

УДК 537.531

DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-2-5

МОДЕЛЬ ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ТАНГЕНЦИАЛЬНОМ И НОРМАЛЬНОМ УСКОРЕНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОВ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

Попов И.П.

Аннотация: Считается, что электрический заряд, движущийся по круговой траектории, т.е. с центростремительным (нормальным) ускорением, необходимо должен излучать фотоны. Цель работы состоит в установлении условий излучения электрического заряда, исходя из существенных отличий между его тангенциальным и центростремительным ускорениями. Материалы и методы. Исходным пунктом является достоверное утверждение. С ним выполняется ряд математически корректных преобразований. Следовательно, результат является необходимо достоверным. Из того обстоятельства, что электромагнитное излучение уносит энергию следует, что энергия излучающей системы при излучении изменяется. С этим связано следующее общеизвестное правило: изменение энергии равно совершенной работе. Результаты исследования могут использоваться при построении теоретических моделей явлений и процессов, а также учитываться в технических приложениях.

Ключевые слова: излучение, заряд, тангенциальное ускорение, нормальное ускорение, энергия, работа, фотон, спин.

Введение

Считается, что электрический заряд, движущийся по круговой траектории, т.е. с центростремительным ускорением, необходимо должен излучать электромагнитные волны. Это распространяется, в т.ч., на циклотронное излучение.

Цель работы состоит в установлении условий излучения электрического заряда, исходя из существенных отличий между его тангенциальным и центростремительным ускорениями.

Актуальность работы определяется широким использованием устройств, генерирующих электромагнитное излучение за счет ускорения электрических зарядов, в том числе, рентгеновских установок и магнетронов.

Методика. Исходным пунктом является достоверное утверждение. С ним выполняется ряд математически корректных преобразований. Следовательно, результат является необходимо достоверным.

Условие излучения заряда

Электромагнитное излучение уносит энергию [1-5]. Из этого следует, что энергия излучающей системы при излучении изменяется. С этим связано

Правило (общеизвестное). Изменение энергии равно совершенной работе $dE = dA$.

Работа равна $dA = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s}$.

Теорема 1. Тангенциально ускоренный заряд *излучает* электромагнитные волны.

Доказательство.

Пусть

$$\mathbf{F} = F \frac{\mathbf{s}}{s},$$

тогда

$$dA = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} = F \frac{s}{s} \cdot ds = F ds = dE \neq 0.$$

Теорема доказана.

Теорема 2. Нормально ускоренный заряд *не излучает* электромагнитные волны.

Доказательство.

Пусть

$$\mathbf{F} = F \frac{\mathbf{r}}{r}, \quad \mathbf{r} \perp \mathbf{s},$$

тогда

$$dA = \mathbf{F} \cdot d\mathbf{s} = F \frac{\mathbf{r}}{r} \cdot d\mathbf{s} = 0.$$

Теорема доказана.

Теорема 2 формализует общеизвестное в механике обстоятельство, заключающееся в том, что центробежная сила работы не совершает (поскольку скалярное произведение ортогональных векторов необходимо равно нулю).

О динамике заряда

Доказательства теорем 1 и 2 выполнены в терминах сил. Для инертных тел переход к терминам ускорений осуществляется в соответствии со вторым законом Ньютона. Для электрических зарядов подобный переход возможен с учетом выражения

$$m_e = k \frac{e^2 \mu_0}{b}, \quad (1)$$

где m_e – масса электрона, e – его заряд, μ_0 – магнитная постоянная, b – величина, имеющая размерность длины, k – безразмерный коэффициент [6].

Теорема 3. Электрический заряд удовлетворяет второму закону Ньютона.

Доказательство.

Пусть электрон движется в направлении \mathbf{s} со скоростью

$$\mathbf{v} = v \frac{\mathbf{s}}{s}.$$

Выражение (1), строго говоря, не предполагает какой-то конкретной геометрической формы электрона, при этом оно позволяет временно формально представить его в виде эквивалентной безмассовой заряженной сферы радиуса $k_1 b$. Здесь k_1 – коэффициент пропорциональности, который при дальнейшем рассмотрении определяется однозначно.

