

# Описание излучения энергии в классической электродинамике

как квантовый эффект

Якубовский Е.Г.

e-mail [yakubovski@rambler.ru](mailto:yakubovski@rambler.ru)

Излучение в классической электродинамике основано на чисто классическом описании ускоренного движения электрона. Покажем, что его можно свести к квантовому излучению электрона в атоме с большим главным квантовым числом.

Волновая функция электрона в атоме при большом квантовом числе описывается по формуле

$$\begin{aligned} \psi &= \left(\frac{2r}{n}\right)^l L_{n+1}^{2l+1} \left(\frac{2r}{n}\right) \exp(-r/n) P_l(\cos \theta) = \\ &= \left(\frac{n}{2r}\right)^{3/4} \left[ \cos(2r/\sqrt{n} - l\pi - \frac{3\pi}{4}) + O(1/\sqrt{n}) \right] \cos \sqrt{\frac{2}{\pi l \sin \theta}} \cos[(l+1/2)\theta - \pi/4] \end{aligned}$$

При изменении квантового числа на единицу, излученная энергия и импульс

равны

$$\Delta E_n = \frac{m_e e^4}{\hbar^2 n^3} = \frac{m_e c^2}{137^2 n^3} = \int \frac{E^2 + H^2}{8\pi c^2} d^3 x, \Delta p_k = \frac{m_e c n_k}{137 n^3} = \int \frac{[E, H]_k}{4\pi c} d^3 x.$$

Свободные электроны постоянно переходят на высокие уровни энергии, так как для этого требуется малый импульс и энергия. При наличии колеблющегося электрона он входит в резонанс с частотой  $\omega = 2c/a_0 \sqrt{n}$  собственных колебаний электрона на почти нулевом уровне энергии. Величина квантового числа равна  $n = [2c/(a_0 \omega)]^2$ . При этом излучается

электромагнитное поле с длиной волны  $\lambda = a_0 \sqrt{n}/2 = c/\omega$  и энергии

$$\Delta E_\omega = \frac{m_e e^4}{\hbar^2} \frac{dn}{dV} \left(\frac{a_0 \omega}{2c}\right)^6 = \frac{E^2 + H^2}{8\pi}; n \gg 1; E = \left(\frac{a_0 \omega}{2c}\right)^3 \sqrt{\frac{8\pi(1-\alpha)m_e e^4}{\hbar^2} \frac{dn}{dV}}. \quad \text{Считаем,}$$

напряженность электрического равной  $1-\alpha$  от полной плотности энергии.

Напряженность электромагнитного поля пропорциональна корню из энергии,

т.е. при малых частотах напряженность электромагнитного поля

пропорциональна третьей степени частоты, что соответствует минимальной зависимости от частоты напряженности электромагнитного поля. Квант энергии излучения равен константе  $\hbar\omega = \frac{m_e e^4}{\hbar^2 n^3}$ . Количество квантов излученной энергии пропорционально 5 степени частоты. Такой член имеется в зависимости напряжения от частоты.