

ваний, также рассматривающих взаимодействие жидкостей и газов с эл.-магн. полем, но отличных от М. г. В средах с очень малой электропроводностью и без приложенного извне большого магн. поля при $v/c \ll 1$ определяющим во взаимодействии эл.-магн. поля со средой является не магн., а электрич. поле. Эту область со своим кругом интересных задач и приложений наз. электрогидродинамикой, или электрогазодинамикой (ЭГД). Электрич. поле описывается в ЭГД законами электростатики, а его воздействие на среду — электрич. частью силы Лоренца $\rho_e E$ (ρ_e — плотность электрич. заряда, k -рая явно входит в ур-ния ЭГД). Электрич. ток в таких условиях не только определяется самостоит. движением заряда, но и учитывается ток переноса заряда жидкостью $\rho_e v$ и ток смещения. При этом магн. поле очень мало, $H \sim (v/c)E \ll E$.

Близка к М. г., но имеет существен. отличия от неё гидродинамика намагничивающихся жидкостей, или феррогидродинамика (ФГД). Эта молодая отрасль науки уже сильно развилась теоретически и нашла практич. применение. В противоположность М. г., взаимодействие магн. поля с жидкостью в ФГД не связано с электрич. током, а основано на способности жидкости сильно намагничиваться. Жидкие металлы не обладают ферромагн. свойствами, поэтому объектом ФГД являются искусств. намагничивающиеся жидкости, к-рые представляют собой суспензии очень мелких частиц ферромагнетика в обычных, как правило непроводящих, жидкостях. Малые сфероидальные частицы ферромагнетика испытывают интенсивное броуновское движение. Ферросуспензия подобна парамату. газу, но посетителями магнетизма в ней являются не отдельные молекулы, а частицы ферромагнетика, поэтому намагниченность ферросуспензий может быть весьма большой. Это обуславливает возможность больших магн. сил, действующих на жидкость, и значительного обратного влияния жидкости на магн. поле за счёт эффектов намагничивания. Зависимость намагниченности от темп-ры и влияние вращения жидкости увеличивают разнообразие эффектов ФГД (подробнее см. *Магнитные жидкости*).

Лит.: Альвен Х., Фельтхаммар К.-Г., Космическая электродинамика, пер. с англ., 2 изд., М., 1967; Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Электродинамика сплошных сред, 2 изд., М., 1982; Шлиomis М. И., Магнитные жидкости, «УФН», 1974, т. 112, с. 427; Гельфгат Ю. М., Лиелаусис О. А., Щербинин Э. В., Жидкий металл под действием электромагнитных сил, Рига, 1976; Мофат Г., Возбуждение магнитного поля в проводящей среде, пер. с англ., М., 1980; Электрогазодинамические течения, М., 1983; Бочкарёв Н. Г., Магнитные поля в космосе, М., 1985. И. С. Брагинский.

МАГНИТНАЯ ДОМЁННАЯ СТРУКТУРА — совокупность макроскопич. областей (*доменов*) магнитоупорядоченного вещества, отличающихся, в зависимости от конкретного типа магн. упорядочения, направлением намагниченности M , вектора антиферромагнетизма L или направления M и L одновременно (а также размером, формой и др. особенностями, связанными, в частности, с кристаллографич. структурой образца и геометрией его поверхностей).

М. д. с. существует при темп-рах ниже темп-ры магнитного фазового перехода в магнитоупорядоченное состояние и в определ. интервалах значений напряжённости внеш. магн. поля.

