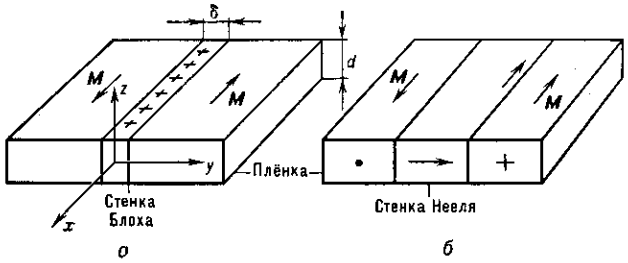
ники, изложенные в новой связи, пер. с нем., М., 1959; Добронравов В. В., Основы механики неголономных систем, М., 1970. *Г. С. Погосов.*

НЕЕ́ЛЯ СТЕ́НКА — область между соседними доменами (см. *Магнитная доменная структура*) в тонких *магнитных плёнках*, в к-рой быстрое пространств. изменение намагниченности $\boldsymbol{M}$ происходит в плоскости расположения векторов намагниченности доменов (в плоскости, параллельной поверхности плёнки). Согласно определению, в Н. с., в отличие от *Блоха стенки*, $\mathrm{div}\boldsymbol{M} \neq 0$. Представление о доменных стенках (ДС) подобного типа впервые было введено Л. Неелем (L. Néel, 1955) [1].

Причину образования Н. с. удобно объяснить, используя рисунок. Если в тонкой плёнке толщиной d при переходе от левого домена к правому (рис., *а*) намагниченность $\boldsymbol{M}$ вращается так, что остаётся парал-



лельной плоскости ДС (стенка Блоха, плоскость xz), то в узкой полоске шириной δ (толщина ДС) на поверхности плёнки образуются магнитостатич. заряды, приводящие к увеличению полной энергии стенки [2]. Эта энергия при условии $d < \delta$ может быть снижена, если поворот $\boldsymbol{M}$ будет осуществляться в плоскости плёнки, как изображено на рис., *б* (стенка Нееля). С этим снижением полной энергии плёнки и связана энергетич. выгодность образования Н. с. в тонких плёнках. По совр. оценкам, критич. толщина плёнки $d_{кр}$, ниже к-рой выгодно образование Н. с. в тонких плёнках, составляет сотни ангстрем.

Лит.: 1) Néel L., Énergie des parois de Bloch dans les couches minces, «C. R. hebd. Séanc. Acad. Sci.», 1955, v. 241, p. 533; 2) Вонсовский С. В., Магнетизм, М., 1971.

Б. Н. Филиппов.

НЕЕ́ЛЯ ТО́ЧКА — темп-ра (T_N) фазового перехода из парамагн. состояния в антиферромагнитное (см. *Антиферромагнетизм*). Названа в честь Л. Нееля (L. Néel), выдвинувшего (наряду с Л. Д. Ландау) идею о существовании антиферромагн. упорядочивания атомных магн. моментов вещества. Большей частью этот переход бывает переходом второго рода (см. *Магнитный фазовый переход*). В Н. т. наблюдаются максимумы на кривых температурной зависимости теплоёмкости, коэф. теплового расширения и др. термодинамич. величин. *Магнитная восприимчивость* χ выше T_N изменяется согласно *Кюри — Вейса закону* $\chi = C/(T+\theta)$, где константа Вейса θ обычно существенно (иногда в 2—3 раза) больше T_N. Ниже T_N у одноосных антиферромагнетиков наблюдается сильная анизотропия магн. восприимчивости. В отличие от *Кюри точки* ферромагнетиков, Н. т. не является изолиров. точкой на фазовой плоскости $H - T$. Она зависит от внеш. магн. поля H и, как правило, понижается при увеличении поля H, стремясь к нулю, когда $H \to H_E$ (H_E — эффективное магн. поле *обменного взаимодействия*). В исследованных антиферромагнетиках T_N меняется в широких пределах: от нанокельвинов для ядерных антиферромагнетиков (напр., для ядерной спиновой системы меди T_N = 30нК) до сотен кельвинов в металлах (Cr, Mn), простых оксидах (типа NiO) и ортоферритах. Макс. значение T_N = 950 К наблюдается у гематита (α-Fe_2O_3). *А. С. Боровик-Романов.*

НЕИДЕА́ЛЬНАЯ ПЛА́ЗМА — *плазма*, в к-рой потенциальная энергия взаимодействия между частицами сопоставима с их кинетич. энергией или превышает её. Н. п. может приобретать качественно новые свойства по сравнению с идеальной. Напр., при сильном сжатии слабопроводящей плазмы паров металлов её электропроводность возрастает до значений, сопоставимых с электропроводностью жидких металлов.

