

После введения вектора H из уравнений (59.6) и (59.7) выпадают токи намагничивания, остаются только токи проводимости. В этом смысл введения вектора H . Вектор H играет в учении о магнетизме такую же вспомогательную роль, что и вектор D в учении о диэлектриках. Основным вектором является вектор B . Это — силовой вектор, и его следовало бы называть напряженностью магнитного поля в веществе. Однако по историческим причинам напряженностью магнитного поля в веществе называют вектор H , а вектор B получил неудачное название магнитной индукции. Такая нерациональная терминология сложилась потому, что исторически учение о магнетизме развивалось по аналогии с электростатикой. Источниками магнитного поля считались магнитные заряды, а их, как было установлено позднее, в действительности не существует. Мы вынуждены пользоваться этой нерациональной терминологией ввиду того, что она общепринята. Впрочем, в большинстве случаев мы будем избегать употребления терминов «индукция» и «напряженность» магнитного поля, заменяя их соответственно на «вектор B » и «вектор H ». В вакууме векторы B и H тождественно совпадают.

3. Согласно определению (59.5) векторы B и H имеют одинаковую размерность. Они должны иметь и общую единицу. Единицей B в гауссовой системе является гаусс. Та же единица применяется и для измерения H . Однако в этом случае ее называют эрстедом. Величину B измеряют в гауссах, а величину H — в эрстедах. Считается ошибкой сказать, что поле B равно столькоим то эрстедам, а поле H — столькоим то гауссам. Мы не можем с одобрением относиться к такому соглашению, так как между гауссом и эрстедом абсолютно нет никакой разницы. Это — разные названия одной и той же единицы. Следовало бы сохранить только одно из этих названий: либо гаусс, либо эрстед.

§ 60. Граничные условия для векторов B и H

1. Из уравнений (58.1) и (59.6) легко получить условия, которым должны удовлетворять векторы B и H на границе раздела двух магнетиков. Уравнение (58.1) формально не отличается от соответствующего уравнения для вектора электрической индукции D при отсутствии электрических зарядов. Отсюда следует, что на границе раздела нормальные слагающие вектора B должны быть непрерывны:

$$B_{1n} = B_{2n}. \quad (60.1)$$

Перейдем к выводу граничных условий для вектора H . В целях общности будем предполагать, что вдоль границы раздела течет поверхностный ток проводимости с линейной плотностью i . Применим теорему о циркуляции (59.6) к бесконечно малому прямо-

угольному контуру $ABCD$ (рис. 164), высота которого пренебрежимо мала по сравнению с длиной основания l . Тогда можно пренебречь вкладом в циркуляцию, который вносят боковые стороны AB и CD . В этом приближении циркуляция вектора \mathbf{H} будет $(H_{2t} - H_{1t}) l$. По теореме о циркуляции та же величина равна $\frac{4\pi}{c} i_N l$, где i_N — слагающая тока i вдоль нормали к контуру $N = [nt]$. Приравнявая оба выражения, получим

$$H_{2t} - H_{1t} = \frac{4\pi}{c} i_N. \quad (60.2)$$

Придадим этому соотношению векторную форму. Введем единичный вектор касательной к границе раздела $\mathbf{t} = [Nn]$. Тогда левая часть равенства (60.2) представится в виде

$$(\mathbf{H}_2 - \mathbf{H}_1) \mathbf{t} = (\mathbf{H}_2 - \mathbf{H}_1) \cdot [Nn] = ([n\mathbf{H}_2] - [n\mathbf{H}_1]) N,$$

а правая — в виде $(4\pi)/c (iN)$. Вектор N в плоскости раздела сред может быть направлен как угодно. Поэтому, приравнявая оба выражения, получим

$$[n\mathbf{H}_2] - [n\mathbf{H}_1] = \frac{4\pi}{c} i. \quad (60.3)$$

Если на границе сред ток проводимости не течет, то

$$H_{1t} = H_{2t}, \quad (60.4)$$

т. е. тангенциальные слагающие вектора \mathbf{H} на границе раздела непрерывны.