Энергия электростатического поля равномерно заряженной сферы радиуса $k_1 b$ и зарядом e определяется выражением:

$$W_\varepsilon = \frac{1}{2} \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 k_1 b}. \quad (2)$$

Поскольку заряженная сфера поступательно движется, имеет место магнитное поле, напряженность которого равна

$$\mathbf{H} = \frac{1}{\mu_0 c^2} [\mathbf{v}, \mathbf{E}],$$

где \mathbf{E} – напряженность электрического поля. Энергии электрического и магнитного полей соотносятся следующим образом.

$$dW_\varepsilon = \frac{\varepsilon_0 E^2}{2} dV = \frac{E^2}{2c^2 \mu_0} dV,$$

$$dW_\mu = \frac{\mu_0 H^2}{2} dV = \frac{\mu_0}{2} \left\{ \frac{1}{\mu_0 c^2} [\mathbf{v}, \mathbf{E}] \right\}^2 dV = k_2 \frac{E^2 v^2}{2\mu_0 c^4} dV = k_2 dW_\varepsilon \frac{v^2}{c^2},$$

где k_2 – коэффициент пропорциональности, обусловленный пространственной конфигурацией магнитного поля.

С учетом (2), получим

$$W_\mu = k_2 W_\varepsilon \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{2} \frac{k_2 e^2 v^2}{4\pi\varepsilon_0 k_1 b c^2} = k \frac{e^2 \mu_0 v^2}{2b}.$$

Соответствующим образом подбирая k_1 , можно добиться равенства

$$k = \frac{k_2}{4\pi k_1}.$$

Сила является градиентом энергии [7, 8]:

$$\mathbf{F} = \frac{dW_\mu}{d\mathbf{r}} = k \frac{e^2 \mu_0}{2b} \frac{d(v^2)}{d\mathbf{r}} = k \frac{e^2 \mu_0}{b} \mathbf{v} \frac{d\mathbf{v}}{d\mathbf{r}} = k \frac{e^2 \mu_0}{b} \mathbf{v} \frac{\frac{dv}{dt}}{\frac{d\mathbf{r}}{dt}} = k \frac{e^2 \mu_0}{b} \mathbf{v} \frac{1}{v} \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2} = k \frac{e^2 \mu_0}{b} \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2}.$$

С учетом (1), получим

$$\mathbf{F} = m_e \frac{d^2 \mathbf{r}}{dt^2}.$$

Теорема доказана.

Теорема 3 позволяет перейти к терминам ускорений в теоремах 1 и 2.

О спине фотона

При переходе водородоподобного атома из одного стационарного состояния в другое орбитальный момент импульса меняется [9]. Разницу приписывают фотону и называют спином фотона.

Теорема 4. Спин фотона равен нулю.

Доказательство.

Дифференциал энергии вращательного движения для инерционного объекта в общем случае имеет вид:

$$dE = J \frac{d\omega}{dt} d\phi = J\omega d\omega = Ld\omega.$$

Для безынерционного фотона дифференциальная форма записи не имеет смысла (поскольку для него $E(\omega)$ негладкая функция), поэтому аналог предыдущего выражения для него имеет вид:

$$\Delta E = L_p \Delta\omega.$$

При этом $\Delta\omega = \omega$, $L_p = \hbar$.

Полная энергия фотона равна

$$E = h\nu + \Delta E = h\nu + \hbar\omega = h\nu + 2\pi\hbar \frac{\omega}{2\pi} = h\nu + h\nu = 2h\nu,$$

т.е. в два раза больше энергии, выделяемой атомом при излучении, что противоречит закону сохранения энергии. Из этого следует, что $\Delta E = 0$.

Теорема доказана.

Замечание. Дефект момента импульса атома при излучении без труда можно приписать ядру атома и даже электрону [10]. В последнем случае переориентация спина электрона как раз равняется

$$\hbar \cdot \left(\frac{\hbar}{2} - \left(-\frac{\hbar}{2} \right) = \hbar \right).$$

Заключение

Считается, что магнетронное излучение происходит в результате нормального ускорения зарядов, а фотоны имеют спин.

Это и есть парадигмы, о которых шла речь в методике. Эти парадигмы противоречат необходимо достоверным результатам – теоремам 2 и 4. Следовательно, они (парадигмы) недостоверны. В этом нет ничего плохого и даже странного. История науки говорит о том, что все научные парадигмы со временем признаются недостоверными.

В свете теорем 1 и 2 причину магнетронного излучения следует искать в тангенциальном ускорении, обусловленном кулоновскими взаимодействиями зарядов пучка.

Никто не сомневался, что тангенциальное ускорение электрического заряда приводит к излучению электромагнитных волн. Вот только укоренившееся обобщение феномена излучения на ускорение «вообще», в т.ч. нормальное ускорение заряда, неправомочно.

Парадоксальность ситуации состоит в том, что теоремы 1 и 2 не выглядят сенсационными.

Результаты исследования могут использоваться при построении теоретических моделей явлений и процессов, а также учитываться в технических приложениях.

