

УДК 537.531

DOI: 10.31040/2222-8349-2021-0-4-5-8

## ЭНЕРГЕТИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЗАРЯДА И ЕЕ СЛЕДСТВИЯ

© В.Д. Павлов

Считается, что электрический заряд, движущийся по круговой траектории, т.е. с центростремительным ускорением, 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. Исходным пунктом является достоверное утверждение. С ним выполняется ряд математически корректных преобразований. Следовательно, результат является необходимо достоверным. Печальный опыт показывает, что для многих специалистов эта логика недоступна. В случае, если такой необходимо достоверный результат противоречит существующей парадигме, предпочтение практически всегда отдается парадигме, невзирая на убедительность доказательств. Это обстоятельство является почти непреодолимым препятствием получения нового знания. Ведь если оно не противоречит парадигме, то оно не новое, и ценности никакой не представляет. Электромагнитное излучение уносит энергию. Из этого следует, что энергия излучающей системы при излучении изменяется. С этим связано общеизвестное правило: изменение энергии равно совершенной работе. Доказаны четыре теоремы. Теорема 1. Тангенциально ускоренный заряд *излучает* электромагнитные волны. Теорема 2. Нормально ускоренный заряд не излучает электромагнитные волны. Теорема 2 формализует общеизвестное в механике обстоятельство, заключающееся в том, что центростремительная сила работы не совершает (поскольку скалярное произведение ортогональных векторов необходимо равно нулю). Теорема 3. Электрический заряд удовлетворяет второму закону Ньютона. При переходе водородоподобного атома из одного стационарного состояния в другое орбитальный момент импульса меняется. Разницу приписывают фотону и называют спином фотона. Теорема 4. Спин фотона равен нулю. Дефект момента импульса атома при излучении без труда можно приписать ядру атома и даже электрону.

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 [1].

*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 [2, 3].

**Методика.** Исходным пунктом является *достоверное* утверждение. С ним выполняется

ряд математически *корректных* преобразований. Следовательно, результат является *необходимо достоверным*.

Печальный опыт показывает, что для многих специалистов эта логика недоступна. В случае, если такой *необходимо достоверный* результат противоречит существующей парадигме, предпочтение практически всегда отдается парадигме, невзирая на убедительность доказательств. Это обстоятельство является почти непреодолимым препятствием для получения нового знания. Ведь если оно не противоречит парадигме, то оно не новое, и ценности никакой не представляет.

Остается лишь надеяться, что в данном конкретном случае произойдет исключение из правил и *необходимо достоверный* результат будет признан таковым.

**Условие излучения заряда**

Электромагнитное излучение уносит энергию [4–6].

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

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

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 центростремительная 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,  $\mu_0$  – магнитная постоянная,  $b$  – величина, имеющая размерность длины,  $k$  – безразмерный коэффициент [7].

**Теорема 3.** Электрический заряд удовлетворяет второму закону Ньютона.

*Доказательство.*

Пусть электрон движется в направлении  $\mathbf{s}$  со скоростью  $\mathbf{v} = v\mathbf{s}/s$ .

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:

$$W_\epsilon = \frac{1}{2} \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 k_1 b}. \quad (2)$$

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.

$$dW_\epsilon = \frac{\epsilon_0 E^2}{2} dV = \frac{E^2}{2c^2 \mu_0} dV,$$

$$dW_\mu = \frac{\mu_0 H^2}{2} dV =$$

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

$$= k_2 \frac{E^2 v^2}{2\mu_0 c^4} dV = k_2 dW_\epsilon \frac{v^2}{c^2},$$

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

С учетом (2)

$$W_\mu = k_2 W_\epsilon \frac{v^2}{c^2} = \frac{1}{2} \frac{k_2 e^2 v^2}{4\pi\epsilon_0 k_1 b c^2} = k \frac{e^2 \mu_0 v^2}{2b}.$$

Соответствующим образом подбирая  $k_1$ , можно добиться равенства

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

Сила является градиентом энергии

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

С учетом (1)

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

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 [8]. 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:

$$dE = J \frac{d\omega}{dt} d\varphi = J \omega d\omega = L d\omega.$$

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

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

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. В последнем случае переориентация спина электрона как раз равняется  $\hbar$  ( $\hbar/2 - (-\hbar/2) = \hbar$ ).

