О ВОЗМОЖНОСТИ УСРЕДНЕНИЯ РЕЛЯТИВИСТСКИХ УРАВНЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОНА В ПОЛЕ МОЩНОГО ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Милантьев В.П.

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия. vmilant@mail.ru

Характер движения электрона в поле электромагнитной волны существенно зависит от ее интенсивности, которая определяется параметром $g=eE/ωm\_{e}c$. В случае лазерного излучения параметр $g$ представляют в виде:

 $g= 0.85∙10^{-9}λ\sqrt{I}$, (1)

где $I=(cE^{2}/8π)[W/cm^{2}]$ – интенсивность лазерного импульса, $λ(μm)$ – длина волны. При выводе выражения для усредненной (пондеромоторной) силы мощного лазерного излучения $(g\geq 1)$ обычно предполагается, что амплитуда изменяется медленнее, чем фаза (например, [1]). При этом конкретные условия изменения этих параметров не рассматриваются. Между тем при релятивистском движении частота излучения, которую «видит» частица, уменьшается из-за доплеровского сдвига: $ω^{'}=ω(1-v\_{z}/c).$ Здесь $v\_{z}-$ компонента скорости частицы в направлении распространения лазерного импульса. Доплеровский сдвиг частоты приводит к замедлению скорости изменения фазы волны, действующей на частицу. Поэтому изменение фазы может оказаться сопоставимым с изменением амплитуды волны. В этом случае усреднение уравнений движения невозможно.

Данное сообщение имеет целью получить необходимые условия для усреднения релятивистских уравнений движения электрона в поле мощного лазерного излучения. Лазерное излучение рассматривается в параксиальном (квазиоптическом) приближении [2]. В этом случае существует малый параметр

 $μ=a/z\_{R}≡2/ka\ll 1.$ (2)

Здесь *а –* размер лазерного пучка в фокусе, $z\_{R}=ka^{2}/2-$ рэлеевская длина,
$k=2π/λ=ω/c$ – волновое число. В случае остро сфокусированного лазерного излучения с интенсивностью $I\geq 10^{22}$ Вт/см2 размер фокального пятна может быть меньше длины волны. В этом случае параксиальное приближение неприменимо [3].

Для усреднения уравнений движения по фазе волны необходимо, чтобы она была «быстрой» [4]. Анализ показал, что усреднение возможно (фаза остается «быстрой») при условии

 $ g^{2}\ll πa/λ$. (3)

Отсюда следует, что усреднение уравнений движения возможно лишь в случае достаточно умеренной интенсивности лазерного излучения $(g≈1-3)$ и сравнительно широкого лазерного пучка ($a/λ\gg 1). $

Литература

1. Startsev E.A., McKinstrie C. J. // Phys. Rev. E. 1997. Vol. 55 (6). P. 7527 – 7535.
2. Милантьев В.П., Карнилович С.П., Шаар Я.Н. // Квантовая электроника. 2015. T. 45 (11). C. 1063 – 1068.
3. Бочкарев С.Г., Быченков В.Ю. // Квантовая электроника. 2007. T. 37 (3). C. 273 – 284.
4. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. М.: Наука. 1974. 504 c.