

МАГНИТНЫЙ ДИПОЛЬ — см. *Диполь магнитный*.
МАГНИТНЫЙ ЗАРЯД — вспомогательное понятие, вводимое при расчётах статич. магн. полей (по аналогии с понятием электр. заряда, создающего электростатич. поле). Согласно классич. теории магнетизма, магн. поле не имеет иных источников, кроме электр. токов. Однако П. А. М. Дирак (P. A. M. Dirac) в 1931 выдвинул гипотезу о существовании в природе обособленных М. з. — *магнитных монополей*, существование последних, также предсказывается в теории *великого объединения*. Гипотеза экспериментально пока не подтверждена, но поиски магн. монополей продолжаются. Для тел, обладающих намагниченностью M , можно ввести понятия объёмной ρ_m и поверхностной σ_m плотностей М. з.; первая связана с неоднородным распределением M по объёму тела и определяется как $\rho_m = \text{div } M$, вторая — со скачком ΔM_n (норм. составляющей намагниченности) на поверхности тела: $\sigma_m = \Delta M_n = M_{n2} - M_{n1}$, где $M_{n2} - M_{n1} = \text{div } M$ — разность норм. составляющих вектора M по обе стороны граничной поверхности магнетика. Плотности М. з. ρ_m и (или) σ_m определяют *магнитостатическую энергию* магнетика. С. В. Вонсовский.

МАГНИТНЫЙ КРУГОВОЙ ДИХРОИЗМ — один из эффектов *магнитооптики*, заключающийся в разл. поглощении света, поляризованного по правому и левому кругу, при его распространении вдоль направления намагниченности среды. Намагниченность среды может быть спонтанной (ферромагнетика); может создаваться внешним пост. магн. полем (во всех средах: жидкостях, газах, твёрдых телах) или возникает в результате ориентации магн. моментов парамагн. атомов эл.-магн. излучением (см. *Оптическая ориентация*). Возникновение М. к. д. определяется правилами отбора по моменту импульса, а также влиянием магн. поля на уровни энергии и волновые ф-ции электронных состояний атомов, на населённости уровней, на вероятности оптич. переходов. М. к. д. используется для изучения магн. свойств основных и возбуждённых электронных состояний. При спектроскопич. магнитооптич. исследованиях М. к. д. как эффект резонансный, наблюдающийся только в области поглощения, обладает более высоким спектральным разрешением, чем *Фарадея эффект*, а как эффект линейный — значительно превышает по величине квадратичный магнитооптич. *Коттона — Мутона эффект*. См. также статьи *Дихроизм*, *Магнитооптика* и лит. при них. В. С. Залеский.

МАГНИТНЫЙ МОМЕНТ — физ. величина, характеризующая магн. свойства системы заряд. частиц (или отд. частицы) и определяющая наряду с др. мультипольными моментами (дипольным электр. моментом, квадрупольным моментом и т. д., см. *Мультиполи*) взаимодействие системы с внеш. эл.-магн. полями и с др. подобными системами.

Согласно представлениям классич. электродинамики, магн. поле создаётся движущимися электр. зарядами. Хотя совр. теория не отвергает (и даже предсказывает) существование частиц с магн. зарядом (*магнитных монополей*), такие частицы пока экспериментально не наблюдались и в обычном веществе отсутствуют. Поэтому элементарной характеристикой магн. свойств оказывается именно М. м. Система, обладающая М. м. μ (аксиальный вектор), на больших расстояниях от системы создаёт магн. поле

$$H = \frac{3r(r\mu) - r^2\mu}{r^5}$$

(r — радиус-вектор точки наблюдения). Аналогичный вид имеет электр. поле диполя, состоящего из двух близко расположенных электр. зарядов противоположного знака. Однако, в отличие от электр. дипольного момента, М. м. создаётся не системой точечных «магн. зарядов», а электр. токами, текущими внутри

системы. Если замкнутый электр. ток плотности $j(r)$ течёт в ограниченном объёме V , то создаваемый им М. м. определяется ф-лой

$$\mu = \frac{1}{2c} \int_V [rj(r)] dV. \quad (1)$$

В простейшем случае замкнутого кругового тока I , текущего вдоль плоского витка площади s , $\mu = Is/c$, причём вектор М. м. направлен вдоль правой нормали к витку.

Если ток создаётся стационарным движением точечных электр. зарядов e_k с массами m_k , имеющими скорости v_k , то возникающий М. м., как следует из ф-лы (1), имеет вид

$$\mu = \frac{1}{2c} \sum_k e_k [r_k v_k],$$

где подразумевается усреднение микроскопич. величин по времени. Поскольку стоящее в правой части векторное произведение пропорционально вектору момента кол-ва движения частицы $L_k = m_k [r_k v_k]$ (предполагается, что скорости $v_k \ll c$), то вклады отд. частиц в М. м. и в момент кол-ва движения оказываются пропорциональными:

$$\mu_L = \frac{e}{2mc} L. \quad (2)$$

Коэффициент пропорциональности $e/2mc$ наз. *гиромангнитным отношением*; эта величина характеризует универсальную связь между магн. и механич. свойствами заряд. частиц в классич. электродинамике. Однако движение элементарных носителей заряда в веществе (электронов) подчиняется законам квантовой механики, вносящей коррективы в классич. картину. Помимо орбитального механич. момента кол-ва движения L электрон обладает внутренним механич. моментом — *спином* $S = \hbar/2$. Полный М. м. электрона равен сумме орбитального М. м. (2) и спинового М. м.

$$\mu_S = \frac{e}{mc} S. \quad (3)$$

Как видно из этой ф-лы (вытекающей из релятивистского *Дирака уравнения* для электрона), гиромангн. отношение для спина оказывается ровно в два раза больше, чем для орбитального момента. Особенностью квантового представления о магн. и механич. моментах является также то, что векторы L , S и μ не могут иметь определённого направления в пространстве вследствие некоммутативности операторов проекции этих векторов на оси координат.

Спиновый М. м. заряд. частицы, определяемый ф-лой (3), наз. *нормальным*, для электрона он равен *магнетону* Бора $\mu_B = e\hbar/m_e c$. Опыт показывает, однако, что М. м. электрона отличается от (3) на величину порядка $\alpha/2\pi$ ($\alpha = e^2/\hbar c$ — постоянная тонкой структуры). Подобная добавка, называемая *аномальным магнитным моментом*, возникает вследствие взаимодействия электрона с фотонами, она описывается в рамках квантовой электродинамики. Аномальными М. м. обладают и др. элементарные частицы; особенно велики они для адронов, к-рые, согласно совр. представлениям, имеют внутр. структуру. Так, аномальный М. м. протона в 2,79 раза больше «нормального» — ядерного магнетона, $\mu_p = e\hbar/Mc$ (M — масса протона), а М. м. нейтрона равен $-1,91\mu_p$, т. е. существенно отличен от нуля, хотя нейтрон не обладает электр. зарядом. Такие большие аномальные М. м. адронов обусловлены внутр. движением входящих в их состав заряд. кварков.

Лит.: Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Теория поля, 7 изд., М., 1988; Хуанг К., Кварки, лептоны и калибровочные поля, пер. с англ., М., 1985. Д. В. Гальцов.