

УДК 537.531: 539.101

СПЕКТР ИЗЛУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНОВ, ДВИЖУЩИХСЯ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ В СРЕДЕ

Д. ф.-м. н. А. В. Константинович¹, к. ф.-м. н. И. А. Константинович^{1,2}, Э. С. Кордунян^{1,3}

¹Черновицкий национальный университет, ²Институт термоэлектричества НАН и МОН Украины, г. Черновцы; ³Новоселицкий медицинский колледж Буковинского ГМУ
Украина
aconst@hotbox.ru

Получены и исследованы осцилляции в спектральном распределении мощности синхротронно-черенковского излучения одного, двух, трех и четырех электронов для случая, когда поперечная компонента скорости электрона больше фазовой скорости света в среде, но меньше скорости света в вакууме. Исследованы условия когерентного излучения системы двух, трех и четырех электронов, движущихся вдоль винтовой линии в прозрачной среде.

Ключевые слова: синхротронно-черенковское излучение, когерентное излучение, осцилляции.

Спектр синхротронно-черенковского излучения электронов, движущихся вдоль винтовой линии в прозрачной изотропной среде, исследован в [1–5]. В данной работе усовершенствованным методом силы самодействия Лоренца [3–5], дополненным гипотезой Дирака, а также численными методами исследованы особенности спектра излучения электронов при $V_{\perp} > c/n$ (V_{\perp} – поперечная компонента скорости, c/n – фазовая скорость света в среде) и эффект когерентного излучения гармоник системой электронов в магнитном поле. Полученные в работе спектральные распределения мощности излучения электронов могут найти применение при конструировании новых источников электромагнитной энергии, в лазерах на свободных электронах и при объяснении астрофизических эффектов и процессов в плазме.

Среднюю мощность излучения системы электронов, движущихся друг за другом по винтовой линии в прозрачной изотропной среде, получим с помощью соотношений [4–5]

$$\bar{P}^{rad} = \int_0^{\infty} W(\omega) d\omega, \quad (1)$$

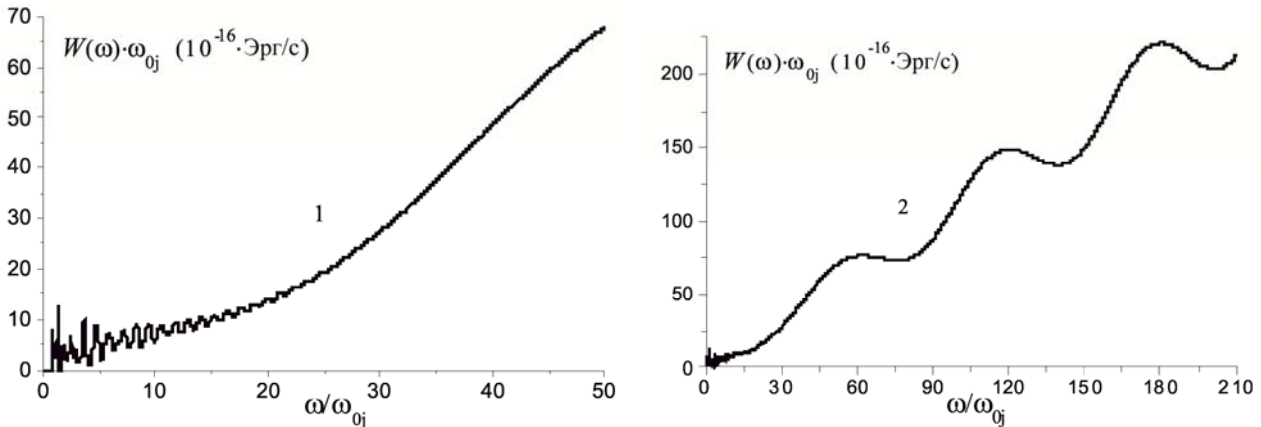
$$W(\omega) = \frac{2e^2}{\pi c^2} \int_0^{\infty} dx \mu(\omega) \omega S_N(\omega) \frac{\sin\left\{\frac{n(\omega)\omega}{c} \eta(x)\right\}}{\eta(x)} \cos(ax) \left[V_{\perp}^2 \cos(\omega_0 x) + V_{\parallel}^2 - \frac{c^2}{n^2(\omega)} \right], \quad (2)$$

$$\text{где } \eta(x) = \sqrt{V_{\parallel}^2 x^2 + 4 \frac{V_{\perp}^2}{\omega_0^2} \sin^2\left(\frac{\omega_0}{2} x\right)}, \quad S_N(\omega) = \sum_{l,j=1}^N \cos\{\omega(\Delta t_l - \Delta t_j)\}, \quad (3)$$

$S_N(\omega)$ – фактор когерентности, $\mu(\omega)$ – магнитная проницаемость, $n(\omega)$ – показатель преломления, $r_0 = V_{\perp} \omega_0^{-1}$, $\omega_0 = ceB^{ext} \tilde{E}^{-1}$, $\tilde{E} = c\sqrt{p^2 + m_0^2 c^2}$, вектор магнитной индукции $\vec{B}^{ext} \parallel OZ$, V_{\perp} и V_{\parallel} – поперечная и продольная компоненты скорости, \vec{p} , \tilde{E} – импульс и энергия электрона, e , m_0 – заряд и масса покоя электрона, Δt_j – сдвиг во времени j -го электрона. Фактор когерентности одного электрона $S_1(\omega) = 1$.

