

Аннотация к работе «Теплопроводность плазмы, подверженной зеркальной неустойчивости»

Авторы: Комаров С.В., Чуразов Е.М., Кунц М., Щекочихин А.А.

Публикация: Thermal conduction in a mirror-unstable plasma, 2016, MNRAS, 460, 467, DOI: 10.1093/mnras/stw963

Теплопроводность в скоплениях галактик играет важную роль в физике межгалактической среды. Ее величина влияет на крупномасштабные профили температуры, устойчивость холодных ядер скоплений и развитие тепловых неустойчивостей. Так как межгалактическая плазма обладает высокой температурой и низкой плотностью, коэффициент теплопроводности, посчитанный на основе кулоновских столкновений, оказывается очень большим. Однако из радионаблюдений известно также, что скопления галактик обладают магнитными полями. Самосогласованная оценка теплопроводности представляет собой крайне сложную задачу, потому как межгалактический газ является одновременно замагниченным и турбулентным.

Величина магнитного поля в скоплениях хотя и мала (1-10 мкГс), но достаточна, чтобы заряженные частицы обращались вокруг силовых линий с ларморовским радиусом на многие порядки меньше кулоновской длины свободного пробега. Подобное разделение масштабов в совокупности с турбулентностью плазмы приводит к развитию анизотропии давления и последующей генерации серии кинетических неустойчивостей на масштабе ионного ларморовского радиуса. Зеркальная неустойчивость создает существенные параллельные флуктуации магнитного поля, которые играют роль магнитных ловушек для тепловых электронов, подавляя тепловой поток. Величина такого подавления потенциально может быть очень высокой. В работе была поставлена цель сделать оценку эффективного коэффициента теплопроводности вдоль силовых линий магнитного поля в присутствии зеркальной неустойчивости.

Физика насыщения зеркальной неустойчивости до сих пор до конца не изучена. Лишь в последнее время кинетические численные симуляции позволили установить структуру неустойчивости в насыщенном состоянии. Для расчета эффективной теплопроводности в магнитном поле, создаваемом зеркальной неустойчивостью, нами были использованы результаты кинетических симуляций из работы Kunz et al. (2014). Диффузия электронов в заданном магнитном поле была подсчитана с помощью метода Монте-Карло. Затем коэффициент диффузии пересчитывался в коэффициент теплопроводности. Благодаря тому, что флуктуации магнитного поля ограничены по величине физикой насыщения неустойчивости, итоговое подавление теплопроводности оказалось умеренным, порядка $1/5$ классической спитцеровской величины теплопроводности в незамагниченной плазме. Важным тем не менее является тот факт, что данный механизм подавления практически не зависит от крупномасштабных параметров межгалактического газа и действует в дополнение к другим механизмам подавления (например, за счет запутанной топологии силовых линий). Полученная величина теплопроводности, по видимости, является характерной и, вероятно, универсальной чертой слабостолкновительной турбулентной плазмы.