

# Отчёт по использованию ресурсов информационно-вычислительного центра НГУ за 2014-2015 учебный год

Анненков Владимир Вадимович

29 апреля 2015 г.

## Тема работы

Вычисление инкремента неустойчивости горячего релятивистского пучка в горячей замагниченной плазме в рамках точной кинетической теории.

## Состав коллектива

- 1 Анненков Владимир Вадимович, 2 курс магистратуры (2014-2015 учебный год) ФФ НГУ
- 2 Тимофеев Игорь Валериевич, к. ф.-м. н., с.н.с. ИЯФ СО РАН

## Суть работы

С помощью собственного алгоритма решения дисперсионного уравнения в горячей замагниченной плазме проводился поиск наиболее эффективных режимов генерации электромагнитного излучения в таких системах.

Для это было необходимо подобрать параметры системы так, что бы наиболее неустойчивые пучковые моды попадали в область трёхволнового взаимодействия для процесса слияния двух плазмонов в поперечную электромагнитную волну:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{k}_1 + \mathbf{k}_2 = \mathbf{k}_t \\ \omega(\mathbf{k}_1) + \omega(\mathbf{k}_2) = \omega(\mathbf{k}_t) \end{array} \right. \implies \left| \omega(k_{\parallel}, k_{\perp}) - \sqrt{k_{\perp}^2 + \frac{1}{4}} \right| \leq \Gamma(k_{\parallel}, k_{\perp})$$

Непосредственной математической задачей работы являлось нахождение неустойчивых решений дисперсионного уравнения

$$F(\omega) = |k_{\alpha}k_{\beta} - k^2\delta_{\alpha\beta} + \omega^2\varepsilon_{\alpha\beta}| = 0,$$

где  $k_\alpha$  – компоненты волнового вектора,  $\delta_{\alpha\beta}$  – дельта-символ Кронекера,  $\varepsilon_{\alpha\beta}$  – тензор диэлектрической проницаемости системы, состоящей из релятивистского электронного пучка и замагниченной плазмы:

$$\varepsilon_{\alpha\beta} = \delta_{\alpha\beta} + \chi_{\alpha\beta}^{(e)} + \chi_{\alpha\beta}^{(b)}, \quad (1)$$

$$\chi_{\alpha\beta}^{(\sigma)} = \frac{2\pi}{\omega^2} \int_{-\infty}^{\infty} dp_{\parallel} \int_0^{\infty} dp_{\perp} p_{\perp} \left[ \frac{\omega v_{\parallel}}{\omega - k_{\parallel} v_{\parallel}} \frac{\partial f^{(\sigma)}}{\partial p_{\parallel}} h_{\alpha} h_{\beta} + VT_{\alpha\beta} \right], \quad (2)$$

где

$$V = \frac{p_{\perp}}{p_{\parallel}} \left[ v_{\parallel} \frac{\partial f^{(\sigma)}}{\partial p_{\perp}} - v_{\perp} \frac{\partial f^{(\sigma)}}{\partial p_{\parallel}} \left( 1 - \frac{\omega}{\omega - k_{\parallel} v_{\parallel}} \right) \right], \quad (3)$$

$$T_{xx} = \frac{a^2}{z^2} (RG_a - 1), \quad (4)$$

$$T_{yy} = \frac{a^2}{z^2} - \frac{R}{2} \left( G_{a+1} + G_{a-1} + 2 \frac{a^2}{z^2} G_a \right), \quad (5)$$

$$T_{xy} = -T_{yx} = -i \frac{R}{4} (G_{a+1} - G_{a-1}), \quad (6)$$

$$T_{xz} = T_{zx} = \frac{p_{\parallel} a}{p_{\perp} z} (RG_a - 1), \quad (7)$$

$$T_{yz} = -T_{zy} = i \frac{R p_{\parallel} z}{4 p_{\perp} a} (G_{a+1} - G_{a-1}), \quad (8)$$

$$T_{zz} = \frac{p_{\parallel}^2}{p_{\perp}^2} (RG_a - 1), \quad (9)$$

$$R = \frac{\pi a}{\sin \pi a}, \quad z = \frac{k_{\perp} p_{\perp}}{\Omega}, \quad a = \frac{\gamma \omega - k_{\parallel} p_{\parallel}}{\Omega},$$

$$G_a = J_{-a}(z) J_a(z), \quad h_{\alpha} = \frac{B_{\alpha}}{B}, \quad \Omega = \frac{eB}{m_e c \omega_p}.$$