Основные параметры неидеальности. Плазма, заряж. частицы к-рой взаимодействуют по закону Кулона, становится неидеальной, когда ср. энергия кулоновского взаимодействия $e^2 n_e^{1/3}$ сравнима с тепловой энергией kT, т. е.

$$\gamma = e^2 n_e^{1/3}/kT \gtrsim 1, \qquad (*)$$

где T — темп-ра, n_e — ср. число электронов в единице объёма, т. е. $n_e \sim 1/r^3_{ср}$, γ — т. н. плазменный параметр взаимодействия. Если ввести *дебаевский радиус экранирования* $r_D \sim (kT/n_e e^2)^{1/2}$, то условие (*) можно записать в виде $\mu = 1/n_e r_D^3 \geqslant 1$. Величина μ наз. плазменным параметром идеальности (см. *Идеальная плазма*). Плазма идеальна, если $\mu \ll 1$. С уменьшением r_D число частиц в дебаевской сфере $(4\pi/3)n_e r_D^3$ уменьшается и теряется представление о дебаевской экранировке. Можно считать, что тогда экранировка осуществляется на ср. расстояниях между частицами и параметры γ и μ совпадают. Если ионы многократно заряжены, то параметр электронно-ионного взаимодействия $\gamma = Ze^2 n_i^{1/3}/kT$ содержит заряд иона Ze и ср. межионное расстояние $n_i^{-1/3}$, n_i — концентрация ионов.

Представления, характерные для кинетики газоразрядной идеальной плазмы, неприемлемы для Н. п. Далёкие столкновения между заряж. частицами в ней не преобладают — *кулоновский логарифм* $L = \ln(r_D kT/Ze^2)$ теряет свой смысл. Близкие взаимодействия (на расстояниях макс. сближения частиц Ze^2/kT) оказываются непарными, поскольку длина

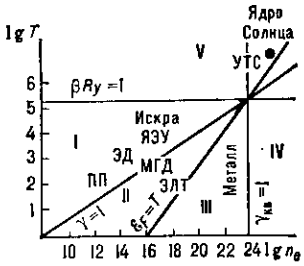


Рис. 1. Диаграмма n_e — T для разных типов неидеальной плазмы. ПП — электронно-дырочная плазма полупроводников; ЭД — плазма электрической дуги, МГД — плазма в магнитогидродинамических генераторах; ЭЛТ — в электролитах, ЯЭУ — плазма энергоустановок с ядерным реактором.

пробега $[\pi(Ze^2/kT)^2 n_i]^{-1}$ сравнима с расстоянием между частицами, что характерно для жидкостей.

Идеальная плазма возникает в результате тепловой ионизации разреженного газа (см. *Саха формула*). Плотное вещество может ионизоваться в результате смятия электронных оболочек атомов и ионов, если ср. расстояние между частицами меньше радиуса оболочки ($r_{ср} \leqslant a_0/Z$, a_0 — радиус Бора). Для такой ионизации не требуются высокие темп-ры, кинетич. энергия характеризуется энергией Ферми $\mathscr{E}_F$. В этом случае критерий неидеальности имеет вид:

$$\gamma_{кв} = Ze^2 n_e^{1/3} \mathscr{E}_F^{-1} \geqslant 1.$$

Такая плазма является вырожденной. Её неидеальность возникает и усиливается с уменьшением плотности, поскольку $\mathscr{E}_F = \hbar^2(3\pi^2 n_e)^{2/3}/2m$.

На диаграмме n_e — T (рис. 1) представлено неск. типов плазмы: I — слабонеидеальная плазма, к к-рой относится, напр., плазма газового разряда; II — классич. неидеальная плазма; III — неидеальная плазма