Численными методами высокой точности согласно соотношениям (1) – (3) рассчитаны функции спектрального распределения мощности излучения $W(\omega)$ одного, двух, трех и четырех электронов.

Для поперечных компонент скорости $V_{\perp} > c/n$ получены и исследованы квазипериодические изменения функции спектрального распределения мощности излучения $W(\omega)$ одного, двух, трех и четырех электронов, движущихся по винтовой линии в прозрачной среде, а также осцилляции в этом спектре излучения. На рисунке наблюдаются квазипериодические изменения (кривая 1) и осцилляции (кривая 2) в спектре излучения одного электрона, движущегося по винтовой линии в среде.



Осцилляции функции спектрального распределения мощности синхротронно-черенковского излучения одного электрона при $V_{\perp} > c/n$, $B^{ext} = 1$ Гс, $\mu = 1$, $n = 1,3$, $V_{\perp} = 0,26 \times 10^{11}$ см/с, $V_{\parallel} = 0,3 \times 10^{10}$ см/с, $r_{0j} = 3151$ см, $\omega_{0j} = 0,8250 \cdot 10^7$ рад/с. ($j=1, 2$). Кривая 1 соответствует мощности излучения $P_{m1}^{int} = \bar{P}^{rad} = 0,1312 \times 10^{-12}$ эрг/с, а кривая 2 – $P_{m2}^{int} = 0,2449 \times 10^{-11}$ эрг/с

Показано, что при достаточно малых сдвигах во времени, когда длина излученной волны намного больше размера системы двух, трех и четырех электронов, движущихся друг за другом в постоянном магнитном поле в среде, на низких частотах возникает когерентное излучение.

Полученные в работе результаты находятся в хорошем согласии с данными исследований [3–5] и дополняют их.

Для поперечных компонент скорости $V_{\perp} > c/n$ установлено возникновение осцилляций функции спектрального распределения мощности излучения одного, двух, трех и четырех электронов, движущихся по винтовой линии в прозрачной среде.

Установлено, что при достаточно малых сдвигах во времени, когда длина излученной волны намного больше размера системы двух, трех и четырех электронов, движущихся в постоянном магнитном поле в среде, на низких частотах возникает когерентное излучение.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Цытович В. Н. К вопросу об излучении быстрых электронов в магнитном поле при наличии среды // Вестник Московского ун-та. Физика. – 1951. – № 11. – С. 27 – 36.
2. Schwinger J., Wu-yang Tsai, Erber T. Classical and Quantum Theory of Synergic Synchrotron-Čerenkov Radiation // Ann. Phys. – 1976. – V. 96, No 2. – P. 303 – 332.
3. Konstantinovich A.V., Konstantinovich I.A. Oscillations in Radiation Spectrum of Electron Moving in Spiral in Transparent Medium and Vacuum // Astroparticles Physics.– 2008.– Vol. 30, N 3. – P. 142–148.
4. Konstantinovich A.V., Konstantinovich I.A. Oscillations and Coherent Radiation of Harmonics in Radiation Spectrum of Electrons Moving in Spiral in Transparent Medium// Problems of Atomic Science and Technology. Series: Nuclear Physics Investigation.– 2011.– N 5. – P. 67–74.
5. Konstantinovich A.V., Konstantinovich I.A. Fine Structure of Radiation Spectrum of System of Electrons Moving in Magnetic Field in Medium // Romanian Reports in Physics.– 2014.– Vol. 66, N 2.– P. 307–318.

A.V. Konstantinovich, I.A. Konstantinovich, E.S. Kordunean

Radiation spectrum of electrons moving in magnetic field in medium

Using the improved Lorentz self-interaction method completing by Dirac's hypothesis is investigated the spectral distribution of the radiation power for the system of electrons moving along a spiral in transparent isotropic medium. The overlapping between neighbouring harmonics as well as oscillations in the spectral distribution of the one, two, three, and four electrons radiation power are studied for the case when the transversal component of electron velocity is bigger than the light phase velocity in medium but still less than the light velocity in vacuum. The effect of coherence in the radiation spectrum for the system of electrons is analyzed.

Keywords: *synchrotron-Cherenkov radiation, coherent radiation, oscillations.*