вращение плоскости поляризации в растворах сахара. Затем естественное вращение плоскости поляризации было найдено у многих других тел. К концу прошлого века число известных естественно-активных веществ превышало 700. Теперь их известно гораздо больше, хотя для большинства веществ, где обнаружено это явление, оно выражено очень слабо.

Для наблюдения явления можно установить на оптической скамье два скрещенных николя. Такая система не пропускает свет. Однако, если между николями ввести пластинку кварца, вырезанную перпендикулярно к оптической оси, или слой какого-либо другого оптически активного вещества, то свет через систему будет проходить. Но его можно погасить вращением одного из николей. Отсюда следует, что после прохождения через активное вещество свет остается линейно поляризованным, но его плоскость поляризации оказывается повернутой. Для успеха опыта падающий свет, если он белый, необходимо монохроматизировать, пропустив его через светофильтр, так как *угол поворота плоскости поляризации зависит от длины волны*. Кварц — одноосный кристалл. В описанном опыте свет распространяется вдоль оптической оси, когда кварц