ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Зайцева Ивана Владимировича на тему: «Механизмы ускорения тепловых ионов в процессе магнитного пересоединения», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 — Физика Солнца.

Явление магнитного пересоединения является универсальным физическим процессом, который встречается в самых разных системах, объектах и пространственных масштабах, от лабораторной до астрофизической плазмы. Практический интерес имеет пересоединение в магнитосфере Земли и короне Солнца, поскольку прямо влияет и даже определяет космическую погоду. Большое количество спутниковых миссий, например Cluster, действующие Parker Solar Probe, Solar Orbiter нацелены на наблюдение как событий, так и последствий пересоединения. Миссия MMS имеет задачу описать тонкую структуру пересоединения в самом малом масштабе. Несмотря на длительные теоретические, экспериментальные и наблюдательные исследования, остается ряд вопросов, а проблема в целом оказалась комплексной и содержащей очень много тонких аспектов. Поэтому тема диссертации несомненно актуальна, что отражено во введении.

Работа основана на применении метода кинетического моделирования (глава 1), который на настоящий момент является наиболее адекватным инструментом исследования таких проблем. Автор показал, что овладел им в достаточной мере для реализации расчетов в различных начальных и граничных условиях, анализа результатов и обобщений. В работе изучено несколько частных, но важных аспектов магнитного пересоединения, связанных с сепаратрисами и зоной выхлопа. В частности, рассмотрено как влияет на пересоединение наличие двух разных популяций ионов – холодных и горячих (глава 2 и 3), а также термализация ионов в зоне далеко от X-точки (глава 4). Сформулировано три защищаемых положения по количеству основных глав диссертации. Положения отражают сущность и результаты исследования.

Один из основных результатов состоит в том, что если горячие ионы при прохождении сепаратрисы испытывают рассеяние, то холодные ионы эффективно ускоряются на скачке потенциала. Ускорение ионов в процессе пересоединения является возможно наиболее важным проявлением и данный результат имеет ценность. Второй результат состоит в том, что при наличии холодных ионов скорость пересоединения вырастает в полтора раза. Третий результат моделирования состоит в том, что в зоне выхлопа образуются встречные продольные потоки ионов, что возбуждает неустойчивости и постепенную термализацию.

Диссертация содержит все необходимые разделы и список литературы из 83 наименований. Представлена на русском и английском языках. По материалам диссертационной работы опубликовано 2 статьи в международных журналах, которые являются ведущими в области физики плазмы. Работа прошла апробацию на международных конференциях.

Работа имеет некоторые недостатки. В расчетах используется искусственное отношение массы протонов к электронам, но не указано, как этот параметр влияет на полученные выводы. В тексте не проанализированы и не сделано сравнение с другими численными исследованиями, которые решали пусть не точно такие же, но близкие задачи. Недостаточно обоснован важный вывод о зависимости скорости пересоединения от температуры ионов плазмы (стр. 37), т.к. не рассмотрены варианты моделирования с промежуточными температурами ионов плазмы. В главе 4 (распад разрыва) показано, что параллельная анизотропия является доминирующим типом анизотропии вдали от токового слоя, но не сделано сопоставление с результатами главы 3, в которой рассматривается перпендикулярное ускорение на сепаратрисе.

Диссертация Зайцева Ивана Владимировича на тему: «Механизмы ускорения тепловых ионов в процессе магнитного пересоединения» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», а соискатель Зайцев Иван Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.03.03 — Физика Солнца. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета, доктор физ.-мат. наук, Шайхисламов И.Ф. 06.04.2021

33-06-144 от 09.04.2021