

(62.1) к формуле (62.2) совершается простым интегрированием. Подчеркнем еще раз, что при перемещении витка сила тока в нем *должна поддерживаться постоянной*. Это достигается путем надлежащего увеличения электродвижущей силы источника.

§ 63. Способ Гаусса измерения магнитных полей

Постоянные магниты являются магнетиками, вектор намагничивания I которых практически не изменяется при внесении магнита во внешнее магнитное поле (если последнее не слишком сильное). На этом основан *метод Гаусса* измерения напряженности магнитного поля. Пусть магнит имеет форму прямого стержня, намагниченного параллельно его оси. Обозначим через \mathfrak{M} его магнитный момент. В однородном магнитном поле B на магнит действует вращающий момент $[\mathfrak{M}B]$. Если магнит может свободно вращаться вокруг своего центра масс, то под действием этого вращающего момента вектор \mathfrak{M} установится вдоль B . Выведем немного магнит из положения равновесия. Возникнут малые колебания с периодом

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{\Theta}{mB}}, \quad (63.1)$$

где Θ — момент инерции магнита.

Закрепим теперь магнит перпендикулярно к магнитному полю B и поместим вдали от магнита на продолжении его оси маленькую магнитную стрелку. Считая магнит точечным диполем, для магнитного поля B_1 магнита в месте нахождения стрелки можно написать $B_1 = 2\mathfrak{M}/r^3$, где r — расстояние между центрами стрелки и магнита. Это поле направлено вдоль оси магнита, т. е. перпендикулярно к измеряемому полю B . Под действием полей B и B_1 стрелка установится под углом α к полю B , который определяется соотношением

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B_1}{B} = \frac{2\mathfrak{M}}{Br^3}. \quad (63.2)$$

Измерив время T и угол α , можно по формулам (63.1) и (63.2) вычислить как напряженность поля B , так и магнитный момент магнита \mathfrak{M} .

Можно поступить и иначе. Магнит по-прежнему закрепляют перпендикулярно к полю B , но магнитную стрелку помещают на линии, перпендикулярной к оси магнита и проходящей через его центр. Тогда поле магнита B_2 в месте нахождения стрелки определится по формуле $B_2 = \mathfrak{M}/r^3$ и будет направлено противоположно вектору \mathfrak{M} , т. е. по-прежнему перпендикулярно к вектору B . Поэтому угол α между B и осью стрелки в положении

равновесия определится соотношением

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B_2}{B} = \frac{\mathfrak{M}}{Br^3}, \quad (63.3)$$

которым можно воспользоваться вместо соотношения (63.2).

Со времен Гаусса описанный способ широко применяется для измерения магнитного поля Земли. При этом магнит и магнитная стрелка располагаются в горизонтальной плоскости и могут вращаться вокруг вертикальной оси. В таком случае методом Гаусса определяется не полное магнитное поле Земли B , а только его *горизонтальная составляющая*.

§ 64. Электромагнитная индукция

1. Открытие *электромагнитной индукции* Фарадеем в 1831 г. было одним из наиболее фундаментальных открытий в электродинамике. Для демонстрации этого явления возьмем неподвижный магнит и проволочную катушку, концы которой соединим с гальванометром. Если катушку приближать к одному из полюсов магнита, то во время движения стрелка гальванометра отклоняется — в катушке возбуждается электрический ток. При движении катушки в обратном направлении направление тока меняется на противоположное. То же самое происходит, если повернуть магнит на 180° , не меняя направления движения катушки. Магнит можно заменить другой катушкой с током или электромагнитом. Вообще, при движении катушки в постоянном магнитном поле в ней (за исключением некоторых специальных случаев, которые выяснятся ниже) возбуждается электрический ток, прекращающийся, когда катушка останавливается. Этот ток называется *индукционным током*, а самое явление — *электромагнитной индукцией*. В частности, когда катушка равномерно вращается в постоянном магнитном поле, индукционный ток периодически меняет свою силу и направление.

2. Возбуждение электрического тока при движении проводника в магнитном поле объясняется действием силы Лорентца, возникающей при движении проводника. Рассмотрим сначала простейший случай, когда два параллельных провода AB и CD помещены в постоянное однородное магнитное поле, перпендикулярное к плоскости рисунка и направленное к читателю (рис. 169). Слева провода AB и CD замкнуты, справа — разомкнуты. Вдоль проводов может свободно скользить проводящий мостик BC . Когда мостик движется вправо со скоростью v , вместе с ним движутся электроны и положительные ионы. На каждый движущийся заряд e в магнитном поле действует сила Лорентца $F = \frac{e}{c} [vB]$. На положительный ион она действует вниз, на отрицательный электрон —