Список использованных источников

1. Попов, И.П. Фиксация скорости радиоволн / И.П. Попов // Двойные технологии. – 2019. – № 1 (86). – С. 68-70.
2. Попов, И.П. Девиация воспринимаемой частоты сферической волны / И.П. Попов // Двойные технологии. – 2020. – № 3 (92). – С. 83-86.
3. Попов, И.П. Математический подход при установлении скорости распространения радиосигнала / И.П. Попов // Журн. Сиб. федер. ун-та. Техника и технологии. – 2020. – 13(3). – С. 284-288. DOI: 10.17516/1999-494X-0221.
4. Попов, И.П. Определение расстояния до источника сферической волны / И.П. Попов // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – 2019. – № 3. – С. 39-42.
5. Попов, И.П. Девиация частоты сферической волны / И.П. Попов // Радиотехнические и телекоммуникационные системы. – 2019. – № 3(35). – С. 72-76.
6. Попов, И.П. Сведение постоянной Планка к классическим фундаментальным константам / И.П. Попов // Вестник Удмуртского университета. Физика и химия. – 2014. – Вып. 3. – С. 51-54.
7. Попов, И.П. Скалярная и векторная производные векторных полей и их приложение к задачам механики / И.П. Попов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2017. – Т. 5. – № 1. – С. 2-7.
8. Попов, И.П. Об одном способе восстановления функции по ее градиенту / И.П. Попов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2018. – Т.6. – №1. – С. 8-11. DOI: 10.18503/2306-2053-2018-6-1-8-11.
9. Павлов, В.Д. Магнитный поток и его квантование / И.П. Попов // Известия Уфимского научного центра РАН. – 2020. – № 4. – С. 25-28. DOI 10.31040/2222-8349-2020-0-4-25-28.
10. Попов, И.П. Размер электрона с учетом спина // Инженерная физика. – 2016. – № 9. – С. 45-46.

Материал поступил в редакцию: 01.02.2021

Материал принят к публикации: 26.09.2021

INFORMATION ABOUT THE PAPER IN ENGLISH

RADIATION AT TANGENTIAL AND NORMAL ACCELERATION OF ELECTRIC CHARGES IN EXPERIMENTAL TECHNOLOGY

Popov I.P.

Abstract. It is believed that an electric charge moving along a circular path, i.e. with centripetal (normal) acceleration, you must emit photons. The purpose of the work is to establish the conditions for the radiation of an electric charge, based on significant differences between its tangential and centripetal accelerations. Materials and methods. The starting point is a credible statement. A number of mathematically correct transformations are performed with it. Therefore, the result is necessarily reliable. From the fact that electromagnetic radiation carries away energy, it follows that the energy of the radiating system changes during radiation. Associated with this is the following well-known rule: the change in energy is equal to the perfect work. The research results can be used in the construction of theoretical models of phenomena and processes, as well as taken into account in technical applications.

Keywords: radiation, charge, tangential acceleration, normal acceleration, energy, work, photon, spin.

References

1. Popov I.P. (2019) *Dvojny`e tekhnologii*, 1 (86) : 68-70.
2. Popov I.P. (2020) *Dvojny`e tekhnologii*, 3 (92) : 83-86.
3. Popov I.P. (2020) *Zhurn. Sib. feder. un-ta. Tekhnika i tekhnologii*, 13(3) : 284-288.
4. Popov I.P. (2019) *Oboronny`j kompleks – nauchno-tekhnicheskomu progressu Rossii*, 3 : 39-42.
5. Popov I.P. (2019) *Radiotekhnicheskie i telekommunikaczionnye sistemy*, 3(35) : 72-76.
6. Popov I.P. (2014) *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Fizika i khimiya*, 3 : 51-54.
7. Popov I.P. (2017) *Matematicheskoe i programmnnoe obespechenie sistem v promyshlennoj i soczialnoj sferakh*, 5 : 2-7.
8. Popov I.P. (2018) *Matematicheskoe i programmnnoe obespechenie sistem v promyshlennoj i soczialnoj sferakh*, 6 : 8-11.
9. Pavlov V.D. (2020) *Izvestiya Ufimskogo nauchnogo czentra RAN*, 4 : 25-28.
10. Popov I.P. (2016) *Inzhenernaya fizika*, 9 : 45-46.

ОБ АВТОРАХ:

Попов Игорь Павлович – старший преподаватель кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» Курганского государственного университета. Email: ip.popov@yandex.ru.

ОБРАЗЕЦ ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Попов, И.П. Модель излучения при тангенциальном и нормальном ускорении электрических зарядов в экспериментальной технике / И.П. Попов // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. – 2021. – Т.9. – № 2. – С. 2-5. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-2-5.

Popov I.P. (2021) Radiation at tangential and normal acceleration of electric charges in experimental technology. Software of systems in the industrial and social fields. 9 (2): 2-5. DOI: 10.18503/2306-2053-2021-9-2-2-5.