

Властивості перехідного випромінювання релятивістського електрона, що дрейфує через область міжпланетної ударної хвилі

К.С. Мусатенко^{1,2}, І.О. Анісімов¹

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, радіофізичний факультет, вул. Володимирська, 64, 01033, Київ, Україна

²Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement, 3A Avenue de la Recherche Scientifique, 45071, Orléans CEDEX 2, France

В околі фронту міжпланетної квазіперпендикулярної ударної хвилі супутники CLUSTER та WIND спостерігали одночасну появу релятивістських електронів та потужне електромагнітне випромінювання на частоті $(1.2-1.4)f_{pe}$ [1]. Автори [1] припускають, що механізмом генерації електромагнітних хвиль могло бути перехідне випромінювання.

Враховавши реальні параметри події, для теоретичного опису було запропоновано модель електрона, що має колову орбіту в області з лінійним градієнтом діелектричної проникності [2]. Відповідні рівняння, що описують таку модель, були розв'язані користуючись наближенням геометричної оптики. Це наближення застосовне лише за виконання умови $2\pi/k_z \ll L$, тобто отриманий розв'язок має фізичний зміст лише для кутів з $\cos\theta \gg 2\pi/(k_{1,2}L)$, де k_z – складова хвильового вектора випромінювання вздовж градієнту концентрації (вісі Oz), L – характерний розмір неоднорідної області (фронту ударної хвилі), θ – кут між напрямком поширення випромінювання та віссю Oz , а індекси відповідають плазмі перед та за фронтом ударної хвилі.

Розв'язок рівнянь в наближенні геометричної оптики дозволив зробити такі висновки про характер перехідного випромінювання:

1. випромінювання вперед та назад є величинами одного порядку;
2. діаграми спрямованості Фур'є гармонік вектора Пойнтінга мають порізаний вигляд з характерними різкими максимумами та мінімумами;
3. максимальна інтенсивність випромінювання спостерігається в околі кутів θ близьких до нуля;
4. перехідне випромінювання для електрона, що обертається по коловій орбіті, для обраних параметрів, на десятки порядків перевищує відповідне перехідне випромінювання для електрона, що має прямолінійну траєкторію;
5. спектр випромінювання в цілому спадає при збільшенні номеру гармоніки, але в област частот $\sim 1.2-1.4f_{pe}$ спостерігаються характерні коливання інтенсивності.

Дану задачу варто також розв'язати в наближенні сталої діелектричної проникності, тобто вважаючи, що $\varepsilon = \varepsilon_0 + \delta\varepsilon$, де $\delta\varepsilon \ll \varepsilon_0$ [3]. Незважаючи на те, що це наближення досить далеке від реальної ситуації, його застосування дає можливість переконатись у тому, що діаграми спрямованості отримані методом геометричної оптики містять всі важливі особливості перехідного випромінювання в рамках обраної моделі.

Література

1. Yu. Khotyaintsev, V. Krasnoselskikh, M.V. Khotyaintsev, and S. Mühlbacher, In situ observations of a shock related radio source, STAMMS-2, Orleans, 2007, p. 37.
2. K.S.Musatenco, I.O. Anisimov, Transition radiation of relativistic electron from interplanetary shock, надіслано до редакції Українського Фізичного Журналу.
3. В.Л. Гинзбург, В.Н. Цитович. Переходное изучение и переходное рассеяние. М., Наука, 1984.