



Рассеянный свет

Рис. 3

диполи), должны рассеиваться сильнее длинных – да еще в четвертой степени (см. точечную кривую на рисунке 3).

Ясно также, почему Солнце кажется красным на закате: в это время его лучи проходят в атмосфере самый длинный путь, и из них отсеиваются во все стороны именно голубые лучи, что относительно обогащает красную часть спектра.

Но продолжим рассуждения о структуре волны, излучаемой ускоренно движущимся зарядом.

4) Векторные линии магнитного поля \vec{B} имеют вид окружностей в плоскостях, перпендикулярных направлению движения заряда, а поскольку векторы \vec{B} , \vec{c} и \vec{E} образуют *правую тройку* (электромагнитная волна *поперечная*), то вектор \vec{E} должен быть направлен по касательной к сфере радиусом r . Все это и показано на рисунке 2.

Все, что мы наговорили до сих пор, дает возможность заключить, что излучаемая мощность может быть записана в виде $W \sim q^2 x''^2$. А там, где появляется кулон в квадрате, в СИ всегда появляется множитель $1/(4\pi\epsilon_0)$, имеющий размерность м/Ф. Но ведь Кл²/Ф = Дж (вспомним хотя бы формулу для энергии конденсатора), а размерность W должна быть Вт = Дж/с. Следовательно, нужно еще разделить на куб скорости... чего? конечно же, света. Итак,

$$W \sim \frac{q^2 x''^2}{4\pi\epsilon_0 c^3}.$$

Точная формула

$$W = -\frac{2}{3} \frac{q^2 x''^2}{4\pi\epsilon_0 c^3} \quad (*)$$

не намного отличается от полученного нами выражения (знак минус указывает на убыль энергии).

Но что же это получается? Электроны в атомах движутся вокруг ядер ускоренно (вспомним, что движение по окружности – ускоренное), значит, согласно изложенным представлениям классической физики, они должны излучать энергию и в конце концов упасть на ядра? Оценим время

такого падения. Сумма кинетической и потенциальной энергий электрона на круговой орбите радиусом a равна

$$E = \frac{m_e v^2}{2} - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a}$$

(здесь предполагается простейший случай атома водорода: m_e – масса электрона, e – его заряд). Учитывая, что сила Кулона сообщает электрону центростремительное ускорение:

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a^2} = m_e \frac{v^2}{a},$$

найдем

$$E = -\frac{1}{2} \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 a}.$$

Разделив эту начальную (до излучения) суммарную энергию E на скорость ее потерь W , получим оценку времени излучения τ . Будем считать, что излучение происходит за много периодов колебаний, и осредним выражение (*) по времени. Используем известный факт: $\langle \cos^2 \omega t \rangle = 1/2$. Тогда

$$\tau \sim \frac{E}{W} \sim \frac{1}{\omega^4} \left(\frac{c}{a}\right)^3 = \left(\frac{\lambda}{2\pi}\right)^4 \frac{1}{a^3 c}.$$

Подставим сюда характерные величины: длину волны, соответствующую максимуму солнечного спектра $\lambda_m = 0,55$ мкм (кстати, это зеленый свет, так что не случайно Солнце относится к спектральному классу зеленых звезд), и радиус орбиты a порядка 1 Å (эта величина и введена специально для измерения атомарных размеров). В результате получим

$$\tau \sim \frac{(5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м})^4}{(2\pi)^4 \cdot (10^{-10} \text{ м})^3 \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}} \approx 0,2 \cdot 10^{-6} \text{ с}.$$

Значит, за доли микросекунды электроны должны были бы упасть на ядра, и наш мир перестал бы существовать!?

Но тут на помощь пришла квантовая теория: она разрешила электронам долго «жить» на избранных орбитах (подобно тому, как заботливое жилищное управление разрешает квартиросъемщикам спать на этажах, а не на лестничных маршах). Однако, это уже другая история...

И Н Ф О Р М А Ц И Я

Внимание руководителей школ и других образовательных учреждений, учителей физики и старшеклассников!

XXV Всероссийский турнир юных физиков (ТЮФ) будет проходить в городе Екатеринбурге в Специализированном учебно-научном центре Уральского государственного университета с 17 по 22 марта 2003 года. Для участия в турнире необходимо подготовить решения задач, условия которых можно получить в одном из локальных оргкомитетов ТЮФа:

Екатеринбург, Специализированный учебно-научный центр Уральского государственного университета, Инише-

ва Ольга Викторовна – заместитель директора СУНЦ УрГУ по научной работе, тел.: (3432) 410659, факс: (3432) 412468, e-mail: inicheva@lyceum.usu.ru;

Москва, Специализированный учебно-научный центр Московского государственного университета, Лобышев Валентин Иванович – заведующий кафедрой физики СУНЦ МГУ, тел.: (095) 4455306, e-mail: lob@school.phys.su.