

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, образуя, следуя Планк'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 $E_1, E_2, \dots$. При тепловом равновесии с излучением распределение молекул по значениям энергии будет каноническим, отсюда отношение числа молекул в состоянии k к числу молекул в состоянии i будет

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

где G_i , независимая 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, Einstein 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:

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

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

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

Дальнейшая часть статьи состоит в применении полученного толкования экспериментально определявшейся ранее константы $\mathcal{N}$ 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 $2P$ (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 $1S - 2P$ (1-й член главной серии).

Убывание $\mathcal{N}$ 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, наряду с данным путем, приводящим к испусканию члена серии.

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

А. Теренин.