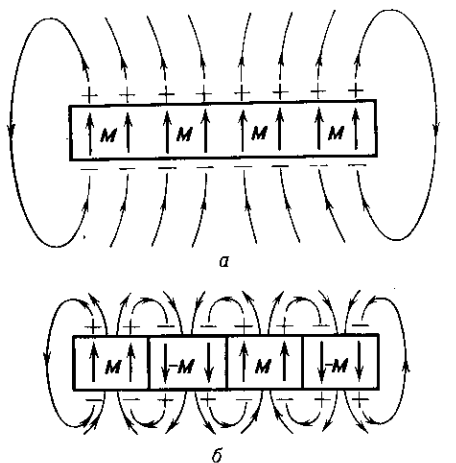
Равновесная М. д. с. определяется минимумом полной энергии магнетика, включающей энергию обменного взаимодействия, магнитной анизотропии, магнитостатич. и магнитоупругую энергию.

В общем случае на тип М. д. с. существенное влияние оказывают: особенности магн. анизотропии (число осей лёгкого намагничивания); ориентация ограничивающих кристалл поверхностей относительно кристаллографич. осей; форма и размеры образца, а также всевозможные дефекты — магн. и немагн. включения, дислокации, границы двойников (см. *Двойникование*), дислокации и др.

Наиб. изучена М. д. с. в ферромагнетиках (ФМ). Представление о магн. доменах в ФМ введено в 1907 П. Вейсом (P. Weiss). Появление М. д. с. в ФМ приводит к уменьшению его магнитостатич. энергии — результирующий магн. момент ферромагн. образца значительно уменьшается или оказывается равным нулю.

Согласно теоретич. представлениям, обменное взаимодействие выстраивает элементарные магн. моменты ФМ параллельно друг другу. Результирующий магн. момент единицы объёма ФМ (намагниченность M) ориентируется в одном из направлений, соответствующих наим. энергии магн. анизотропии, — вдоль одной из осей лёгкого намагничивания (ОЛН). При этом на поверхности образца возникают магнитные полюсы (магнитостатич. полюсы, рис. 1, а), и при не равном нулю результирующем магн. моменте часть энергии образца оказывается

Рис. 1. а — Возникновение магнитостатических полюсов (обозначены знаками + и -) у однородно намагниченного кристалла; б — образование простейшей плоскостной доменной структуры, дробящей эти полюсы и уменьшающей магнитостатическую энергию кристалла. Вектор M — намагниченность кристалла (домена).



запасённой в его магнитостатич. поле. Эта энергия может быть уменьшена, если часть образца окажется намагниченной в одном, а часть — в др. направлении. При этом образуется М. д. с., простейший тип к-рой (плоскостная структура) представлен на рис. 1, б. Здесь в соседних доменах векторы M ориентированы в противоположных направлениях вдоль одной и той же ОЛН.

При наличии М. д. с. между соседними областями с разными направлениями M существуют переходные области — доменные стенки (ДС) (их наз. также доменными границами), обладающие энергией γ на единицу площади. Появление М. д. с. возможно лишь в том случае, когда энергия, затраченная на образование ДС, меньше убыли магнитостатич. энергии. Это условие выполняется в кристаллах достаточно больших размеров, большего размера однодоменности r_c (см. *Однодоменные частицы*). На расстояниях $r \sim r_c$ короткодействующее обменное взаимодействие играет более важную роль, чем дальнедействующее магнитостатическое, с чем и связана невозможность образования М. д. с. в кристаллах с размерами, меньшими r_c (для Ni, напр., $r_c \sim 10^{-6}$ см). Обычно домены в ФМ имеют размеры $\sim 10^{-4} - 10^{-2}$ см.

М. д. с. простейшего вида (рис. 1, б) может существовать в тонких пластинках, а также в глубине массивных кристаллов. В достаточно толстых пластинках вблизи их поверхностей М. д. с. усложняется (ветвится). Такое ветвление показано на рис. 2 для магнитоодноосного кристалла. Причиной ветвления М. д. с. (образования несквозных клиновидных доменов) является уменьшение магнитостатической энергии при сохранении доменной структуры в толще образца.

При антипараллельном направлении намагниченности M в смежных доменах магнитоодноосного ферромагн. кристалла в разделяющей домены стенке вектор M поворачивается на 180° (180-градусная стенка). В маг-