

1. Авторы – сотрудники ИКИ РАН:

Кислов Роман Анатольевич, Малова Хельми Витальевна

другие авторы:

Веселовский Игорь Станиславович, Хабарова Ольга Валерьевна

2. Название

The model of a collisionless current sheet in a homogeneous gravity field (Модель бесстолкновительного токового слоя в однородном гравитационном поле).

3. Ссылка на публикацию

Igor S. Veselovsky, Roman A. Kislov, Helmi V. Malova and Olga V. Khabarova // The model of a collisionless current sheet in a homogeneous gravity field. *Physics of plasmas* 23, 102902 (2016), doi: 10.1063/1.4964774

4. Общая формулировка проблемы.

В настоящее время широко известна и часто применяется при моделировании различных токовых слоёв модель токового слоя Харриса (Harris, 1962). Простая одномерная модель 1962 года в дальнейшем была исследована и обобщена для случаев большей размерности, учитывались дополнительные компоненты магнитного и электрического полей. Однако не было построено обобщение для случая ненулевого внешнего гравитационного поля, хотя при моделировании токовых слоёв вблизи звёзд, планет или их спутников гравитация может оказывать существенное влияние на пространственное распределение плазменных параметров в токовом слое. Ранее имелись немногочисленные работы (например, Goodman, 2011), посвящённые моделированию токовых слоёв при наличии гравитации, но в них не учитывалось влияние гравитации на распределение магнитного поля, эти модели не были самосогласованными и использовали для магнитных полей модель Харриса.

5. Конкретная решаемая в работе задача и ее значение.

Целью настоящей работы является изучение влияния на строение токового слоя типа Харриса внешнего однородного гравитационного поля и определение условий, в которых влияние гравитации является существенным. На основе предложенной модели станет возможно корректное исследование более сложных плазменных структур при наличии гравитации, толщина которых невелика по сравнению с расстоянием до гравитирующего центра. Примерами таких структур являются токовые слои в магнитосфере Юпитера вблизи его спутников (например, Ио), токовые слои в солнечном ветре вблизи Меркурия и в солнечной короне. Также подходящие условия могут быть в магнитосферах некоторых экзопланет, расположенных близко к своей звезде.

6. Используемый подход, его новизна и оригинальность.

Построена стационарная самосогласованная кинетическая одномерная модель токового слоя во внешнем однородном гравитационном поле. Решается система уравнений Максвелла-Власова. По сравнению с моделью Харриса был добавлен дополнительный член в кинетическое уравнение, отвечающий за гравитацию. Решения кинетического уравнения стандартным образом выражаются через интегралы движения. Распределения магнитного поля и плотности тока находятся посредством решения уравнений Пуассона для электрического и векторного потенциалов. Отдельно показано, что в случае однородного гравитационного поля дрейфовые скорости равны и противоположны по знаку, как и в случае без гравитации (при произвольном гравитационном поле это не так). Значительность влияния гравитации определяется посредством сравнения полученных решений с решениями Харриса (Harris, 1962) при различных параметрах, определяющих толщину токового слоя (дрейфовая скорость, концентрация, температура, ускорение свободного падения).

7. Полученные результаты и их значимость.

Было получено, что при наличии однородного гравитационного поля токовый слой перестаёт быть симметричным относительно нейтральной плоскости, происходит также смещение максимума концентрации, который теперь не совпадает с нейтральной плоскостью. Величины магнитного поля, плотности тока и концентрации зависят

сложным образом от ускорения свободного падения. Рассмотрены предельные случаи сильной и слабой гравитации. В первом случае токовый слой становится тонким с наибольшим максимумом концентрации. Во втором случае мы в пределе получаем решения Харриса (Harris, 1962). Показано, что полученные эффекты могут быть значительны в плазменном торе Ио и вблизи Меркурия.

Таким образом, токовый слой в сильном гравитационном поле может существенно отличаться от стандартного токового слоя Харриса.