**Заключение.** Считается, что магнетронное излучение происходит в результате нормально-го 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 являются недостоверными**.

В свете теорем 1 и 2 причину магнетронного излучения следует искать в тангенциальном ускорении, обусловленном кулоновскими взаимодействиями зарядов пучка [9].

Никто не сомневался, что тангенциальное ускорение электрического заряда приводит к излучению электромагнитных волн [10]. Вот только укоренившееся обобщение феномена излучения на ускорение «вообще», в т.ч. нормальное ускорение заряда, неправомерно.

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.

### Литература

1. Исатова А.Т., Тетерев Ю.Г., Кабытаева Р.К., Митрофанов С.В., Калагин И.В. Методика и результаты измерений амплитуды в.ч.-напряжения на дуантах циклотронов ЛЯР ОИЯИ по краю спектра тормозного излучения // Приборы и техника эксперимента. 2020. № 1. С. 5–9. DOI: 10.31857/S0032816220010152
2. Шарипов Г.Л., Абдрахманов А.М. Радиохемиллюминесценция, индуцированная рентгеновским облучением в водных растворах бипиридинных комплексов RU(II) и RU(III) // Известия Уфимского научного центра РАН. 2019. № 4. С. 16–23.
3. Файзуллин М.Г., Галеев Р.В., Мамлеев А.Х. Микроволновая спектроскопия в Уфе // Известия Уфимского научного центра РАН. 2014. № 4. С. 24–37.
4. Злобина И.В. Влияние СВЧ электромагнитного поля на твердость армированного волокнами углепластика с распределенной в поверхностном слое молниезащитной сеткой // Известия Уфимского научного центра РАН. 2020. № 4. С. 5–11. DOI: 10.31040/2222-8349-2020-0-4-5-11
5. Злобина И.В. Исследование влияния схемы воздействия СВЧ электромагнитного поля на твердость отвержденного углепластика с нанесенной на поверхность молниезащитной сеткой // Известия Уфимского научного центра РАН. 2020. № 4. С. 12–18. DOI: 10.31040/2222-8349-2020-0-4-12-18
6. Никитин В.Ф., Смирнов Н.Н., Смирнова М.Н., Тюренкова В.В. Принципы защиты электронных устройств от СВЧ-излучения // Вестник кибернетики. 2015. № 3. С. 73–83.
7. Попов И.П. Сведение постоянной Планка к классическим фундаментальным константам // Вест-

ник Удмуртского университета. Физика и химия. 2014; (3):51–54.

8. Павлов В.Д. Магнитный поток и его квантование // Известия Уфимского научного центра РАН. 2020. № 4. С. 25–28. DOI 10.31040/2222-8349-2020-04-25-28

9. Ахметьянов Р.Ф., Шиховцева Е.С. Т-матричные элементы рассеяния для кулоновских систем взаимодействия // Известия Уфимского научного центра РАН. 2018. № 3. С. 22–27.

10. Шацкий А.А., Новиков И.Д., Липатова Л.Н. Спектр релятивистского излучения электрических зарядов и диполей при их свободном падении в черную дыру // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 2013. Т. 143, № 6. С. 1048-1055.

### References

1. Isatova A.T., Teterev Yu.G., Kabytayeva R.K., Mitrofanov S.V., Kalagin I.V. Technique and results of measurements of the RF voltage amplitude at the dees of the FLNR JINR cyclotrons along the edge of the bremsstrahlung spectrum. Pribory i tekhnika eksperimenta, 2020, no. 1, pp. 5–9. DOI: 10.31857/S0032816220010152

2. Sharipov G.L., Abdrakhmanov A.M. Radiochemiluminescence induced by X-ray irradiation in aqueous solutions of bipyridyl complexes RU (II) and RU (III). Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2019, no. 4, pp. 16–23.

