

вид, как на рис. 1, но величина электрич. поля полагается настолько большой, что вместо квазистационарного течения плазмы в системе реализуется течение кумулятивного типа. Поток вмороженного в плазму магн. поля, поступающий к нейтральной линии, не успевает пересоединиться и «расплющивает» её в широкий токовый слой, вблизи к-рого плотность частиц прогрессирующе убывает, что приводит к разрыву слоя. При быстрых перестройках (разрывах) магн. поля возникают сильные импульсные индукц. электрич. поля, к-рые могут ускорять заряд. частицы до больших скоростей (см. *Разрывы магнитогидродинамические*). Динамич. модели вынужденного П. используются при исследовании вспышек на Солнце. Подобные явления наблюдались и при лаб. моделировании процесса П.

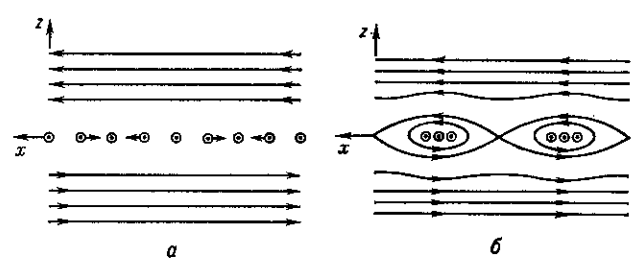


Рис. 2. Нейтральный слой в плазме: а — конфигурация неустойчива из-за притяжения друг к другу параллельных токов, текущих поперёк магнитного поля (кружки); б — спонтанное пересоединение магнитных полей (образование магнитных островов).

ме возможно и магн. поле, перпендикулярное плоскости рисунка. Важно, чтобы имелась компонента магн. поля, меняющая свой знак (на рис. 2 по оси z). Неоднородное магн. поле, показанное на рис. 2, создаётся поперечными токами, локализованными в окрестности нейтрального слоя. Как всякие параллельные токи, эти токи притягиваются друг к другу и стремятся «слипнуться» в токовые волокна (пинчевание тока). Для того чтобы тенденция токов к пинчеванию реализовалась, необходимо, чтобы в рассматриваемой системе имелся хотя бы один из тех механизмов нарушения вмороженности, о к-рых говорилось выше. Пинчевание ведёт к перестройке магн. поля — перезамыканию магн. силовых линий и образованию магн. островков (рис. 2,б). Спонтанный процесс П. (т. е. разрыва силовых линий существующего магн. поля) обычно наз. разрывной (или тиринг-) неустойчивостью (РН). В зависимости от того, какой физ. механизм ответствен за разрыв магн. поля, рассматривают резистивные, инерционные и резонансные моды РН. Для процессов в высокотемпературной космич. плазме характерна резонансная мода РН, связанная с бесстолкновит. передачей энергии резонансным частицам (*Ландау затухание*). В термоядерных установках проявляются т. н. полустолкновит. кинетич. режимы РН, для к-рых уже неприменимо простое МГД-описание. Конкретным механизмом П. определяется характерное время процесса, но качественно во всех случаях эволюция системы осуществляется аналогичным образом, показанным на рис. 2. Спонтанное П. также удаётся наблюдать в лаб. экспериментах. Для анализа устойчивости реальных плазменных конфигураций необходимо учесть влияние всегда имеющейся нормальной компоненты магн. поля. Даже очень малая величина этой компоненты меняет свойства системы (особенно в бесстолкновит. случае) кардинальным образом [3]: РН стабилизируется, и конфигурация приобретает метастабильные свойства.

Магн. конфигурация с обращённым полем при наличии нормальной компоненты (рис. 3) способна накопить значит. кол-во магн. энергии без её немедленного высвобождения. Срыв процесса накопления при достижении системой порогового значения ведёт к бурному взрывному выделению запасённой энергии. Эта

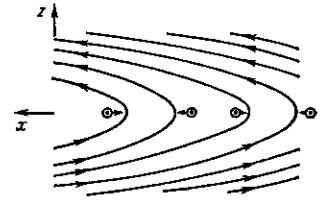
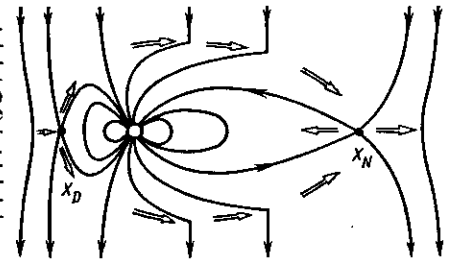


Рис. 3. Метастабильная магнитная конфигурация с обращённым магнитным полем при наличии нормальной компоненты.

способность процессов П., по-видимому, проявляется в солнечных вспышках [4] и магнитосферных *суббури*. П. является одним из осн. физ. процессов, контролирующих структуру и динамику магнитосферы. Согласно модели Данжи [5], межпланетное и геомагн. поля впервые пересоединяются в лобовой области на границе магнитосферы (рис. 4), где П. носит импульсивный

Рис. 4. Модель пересоединения магнитных силовых линий. X_D , X_N — дневная (лобовая) и ночная (в хвосте магнитосферы) нейтральные области. Светлыми стрелками показано направление оттока солнечным ветром магнитосферы.



нестационарный характер. Пересоединившиеся магн. волокна диам. $\sim 1-2$ радиуса Земли (рис. 5) вместе с потоком оттекающей магнитосферу солнечной плазмы уносятся на ночную сторону в магнитосферный хвост, где и пересоединяются в обратной последовательности

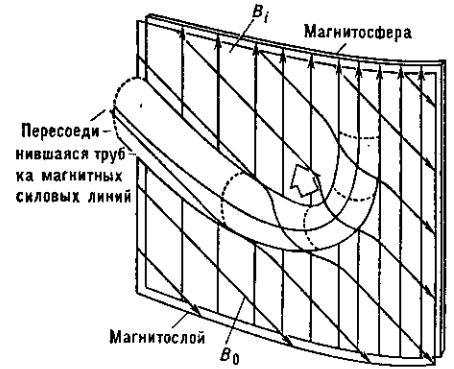


Рис. 5. Образование трубок магнитных силовых линий при спонтанном пересоединении на границе магнитосферы Земли.

[6]. Топологич. связь межпланетного поля с магн. полем Земли и наличие конвективных движений плазмы в магнитосфере, связанных с П., доказаны многолетними наземными и спутниковыми наблюдениями.

Процесс П. важен и в физике Солнца. Нагрев верх.

Рис. 6. Модель пересоединения всплывающего магнитного потока с лежащим выше полем для небольшой солнечной вспышки. q — потоки тепла. Тёмные стрелки — потоки плазмы. Заштрихована зона аннигиляции магнитных полей.

