4.5 Магнитное поле элемента тока

Продифференцировав уравнение (4.13) получим:

$$\mathbf{dA} = \frac{\mu\mu_o}{4\pi}\frac{\mathbf{I d\ell}}{\mathbf{r}} \quad . \tag{4.14}$$

Определим напряженность **H**, создаваемую элементом тока.

$$\mathbf{dH} = \frac{\mathbf{dB}}{\mu\mu_o} = \frac{\mathbf{rotdA}}{\mu\mu_o} = \frac{\mathbf{I}}{4\pi}\mathbf{rot}(\frac{1}{\mathbf{r}}\cdot\mathbf{d\ell}).$$

Здесь: $\mathbf{rot}(\frac{1}{\mathbf{r}}\cdot\mathbf{d\ell}) = \mathbf{grad}(\frac{1}{\mathbf{r}})\cdot\overline{\mathbf{d\ell}} - \frac{1}{\mathbf{r}}\cdot\mathbf{rotd\ell}$; $\quad \mathbf{rotd\ell} = \mathbf{0}$;

$$\mathbf{grad}(\frac{1}{\mathbf{r}}) = \mathbf{r_o}\cdot\frac{\mathbf{d}}{\mathbf{dr}}(\frac{1}{\mathbf{r}}) = -\frac{\mathbf{r_o}}{\mathbf{r}^2};\ \mathbf{r_o} = \frac{\overline{\mathbf{r}}}{\mathbf{r}}.$$

После подстановки поясняющих выражений получим:

$$\mathbf{dH} = \frac{\mathbf{I}}{4\pi}\cdot\frac{[-\overline{\mathbf{r}}_o\cdot\overline{\mathbf{d\ell}}]}{\mathbf{r}^2} = \mathbf{I}\cdot\frac{[\overline{\mathbf{d\ell}}\cdot\overline{\mathbf{r}}_o]}{\mathbf{r}^2}. \tag{4.15}$$

Уравнение (4.15) – есть закон Био-Савара-Лапласа.

$\overline{\mathbf{d\ell}}\cdot\overline{\mathbf{r}}_\mathbf{o}$ - векторное произведение, равное $d\ell\cdot r_o \sin(\overline{\mathbf{d\ell}} \hat{\ } \overline{\mathbf{r}}_\mathbf{o})$

$$\mathbf{dB} = \mu\mu_o\mathbf{dH} = \mu\mu_o\frac{\mathbf{I}}{4\pi}\cdot\frac{[-\overline{\mathbf{r}}_o\cdot\overline{\mathbf{d\ell}}]}{\mathbf{r}^2} = \mathbf{I}\cdot\frac{[\overline{\mathbf{d\ell}}\cdot\overline{\mathbf{r}}_o]}{\mathbf{r}^2}. \tag{4.16}$$

Закон Био-Савара-Лапласа позволяет вычислить параметры поля создаваемого проводником любой сложной формы. По закону полного тока удобно вычислять параметры поля B, H, создаваемого проводниками правильной формы.

В зависимости от среды, в которой протекает электрический ток, элемент тока записывают как $Id\ell$, $\overline{\boldsymbol{\delta}}\mathbf{Sd\ell}$ или $\overline{\boldsymbol{\delta}}\mathbf{d}V$. $\overline{\boldsymbol{\delta}}\mathbf{d}V$ - для жидких проводящих сред.