3. Faizullin M.G., Galeev R.V., Mamleev A.Kh. Microwave spectroscopy in Ufa. Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2014, no. 4, pp. 24–37.

4. Zlobina I.V. Influence of a microwave electromagnetic field on the hardness of fiber-reinforced plastic with a lightning protection mesh distributed in the surface layer. Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2020, no. 4, pp. 5–11. DOI: 10.31040/2222-8349-2020-04-5-11

5. Zlobina I.V. Investigation of the influence of the scheme of exposure to a microwave electromagnetic field on the hardness of cured carbon fiber reinforced plastic with a lightning protection mesh applied to the surface. Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2020, no. 4, pp. 12–18. DOI: 10.31040/2222-8349-2020-04-12-18

6. Nikitin V.F., Smirnov N.N., Smirnova M.N., Tyurenkova V.V. Principles of protection of electronic devices from microwave radiation. Vestnik kibernetiki, 2015, no. 3, pp. 73–83.

7. Popov I.P. Reduction of Planck's constant to classical fundamental constants. Vestnik Udmurtskogo universiteta. Fizika i khimiya, 2014, no. 3, pp. 51–54.

8. Pavlov V.D. Magnetic flux and its quantization. Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2020, no. 4, pp. 25–28. DOI 10.31040/2222-8349-2020-04-25-28

9. Akhmetyanov R.F., Shikhovtseva E.S. T-matrix scattering elements for Coulomb interaction systems. Izvestiya Ufimskogo nauchnogo tsentra RAN, 2018, no. 3, pp. 22–27.

10. Shatskiy A.A., Novikov I.D., Lipatova L.N. The spectrum of relativistic radiation of electric charges and dipoles during their free fall into a black hole. Zhurnal eksperimental'noy i teoreticheskoy fiziki, 2013, vol. 143, no. 6, pp. 1048-1055.

## ENERGY OF ELECTRIC CHARGE RADIATION AND ITS EFFECTS

© V.D. Pavlov

CJSC Vladimir Electromechanical Plant,  
127, ulitsa Noyabrskaya, 600901, Vladimir, Russian Federation

It is believed that an electric charge moving along a circular path, i.e. with centripetal acceleration, it is necessary to emit electromagnetic waves. This applies, inter alia, to cyclotron radiation. The purpose of the work is to establish the conditions for the radiation of an electric charge, based on the significant differences between its tangential and centripetal accelerations. The relevance of the work is determined by the widespread use of devices that generate electromagnetic radiation due to the acceleration of electric charges, including X-ray units and magnetrons. The starting point is a credible statement. A number of mathematically correct transformations are performed with it. Therefore, the result is necessarily reliable. Sad experience shows that this logic is not available for many specialists. In the event that such a necessary reliable result contradicts the existing paradigm, preference is almost always given to the paradigm, regardless of the persuasiveness of the evidence. This circumstance is an almost insurmountable obstacle to obtaining new knowledge. After all, if it does not contradict the paradigm, then it is not new and does not represent any value. Electromagnetic radiation carries away energy. It follows from this that the energy of the radiating system changes during radiation. Associated with this is the well-known rule: the change in energy is equal to the perfect work. Four theorems are proved. Theorem 1. A tangentially accelerated charge emits electromagnetic waves. Theorem 2. A normally accelerated charge does not emit electromagnetic waves. Theorem 2 formalizes a circumstance well-known in mechanics that the centripetal force does not perform work (since the scalar product of orthogonal vectors must be zero). Theorem 3. Electric charge satisfies Newton's second law. When a hydrogen-like atom passes from one stationary state to another, the orbital angular momentum changes. The difference is attributed to a photon and is called the photon's spin. Theorem 4. The spin of a photon is zero. The defect in the angular momentum of an atom during radiation can easily be attributed to the nucleus of an atom and even to an electron.

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