

затем убывает. Такое поведение $J(T)$ характерно и для др. кристаллизующихся веществ. Аморфная вода при $T < 135$ К находится в застеклованном (внутренне неравновесном) состоянии.

Замедление процессов образования и роста зародышей (см. *Кинетика фазовых переходов*) при П. используются в производстве стекла, аморфных металлов, при закалке сталей и др. сплавов. П. водяного пара и капелек воды влияет на характер атм. осадков.

Лит.: Скрипов В. П., Коверда В. П., Спонтанная кристаллизация переохлажденных жидкостей, М., 1984.

В. П. Скрипов.

ПЕРЕСЕЧЕНИЕ УРОВНЕЙ — одно из явлений *интерференции состояний*, возникающее при воздействии на квантовую систему (атом, молекулу) внеш. магн. поля, к-рое приводит к совпадению энергий (вырождению) состояний, отличающихся проекциями угл. момента на одну или две единицы \hbar . В области вырождения наблюдаются особенности в поляризации рассеиваемого системой резонансного излучения, к-рые позволяют определить точку пересечения уровней энергии (как ф-цию напряженности магн. поля) и полусумму их ширин. Эффект, возникающий при наличии взаимодействия уровней (смешивающего состояния в области их макс. сближения), наз. **антипересечение** и **ем уровней**; вырождения в этом случае не наступает.

Е. Б. Александров.

ПЕРЕСОЕДИНЕНИЕ магнитных полей в плазме — физ. процесс, связанный с высвобождением запасов магн. энергии, накапливаемой в разл. плазменных конфигурациях, и её преобразованием в кинетич. и тепловую энергию плазмы. Часть энергии, выделяемой при П., может передаваться небольшой группе частиц, ускоряемых при этом до очень высоких (иногда ультрарелятивистских) энергий. При П. обязательно изменяется топология магн. поля — возникают новые магн. структуры: петли магн. линий, магн. острова, нейтральные точки и нейтральные линии магн. поля, течения плазмы. Процесс П. играет важную роль во мн. физ. явлениях, происходящих в космич. и термоядерной плазмах.

Перестройка топологии магн. поля, происходящая при П., связана с нарушением замороженности магн. силовых линий в плазму. Условие замороженности магн. поля в плазму записывается как равенство нулю электрич. поля, индуцируемого движением со скоростью v идеально проводящей среды:

$$E + \frac{1}{c} [vB] = 0 \quad (\text{см. Вмороженность магнитного поля}).$$

В рамках магн. гидродинамики с использованием закона Ома, связывающего величину тока j с величиной электрич. поля E , в движущейся системе координат

$$E + \frac{1}{c} [vB] = \frac{1}{\sigma} j + \frac{m_e}{ne^2} \frac{dj}{dt}, \quad (1)$$

нарушение замороженности означает наличие в (1) справа не равных нулю членов. Если не равен нулю первый член вследствие конечной (а не бесконечной) проводимости σ плазмы, возникает т. н. резистивный механизм П. Второй, инерционный, механизм П. обусловлен конечностью массы m_e носителей тока — электронов. Анализ процесса П. с помощью кинетич. теории позволяет добавить к этим двум механизмам третий, связанный с бесстолкновит. резонансным процессом — *Ландау затуханием*. Возможны и модификации этих трёх механизмов, напр. аномальное сопротивление, возникающее при рассеянии электронов на разл. микронеустойчивостях, к-рые могут возбуждаться в плазме.

При МГД-подходе на основе указанных выше механизмов явление П. можно рассматривать или как вынужденный, или как спонтанный процесс.

В моделях вынужденного П. (модель Паркера — Свита, модель Петчека) изучаются течения плазмы под действием приложенного к ней внеш. электрич. поля E_0 . Магн. поля B_0 на границах системы, показанной на рис. 1, прил. антипараллельны, поэтому

в ней существует особая линия, наз. нейтральной (или нулевой), перпендикулярная плоскости рис. 1, на к-рой магн. поле обращается в нуль или имеет компоненту только вдоль указанной линии. Под действием электрич. поля плазма вместе с силовыми линиями магн. поля дрейфует со скоростью u (см. *Дрейф заряженных частиц*) к нейтральной линии, где происходит разрыв

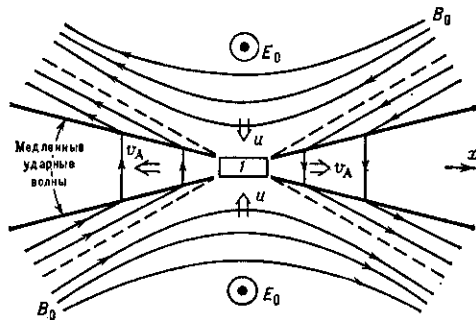


Рис. 1. Модель вынужденного пересоединения, предложенная Х. Петчеком. Пересоединение силовых линий осуществляется в малой диффузионной области I.

магн. силовых линий и соединение их уже в новой комбинации. Перестройка поля должна уменьшить общую длину силовых линий, а значит, и энергию поля, уменьшается и плотность тока в нейтральной линии. Пересоединившиеся силовые линии выносятся из области П. (цифра 1 на рис. 1) вместе с плазмой, ускоряемой до скоростей порядка альвеновской $v_A = B_0 / \sqrt{4\pi n M_i}$ (n — плотность плазмы).

Скорость П. силовых линий характеризуется безразмерной величиной (числом Маха):

$$M = \frac{u}{v_A}, \quad \text{где } u = \frac{cE_0}{B_0}. \quad (2)$$

Исследование МГД-моделей показало, что темп П. слабо зависит от конкретных механизмов П., а определяется гл. обр. граничными условиями, т. е. способом организации течения плазмы к области П. По модели Паркера — Свита процесс диссипации магн. поля осуществляется лишь в малой диффузионной области I (рис. 1) в окрестности нейтральной линии, где аннигилирует лишь небольшое кол-во магн. энергии; темп П. в этом случае $M = Re_m^{-1/2}$, где $Re_m = 4\pi\sigma v_A L / c^2 \gg 1$ — магн. Рейнольдса число, L — характерный размер слоя. Для солнечной плазмы магн. число Рейнольдса очень велико, и поэтому скорость сближения магн. силовых линий составляет малую часть альвеновской скорости. В модели Петчека кроме диффузионной области имеется ещё и волновая: четыре стоячие ударные волны (медленно движущиеся относительно плазмы), в к-рых осуществляется осн. перестройка магн. поля. Пересекая ударные волны, плазма отворачивает вправо или влево от области П., и магн. силовые линии перезамыкаются в новые конфигурации. Это позволяет повысить темп П. до величины $M \sim 1/\ln Re_m$. Подобные модели [1] могут использоваться и в бесстолкновит. плазме, если толщина слоя настолько мала, что возможны развитие токовых неустойчивостей и возникновение аномального сопротивления.

Вынужденное П. рассматривалось также Х. Альвеном в модели движения отд. частиц. Пренебрегая тепловыми скоростями электронов и ионов, в этой модели можно найти самосогласов. связь электрич. и магн. полей и получить для темпа П. величину $M \sim c/\omega_{pi}d$, где d — поперечный размер системы, ω_{pi} — ионная плазменная частота.

В модели разрыва нейтрального слоя, предложенной С. И. Сыроватским [2], процесс П. рассматривается как динамический и существенно нестационарный. Исходная конфигурация магн. полей имеет прил. такой же