

Распределение энергии в спектральных сериях.

L. Vegard. Lichterzeugung in Glimmlicht und Kanal-Strahlen. Ann. d'Phys. 39, p. 111, 1912.

J. Holstmark. Versuche über die Lichterregung durch Kathodenstrahlen in Wasserstoff. Phys. ZS. 15, p. 605. 1914.

R. Beatty. Energy Distribution in Spectra. Phil. Mag. Vol. 33, p. 49. 1917.

P. Foote and W. Meggers. Atomic Theorie and Low Voltage Arcs in Caesium Vapour. Phil. Mag. Vol. 40, p. 80. 1920.

В настоящее время, в виду продолжающейся разработки теории Бohr'a, изучение распределения энергии в спектральных сериях необходимо как для подтверждения теории, так и для уяснения физического смысла ее деталей.

Вопрос о распределении энергии в линейчатых спектрах давно уже интересовал физиков. Первыми исследователями по данному вопросу были: *Lockyer, Vogel, Angström, Langenbach, Pflüger* и др. Из их работ следовало, что закон распределения энергии в спектре абсолютно черного тела до известной степени применим и к линейчатым спектрам. Следует только сравнивать линии одной и той же серии с соответственными местами в спектре черного тела при известной температуре. Главной причиной линейчатых спектров считалась высокая температура газа.

Так как с течением времени все более стала выясняться роль химических ионных процессов в излучении газа, то вопрос о распределении энергии стал усложняться. Прежде, чем говорить о распределении, необходимо тщательно проконтролировать все условия, при которых происходит излучение. Прежде всего следовало выяснить влияние электрического напряжения и давления в газе, ибо от этих двух величин зависит значение кинетической энергии электрона в момент ионизирующего столкновения. Из работ *Vegard'a* над свечением в каналовых лучах и работы *Holstmark'a* над свечением в катодных лучах выяснилось, что величина электрического напряжения в разрядной трубке не влияет на распределение энергии, при изменении же давления распределения энергии несколько изменяется. При уменьшении давления интенсивность коротких длин волн увеличивалась на 10%, больше, чем интенсивность длинных волн. Объяснений этих фактов *Vegard* и *Holstmark* не дали.

В 1917 году появилась по данному вопросу более обширная работа *Beatty*, который исследовал распределение энергии в линиях Бальмеровской серии H_α , H_β , H_γ , возбуждаемых в гейслеровой трубке при различной силе тока и различном давлении. *Beatty* дал абсолютные значения энергии данных линий, пользуясь фотоэлементом, соединенным с электрометром. Предварительно происходила градуировка показаний при освещении фотоэлемента источником известного распределения энергии.

Главнейшие результаты работы *Beatty* таковы.

Максимум энергии приходится на линию H_α . Отношение интенсивностей для линий H_γ , H_β , H_α , $\frac{H_\beta}{H_\alpha}$, $\frac{H_\gamma}{H_\alpha}$, $\frac{H_\gamma}{H_\beta}$ остается постоянным при давлениях выше 3 мм. Если же давление ниже 3 мм., то отношения $\frac{H_\beta}{H_\alpha}$, $\frac{H_\gamma}{H_\alpha}$, $\frac{H_\gamma}{H_\beta}$ увеличивается до 2-х и более раз. В виду того, что независимость распределения энергии от напряжения электрического поля была ранее установлена опытами *Vegard'a* и *Holstmark'a*, *Beatty* объясняет обнаруженное им изменение интенсивностей спектральных линий следующим образом.

По теории *Bohr'a* линии H_{α} , H_{β} , H_{γ} , излучаются при перескоках электрона на внутреннее кольцо с различных внешних орбит. Радиусы этих орбит увеличиваются с уменьшением длины волны излучаемой спектральной линии. Поэтому атом, излучающий линии H_{α} , H_{β} , H_{γ} , имеет различный диаметр и различную длину свободного пути между двумя столкновениями. Так как интерференция света наблюдается при разности хода лучей до 1.000.000 и более волн, то, следовательно, квант излучается не мгновенно, и, по мнению *Beatty*, если промежуток времени между двумя столкновениями меньше того промежутка, в течение которого квант может излучаться, то излучается только часть кванта $h\nu$, остальная же часть переходит в энергию другой частоты. Если обозначить квант через S_1 , свободный пробег излучающего атома через λ_1 , пробег, на протяжении которого квант успел бы целиком излучиться через f_1 , то по *Beatty* количество излученной энергии атомом между двумя столкновениями можно приблизительно положить равным

$S_1 \frac{\lambda_1}{f_1}$, для другой частоты $S_2 \frac{\lambda_2}{f_2}$; отношение интенсивностей

$$\frac{H_{\alpha}}{H_{\beta}} = S_1 \frac{\lambda_1}{f_1} : S_2 \frac{\lambda_2}{f_2}.$$

Так как величины S_1 , S_2 , f_1 , f_2 , — постоянны, то изменение $\frac{H_{\alpha}}{H_{\beta}}$ зависит только от $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$. В виду того, что λ_1 и λ_2 изменяются обратно пропорцио-

нально давлению, отношение их $\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ не зависит от давления; следовательно и

$\frac{H_{\alpha}}{H_{\beta}}$ не зависит от давления, что и наблюдалось при давлениях выше 3 мм.

