

Исследование стабильности двухкомпонентной разнотемпературной плазменной конфигурации в магнитном поле

Я. Н. Истомин^{1,2}, В.В Прокофьев¹

¹Московский Физико-Технический институт (Государственный университет)

²Физический Институт Академии Наук

Одним из ключевых вопросов теории активных галактических ядер является вопрос о механизме, вычисляющийся за их переменность[1]. Радиоизлучение джетов связывают с их синхротронным излучением частиц[2]. Существуют две основных точки зрения на вопрос о составе плазмы в джетах. Одна из них заключается в том, что внутри релятивистских джетов плазма является электрон-позитронной, однако, как показывают оценки, синхротронное излучение электронов недостаточно для объяснения наблюдаемой энергии излучения. [3] В качестве возможного решения в ряде работ предлагается рассматривать комптоновское рассеяние, увеличивающее энергию фотонов [4]. Вторая точка зрения заключается в том, что плазма внутри джета состоит из протонов и электронов и именно протоны ответственны за наблюдаемые нами спектры.

В работе придерживается вторая точка зрения. Для объяснения механизма переменности высказана гипотеза о неустойчивости конфигурации высокоэнергичных протонов и низкоэнергичных электронов, которые теряют свою энергию за счёт синхротронных потерь.

Целью данной работы является нахождение подобных неустойчивостей. Исследуется продольная компонента тензора диэлектрической проницаемости[6]:

$$\varepsilon_l = 1 - \sum_a \frac{4\pi e_a^2}{k^2} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \int \frac{J_n^2(k_{\perp} v_{\perp} / \omega_{Ba})}{\omega - n\omega_{Ba} - k_{\parallel} v_{\parallel}} \left(k_{\parallel} \frac{\partial f_a}{\partial p_{\parallel}} + \frac{n\omega_{Ba}}{v_{\perp}} \frac{\partial f_a}{\partial p_{\perp}} \right) d^3 p ,$$

где ω_{Ba} -циклотронная частота релятивистской частицы типа "а", $J_n(x)$ -функция Бесселя n-ого порядка.

В ультрарелятивистском приближении ($E = pc$), а также в предположении о изотропной функции распределения (в случае изначальной анизотропии плазменные неустойчивости приведут функцию к изотропному виду, как было показано в работе [7]), данное выражение можно привести к виду:

$$\varepsilon_l = 1 + \sum_a \frac{4\pi e_a^2}{k^2} \int \frac{(\partial_p f_a)}{c} \left[1 - \gamma \frac{\omega}{\omega_{ca}} \frac{\pi J_{-\eta_a \gamma}(x_a \gamma) J_{\eta_a \gamma}(x_a \gamma)}{\text{Sin}(\pi \gamma \eta_a)} \right] d^3 p ,$$

где $x_a = k_{\perp} c / \omega_{ca}$, $\eta_a = (\omega - k_{\parallel} c) / \omega_{ca}$ а $\omega_{ca} = \frac{e_a B}{m_a c}$ -циклотронная частота без гамма фактора.

Данная формула не содержит бесконечных сумм и позволяет явно находить асимптотические выражения.

В качестве функций распределения для электронов и протонов было рассмотрено Максвелловское и степенное распределения. Исследовались несколько асимптотик, соответствующих резонансу на одной гармонике, а также резонансу сразу на нескольких гармониках.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований Грант (15-02-03063).

Литература

1. *McHardy, I. M.; Gunn, K. F.; Uttley, P.; Goad, M. R.*, MCG-6-30-15: long time-scale X-ray variability, black hole mass and active galactic nuclei high states // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 359, Issue 4, pp. 1469-1480
2. *Begelman, Mitchell C.; Blandford, Roger D.; Rees, Martin J.*, Theory of extragalactic radio sources // *Reviews of Modern Physics*, Volume 56, Issue 2, April 1984, pp.255-351
3. *Pariev, V. I.; Istomin, Ya. N.; Beresnyak, A. R.*, Relativistic parsec-scale jets: II. Synchrotron emission // *Astronomy and Astrophysics*, v.403, p.805-816 (2003)
4. *Readhead, Anthony C. S.*, Equipartition brightness temperature and the inverse Compton catastrophe // *Astrophysical Journal, Part 1 (ISSN 0004-637X)*, vol. 426, no. 1, p. 51-59
5. *Istomin, Y. N.; Sol, H.*, Acceleration of particles in the vicinity of a massive black hole // *Astrophysics and Space Science*, Volume 321, Issue 1, pp.57-67
6. *Электродинамика плазмы / под ред. Ахиезера А. И.*, М. Наука, 1975, 721 с.
7. *Istomin, Ya. N.*, Relativistic jets in active galactic nuclei: time variability // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 408, Issue 2, pp. 1307-1312