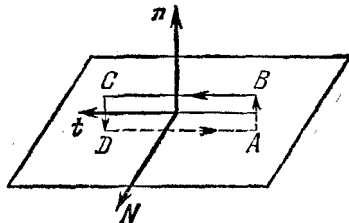


Рис 164.

2. Граничные условия (60.1) и (60.4) указывают *принципиальный способ* измерения векторов \mathbf{B} и \mathbf{H} в веществе. Непосредственное измерение магнитного поля в веществе с помощью пробного витка или магнитной стрелки не может быть выполнено. Во-первых, потому, что в вещество не всегда можно поместить пробный виток (например, это нельзя сделать, когда тело твердое). Во-вторых, если бы это и можно было сделать, то оставалось бы неясным, как по силе, действующей на виток, и ее моменту найти векторы \mathbf{B} и \mathbf{H} . Поэтому для измерения \mathbf{B} и \mathbf{H} в веществе необходимо сделать полость и измерить вектор \mathbf{B} в этой полости. Однако результат будет зависеть от формы полости. Рассмотрим два наиболее важных случая.

С л у ч а й 1. В магнетике сделан бесконечно узкий канал, параллельный магнитному полю. Удаление вещества из такого канала лишь бесконечно мало возмущает поле в окружающем магнетике. В силу граничного условия (60.4) векторы \mathbf{H} в канале и в окружающем магнетике должны быть одинаковы. Поместим

пробный виток в канал и измерим там величину B . Она будет равна вектору H в окружающем магнетике.

С л у ч а й 2. В магнетике сделана щель, ограниченная двумя бесконечно близкими плоскостями, перпендикулярными к магнитному полю. Удаление вещества из такой бесконечно узкой щели также бесконечно мало возмущает магнитное поле в окружающем магнетике. В силу граничного условия (60.1) векторы B в щели и в окружающем магнетике одинаковы. Измерив величину B в щели, мы найдем ее значение и в окружающем магнетике.

§ 61. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость

1. Железо и все так называемые ферромагнитные вещества (сталь, кобальт, никель, различные магнитные сплавы) обладают не только сильными магнитными свойствами. Они характеризуются весьма сложной зависимостью между векторами I и B . Эта зависимость — *нелинейная*. Кроме того, для указанных веществ наблюдается *гистерезис*, т. е. зависимость намагничивания от предшествующей истории магнетика. Только для парамагнитных и диамагнитных сред (а такие среды по сравнению с ферромагнитными обладают слабыми магнитными свойствами) зависимость между I и B линейная и для изотропных сред может быть записана в виде $I = \kappa_1 B$. Было бы рационально записывать это соотношение именно в такой форме. Однако в силу исторических причин, о которых было сказано в § 59, принято выражать вектор I не через B , а через H . Вместо соотношения, приведенного выше, пишут

$$I = \kappa H. \quad (61.1)$$

Ошибки в этом нет, так как ввиду соотношения (59.5) из пропорциональности между I и B следует и пропорциональность между I и H . Подставляя выражение (61.1) в соотношение (59.5), получим

$$B = \mu H, \quad (61.2)$$

где

$$\mu = 1 + 4\pi\kappa. \quad (61.3)$$

Величина κ называется *магнитной восприимчивостью*, а μ — *магнитной проницаемостью* вещества. Тела, для которых $\kappa > 0$ и, следовательно, $\mu > 1$, называются *парамагнитными* или *парамагнетиками*. К ним относятся, например, кислород, алюминий, платина, хлористое железо (FeCl_3) и т. д. Тела, для которых $\kappa < 0$ и, следовательно, $\mu < 1$, называются *диамагнитными* или *диамагнетиками*. Таковы азот, углекислота, вода, серебро, висмут и пр. Парамагнетики намагничиваются вдоль, а диамагнетики — противоположно магнитному полю.