При давлениях же более низких λ_1 больше или равно f_1 , т.е. квант успевает излучиться между двумя столкновениями, поэтому $\frac{H_{\alpha}}{H_{\beta}}$ теперь уже за-

висит только от λ_1 . При дальнейшем понижении давления энергия H_{α} остается неизменной, энергия же H_{β} увеличивается, $\frac{H_{\beta}}{H_{\alpha}}$ увеличивается,

пока, наконец, λ_2 будет равно f_2 . Когда будет достигнуто такое давление, $\frac{H_{\beta}}{H_{\alpha}}$ достигает максимума и при дальнейшем понижении давления $\frac{H_{\beta}}{H_{\alpha}}$ уже не

изменяется. В подтверждение этого *Beatty* ссылается на опыты *Vegard'a*, работавшего с очень низкими давлениями, где изменение отношения энергии

$\frac{H_{\beta}}{H_{\alpha}}$ было очень небольшое. Вычисляя, сколько правильных колебаний H_{α}

может излучить атом при мм. в промежуток между двумя столкновениями, *Beatty*, получает число 8.10^5 , близкое к данным из опытов дан интерференцией света.

Интересно отметить, что *Beatty*, исходя из основ теории *Bohr'a*, не получает кванта излучения при высоких давлениях в газе. Следует также обратить внимание, что у *Beatty* электрон излучает квант на первоначальной орбите, а затем уже перескакивает на соответствующую внутреннюю. *Beatty* совершенно не касается вопроса, какова вероятность нахождения электрона на той или иной первоначальной орбите и связанная с этим вероятность того или иного перескока.

К этому вопросу значительно ближе подошли *Foot* и *Meggers* в 1920 г. Их работа носит название „Атомная теория и дуа при низком потенциале в парах цезия“. *Foot* и *Meggers* различают атомы возбужденные и невозбужденные в излучении. В невозбужденном атоме электрон находится на самой внутренней *Bohr'*овской орбите. Если обозначить главную спектральную серию

$1,5S-pm$, то можно эту внутреннюю орбиту обозначить через $1,5S$. Под влиянием внешнего толчка электрон выбрасывается с этой орбиты на какую-либо внешнюю. Атом приходит в возбужденное состояние, ибо при обратном перескоке электрона он излучает энергию. Если кинетическая энергия ударяющегося об атом электрона соответствует ионизационному потенциалу, то электрон в атоме выбрасывается с внутренней орбиты в бесконечность. Если же кинетическая энергия соответствует резонансному потенциалу, то электрон с внутренней устойчивой орбиты выбрасывается на ближайшую к ней внешнюю орбиту. При обратном перескоке электрона получается так называемое резонансное излучение. Если же кинетическая энергия ударяющегося электрона занимает некоторое промежуточное значение между вышеуказанными значениями, то при ударе электрон выбрасывается из внутренней орбиты не на ближайшую резонансную, но на какую-либо иную, лежащую дальше от центра. Затем совершается обратный перескок электрона на внутреннюю орбиту, причем излучается соответствующая частота. Но теперь вместо одного обратного перескока может получиться несколько последовательных перескоков, которые происходят оттого, что электрон не сразу перескочит на внутреннюю орбиту, но перескакивает последовательно с одной из возможных орбит на другую, пока не достигнет окончательной внутренней орбиты. При этих условиях атом способен излучать несколько частот. Количество энергии, приходящееся на линию известной частоты, зависит от вероятности при данных условиях соответствующего перескока. Если данные условия таковы, что максимум энергии ударяющегося электрона равняется резонансному потенциалу, то может появиться в спектре только одна резонансная линия (однолинейный спектр). Если же кинетическая энергия сталкивающегося электрона будет увеличиваться, то должны появляться в спектре новые спектральные линии в известном порядке, который можно определить, зная число и расположение квантовых орбит между внутренней и соответствующей данному потенциалу внешней орбитой.

Для своего исследования *Foot* и *Meggers* берут цезий, ибо у него главная и побочная спектральные серии лежат в таком участке спектра, который легко можно фотографировать на специально сенсibilизированных пластинках. Поток электронов выходил из раскаленного катода. Между катодом и анодом создавалось электрическое поле известного напряжения. На пути к аноду электроны, ударяясь при встрече с атомами цезия, возбуждали их к свечению. При низком потенциале $1,5\text{ V}$ (резонансный потенциал) *Foot* и *Meggers* рассчитывали получить спектр, состоящий из одной резонансной линии, в данном случае первого дублета главной серии $8541, 8943$. Это подтвердилось на опыте. При постоянном приближении от несколько большего потенциала к резонансному *Foot* и *Meggers* нашли, что отношение интенсивности вышеуказанного дублета главной серии к интенсивности других линий постепенно приближается к бесконечности. Таким образом, в пределе при $1,5\text{ V}$ существует только однолинейный спектр. При высшем же потенциале появляются новые спектральные линии, интенсивность же первого дублета ослабевает в виду того, что некоторые электроны, которые при сравнительно медленной скорости давали лишь начало серии $1,5S-2p$, теперь производят более сложный сериальный спектр, и те линии серии $1,5\text{ }m\text{ }p$, для которых $m > 2$, возбуждаются за счет уменьшения интенсивности линии $1,5S-2p$. Выше известного вольтажа интенсивность линии, отнесенная к определенному числу электронов, достигающих анода, получает некоторое определенное значение, в согласии с теорией квантов, которая требует, чтобы число излучаемых квантов было пропорционально числу столкновений и, следовательно, числу присутствующих электронов.

† Н. Метелкин.