

Тогда по формуле (15.14)

$$B_1 = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{2I_1}{a},$$

причем вектор \mathbf{B}_1 перпендикулярен элементу $d\mathbf{l}$ второго проводника, так что $\sin(\widehat{d\mathbf{l}, \mathbf{B}_1}) = 1$. Поэтому сила $d\mathbf{F}_2$ численно равна

$$dF_2 = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{2I_1 I_2 dl}{a}.$$

Аналогичными рассуждениями легко показать, что на участок $d\mathbf{l}$ первого проводника действует сила $d\mathbf{F}_1$, направленная в сторону, противоположную $d\mathbf{F}_2$, и численно равная ей:

$$dF_1 = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{2I_1 I_2 dl}{a}.$$

Тогда для dF_1 и dF_2 можно написать общую формулу:

$$dF = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{2I_1 I_2}{a} dl. \quad (15.19)$$

Для нахождения числового значения вектора силы \mathbf{F} , действующей на участок проводника конечной длины l , проинтегрируем это равенство по l от 0 до l :

$$F = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{2I_1 I_2}{a} l. \quad (15.19')$$

§ 15.3. Системы единиц электромагнитных величин

1. **Международная система единиц (СИ).** За единицу силы тока в СИ принимается **ампер (А)** — сила такого постоянного тока, при прохождении которого по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины, находящимся в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, сила электромагнитного взаимодействия между проводниками равна $2 \cdot 10^{-7}$ на каждый метр длины. С помощью этого определения ампера и формулы (15.19') находим значение магнитной постоянной μ_0 :

$$\mu_0 = \frac{4\pi F a}{2I^2 l} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ В} \cdot \text{с}/(\text{А} \cdot \text{м}),$$

так как $1 \text{ Н} = 1 \text{ Дж/м} = 1 \text{ В} \cdot \text{Кл/м} = 1 \text{ В} \cdot \text{А} \cdot \text{с/м}$.

Единицей магнитной индукции является **тесла (Т)** — магнитная индукция такого однородного магнитного поля, которое действует с силой в 1 Н на каждый метр длины прямолинейного проводника с током в 1 А, расположенного перпендикулярно направлению поля. Из формулы (14.3) следует, что

$$1 \text{ Т} = 1 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{А} \cdot \text{м}^2} = 1 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{м}^2}.$$

За единицу напряженности магнитного поля, называемую **ампер на метр** (А/м), принимается напряженность такого поля, магнитная индукция которого в вакууме равна $4\pi \cdot 10^{-7}$ Т.

2. **Абсолютная электромагнитная система единиц (СГСМ)**. В основу этой системы положены первичные единицы системы СГС для механических величин (сантиметр, грамм массы, секунда), а коэффициент κ_2 в законе Био—Савара—Лапласа (15.3) считается безразмерным и полагается равным единице:

$$d\mathbf{B} = \mu \frac{I}{r^3} [dl \mathbf{r}]. \quad (15.20)$$

Форма записи закона Ампера (14.5) в системе СГСМ такая же, как и в СИ. Поэтому формула для силы электромагнитного взаимодействия двух длинных параллельных прямолинейных проводников с током несколько отличается от (15.19')

$$F = \mu \frac{2I_1 I_2}{a} l. \quad (15.21)$$

За единицу силы тока в системе СГСМ принимается сила такого постоянного тока, при прохождении которого по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины, находящимся в вакууме на расстоянии 2 см друг от друга, сила электромагнитного взаимодействия между проводниками равна 1 дин на каждый сантиметр длины. Из формулы (15.21) следует

$$1 \text{ СГСМ}_I = 1 \text{ дин}^{1/2} = 1 \text{ г}^{1/2} \cdot \text{см}^{1/2} \cdot \text{с}^{-1}.$$