## Публикации

Полученные с использованием ИВЦ результаты представлены в виде следующих публикаций:

1 I. V. Timofeev and V. V. Annenkov, *Phys. Plasmas* 21, 083109 (2014).

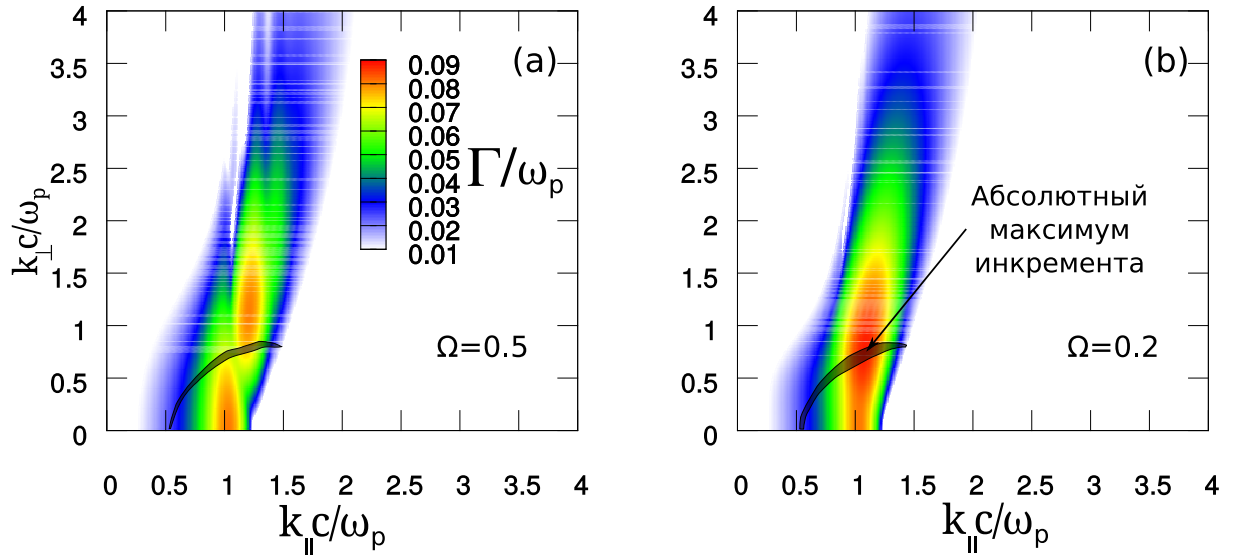
2 Тезисы 53-й международной научной студенческой конференции.

## Продолжение работы

В данный момент я заканчиваю магистратуру и планирую поступление либо в аспирантуру НГУ, либо в аспирантуру ИЯФ. В любом случае необходимо продолжение использование ресурсов ИВЦ. Конкретная дата: **20 мая 2018 года.**

Работа будет вестись по этой теме, а также планируется создание и использование новой программы прямого моделирования пучково-плазменного взаимодействия методом частиц-в-ячейках. Данная программа также будет основана на GPU.

## Полученные результаты



Найден режим (рис. b) наиболее благоприятный для генерации излучения в системе состоящей из замагниченной плазмы и 2-х симметричных релятивистских пучков:

Плотность: плазмы:  $n_p = 10^{14} \text{ см}^{-3}$ , пучка:  $n_b = 0.05n_p \text{ см}^{-3}$ ,

Ток пучка  $22.6 \text{ кА/см}^2$ , энергия пучка:  $E_b = 1 \text{ МэВ}$ ,

Температуры: плазмы:  $T_e = 80 \text{ эВ}$ , пучка:  $T_b = 64 \text{ эВ}$ ,

Магнитное поле:  $B = 0.7 \text{ Тл}$ .