Число дисперсионных электронов по квантовой теории.

R. Ladenburg. Die quantentheoretische Deutung der Zahl der Dispersionselektronen. Zeitschr. f. Phys. 4, p. 451, 1921.

Автор рассматривает то толкование, какое с точки зрения новых квантовых представлений получает дисперсионная постоянная $\mathfrak{N}$, определяющая по классической электронной теории, где она имеет значение числа колеблющихся электронов в единице объема, ход целого ряда оптических явлений, как поглощение, излучение, аномальная дисперсия, магнитное вращение.

С этой целью он, с одной стороны, образует, следуя Planck'у, выражение для энергии излучаемой в секунду колеблющимися электронами, находящимися в равновесии со своим излучением (энергии поглощаемой). Это выражение имеет вид

$$J_1 = A_1 = \frac{\pi e^2}{m} \mathfrak{N} u_0$$

где u_0—плотность излучения, $\mathfrak{N}$—число электронов.

С другой стороны, он пользуется тем рассмотрением процессов квантового испускания и поглощения, которое, в самых общих исходных предположениях, было дано Einstein'ом (Phys. Zeitschr. 18, p. 121, 1917).

Эти общие представления о процессах молекулярного лучеиспускания следующие: молекулы, находящиеся в поле своего излучения, могут принимать только дискретный ряд состояний, характеризуемых значениями энергии E_1, E_2 . . . . . При тепловом равновесии с излучением распределение молекул по значениям энергии будет каноническим, отсюда отношение числа молекул в состоянии k к числу мелекул в состоянии i будет

$$\frac{N_k}{Ni} = \frac{G_k}{G_i} \frac{e^{-E_k/kT}}{e^{-E_i/kT}},$$

где G_i, независящая от T постоянная, означает статистический „вес" состояния i. Далее, возможны следующие внутримолекулярные процессы:

1) самопроизвольный переход молекулы из (k) в (i) $(E_k > E_i)$, характеризуемый вероятностью a_{ki};

2) тот же переход, но под влиянием присутствующего поля излучения — вероятность $b_{ki}\ u_{ik}$, где u_{ik} плотность рассматриваемого монохроматического излучения частоты ν_{ik};

3) переход из (i) в (k) — вероятность $b_{ik}\ u_{ik}$.

Первые два процесса дают испускание, последний—поглощение. Отсюда, полагая, при температурном равновесии, равенство числа элементарных процессов 1) и 2) числу процессов 3) происходящих за 1 времени, Einste in получил формулу:

$$u_{ik} = \frac{a_{ki}/b_{ki}}{e^{\frac{E_k - E_i}{kT}} - 1},$$

сравнение которой с формулой Planck'a дает:

$$\frac{a_{ki}}{b_{ki}} = \frac{8\pi h}{c^3}\nu_{ik}^3 \quad \text{и} \quad E_k - E_i = h\,\nu_{ik}.$$

Пользуясь этими результатами Einstein'a, автор непосредственно получает выражение для всей излученной в секунду монохроматической энергии, равной при равновесии поглощенной:

$$J_2 = A_2 = N_i\,\frac{g_k}{g_i}\,a_{ki}\,\frac{c^3}{8\pi\ \nu_{ik}^2}\,u_{ik}.$$

Приравнивая выражение J_2 выражению J_1, автор получает такую связь экспериментально определяемой постоянной $\mathfrak{N}$ с постоянными характеризующими квантовые процессы ($u_{ik} = u_o$):

$$\mathfrak{N} = N_i\,\frac{g_k}{g_i}\,a_{ki}\,\frac{m\ c^3}{8\pi^2\ e^2\ \nu_{ik}^2}.$$

Дальнейшая часть статьи состоит в применении полученного толкования экспериментально определявшейся ранее константы $\mathfrak{N}$ для оценки различных вероятностей, определяющих атомное лучеиспускание и поглощение, хотя правомерность такого перенесения результатов, полученных для равновесного теплового излучения, на процессы газового испускания и поглощения в обычной экспериментальной обстановке представляется сомнительной.

Результаты этих рассмотрений следующие:

В атомах щелочных металлов средняя продолжительность существования исходного состояния 2 P (измеряемая, как $\frac{1}{a_{ki}}$) приблизительно равна $\frac{3m\ c^3}{8\pi^2\ e^2\ \nu^2}$, т.-е. времени затухания классического резонатора частоты, соответствующей переходу 1 S—2 P (1-й член главной серии).

Убывание $\mathfrak{N}$ вдоль серии означает убывание вероятности a_{ki}, т.-е. вероятности самопроизвольного распада исходного состояния (с переходом в одно и то же данное). Автор ставит это в связь с возрастанием вдоль по серии числа возможных путей распада исходного состояния, на-ряду с данным путем, приводящим к испусканию члена серии.

Установленное экспериментально отношение $\frac{\mathfrak{N}_{D_2}}{\mathfrak{N}_{D_1}} = 2$ для дублета D натрия означает, что состояние 2 P_2 в 2 раза вероятнее состояния и соответственно чаще имеет место.

А. Теренин.