Для нахождения связи между 1 СГСМ_I и ампером вычислим по формуле (15.19'), где $I_1 = I_2 = I$, силу тока I в амперах при условии, что $F = 1 \text{ дин} = 10^{-5}$ Н, $a = 2 \cdot 10^{-2}$ м и $l = 10^{-2}$ м:

$$I = \sqrt{\frac{4\pi a F}{2\mu_0 l}} = \sqrt{\frac{4\pi \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-5}}{2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10^{-2}}} \text{ А} = 10 \text{ А}.$$

Таким образом, единицы силы тока и заряда в системе СГСМ и СИ связаны соотношениями:

$$1 \text{ СГСМ}_I = 10 \text{ А} \text{ и } 1 \text{ СГСМ}_q = 10 \text{ Кл}.$$

Соответственно единицы силы тока и заряда в системах СГСМ и СГСЭ связаны соотношениями:

$$1 \text{ СГСМ}_I = 3 \cdot 10^{10} \text{ СГСЭ}_I \text{ и } 1 \text{ СГСМ}_q = 3 \cdot 10^{10} \text{ СГСЭ}_q.$$

Связь между магнитной индукцией и напряженностью магнитного поля в системе СГСМ имеет вид

$$\mathbf{B} = \mu \mathbf{H}. \quad (15.22)$$

За единицу магнитной индукции в системе СГСМ, называемую **гауссом** (Гс), принимается магнитная индукция однородного магнитного поля, действующего с силой в 1 дин на каждый сан-

тиметр длины прямолинейного проводника с током в 1 СГСМ_I, расположенного перпендикулярно направлению поля. Из формулы (14.3) следует:

$$1 \text{ Гс} = 1 \frac{\text{дин}}{\text{СГСМ}_I \cdot \text{см}} = \frac{10^{-6} \text{ Н}}{10 \text{ А} \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 10^{-4} \text{ Т.}$$

Единицей напряженности магнитного поля является эрстед (Э) — напряженность такого магнитного поля, магнитная индукция которого в вакууме равна 1 Гс. В СИ напряженность этого поля

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{10^{-4}}{4\pi \cdot 10^{-7}} \frac{\text{А}}{\text{м}} = \frac{10^3}{4\pi} \text{ А/м.}$$

Следовательно, $1 \text{ Э} = (10^3/4\pi) \text{ А/м.}$

3. **Абсолютная система единиц Гаусса.** В этой системе, наиболее часто используемой в теоретической физике, все электрические величины выражаются в единицах системы СГСЭ, а все магнитные — в единицах системы СГСМ. Поэтому коэффициенты κ_2 в законе Био—Савара—Лапласа (15.3) и κ в законе Ампера (14.2) отличны от единицы: $\kappa_2 = \kappa = 1/c$, где c — так называемая **электродинамическая постоянная**, показывающая, скольким единицам заряда (или силы тока) в системе СГСЭ эквивалентна одна единица заряда (или силы тока) в системе СГСМ, т.е.

$$c = 3 \cdot 10^{10} \frac{\text{СГСЭ}_q}{\text{СГСМ}_q} = 3 \cdot 10^{10} \frac{r^{1/2} \cdot \text{см}^{3/2} \cdot \text{с}^{-1}}{r^{1/2} \cdot \text{см}^{1/2}} = 3 \cdot 10^{10} \text{ см/с.}$$

В гауссовой системе единиц законы Ампера и Био—Савара—Лапласа имеют вид:

$$dF = \frac{1}{c} I [dl \text{ В}], \quad (15.23)$$

$$dH = \frac{1}{c} \frac{I}{r^3} [dl \text{ г}] \text{ и } dB = \frac{\mu}{c} \frac{I}{r^3} [dl \text{ г}]. \quad (15.24)$$

§ 15.4. Магнитное поле кругового тока

1. Найдем индукцию и напряженность магнитного поля в центре O кругового витка радиуса R с током I (рис. 15.5). По закону Био—Савара—Лапласа (15.6), магнитная индукция поля, создаваемого в точке O элементом dl витка с током,

$$dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I dl \sin(\widehat{dl, r})}{r^2}.$$

В рассматриваемом примере радиус-вектор r перпендикулярен элементу тока dl , а по модулю равен радиусу витка, так что