# ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

## Лекция «Магнитное поле и его характеристики»

# Источники магнитного поля

- Постоянные магниты;
- Электрические токи;
- Движущиеся заряды.

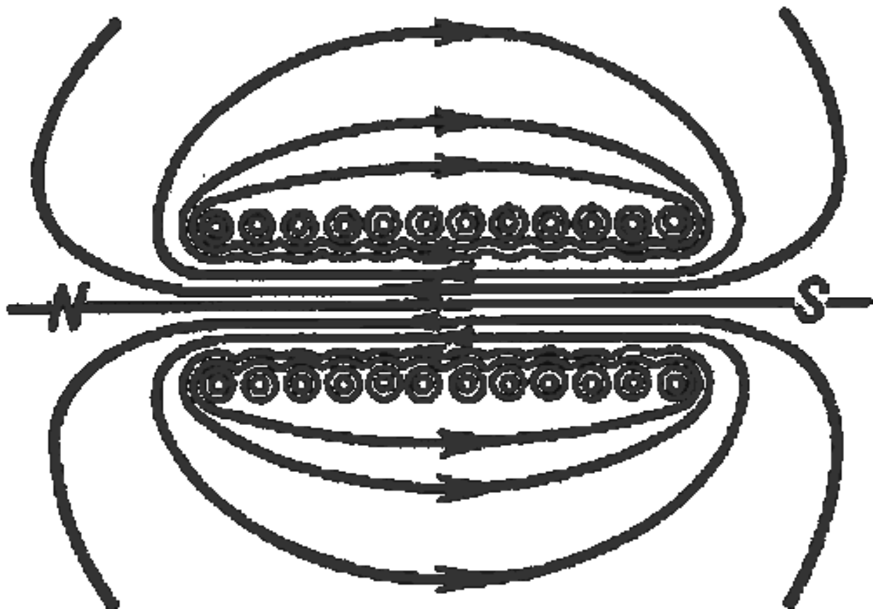
Важнейшей **особенностью** магнитного поля является то, что оно действует только на *движущиеся* в этом поле электрические заряды

# Магнитная индукция

- *Количественная* характеристика магнитного поля – это **вектор магнитной индукции В**. Его используют также в качестве силовой характеристикой, численно приравнивая максимальному вращающему моменту, действующему на рамку с магнитным моментом, равным единице. В качестве единицы измерения магнитной индукции в системе СИ принимают **тесла** (Тл).

# Линии магнитной индукции

По аналогии с электрическими магнитные поля можно изображать с помощью **линий магнитной индукции** – линий, касательные к которым в каждой точке совпадают с направлением вектора **B**. Их направление задается *правилом правого винта*: головка винта, ввинчиваемого по направлению тока, вращается в направлении линий магнитной индукции. Линии магнитной индукции всегда *замкнуты* и охватывают проводники с током.

# Напряженность магнитного поля

В любом теле существуют микроскопические токи, обусловленные движением электронов в атомах и молекулах. Эти микротоки создают свое магнитное поле и могут поворачиваться в магнитных полях макротоков. Вектор магнитной индукции **B** характеризует *результирующее* магнитное поле, создаваемое всеми *макро-* и *микротоками*. Магнитное поле *макротоков* описывается **вектором напряженности H**. Для однородной изотропной среды вектор магнитной индукции связан с вектором напряженности следующим соотношением:

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H},$$

где $\mu_0$ – магнитная постоянная ($\mu_0$ = 4π×10$^{-7}$ Гн/м),

$\mu$ – безразмерная величина – **магнитная проницаемость среды**, показывающая, во сколько раз магнитное поле макротоков **H** усиливается за счет поля микротоков среды.

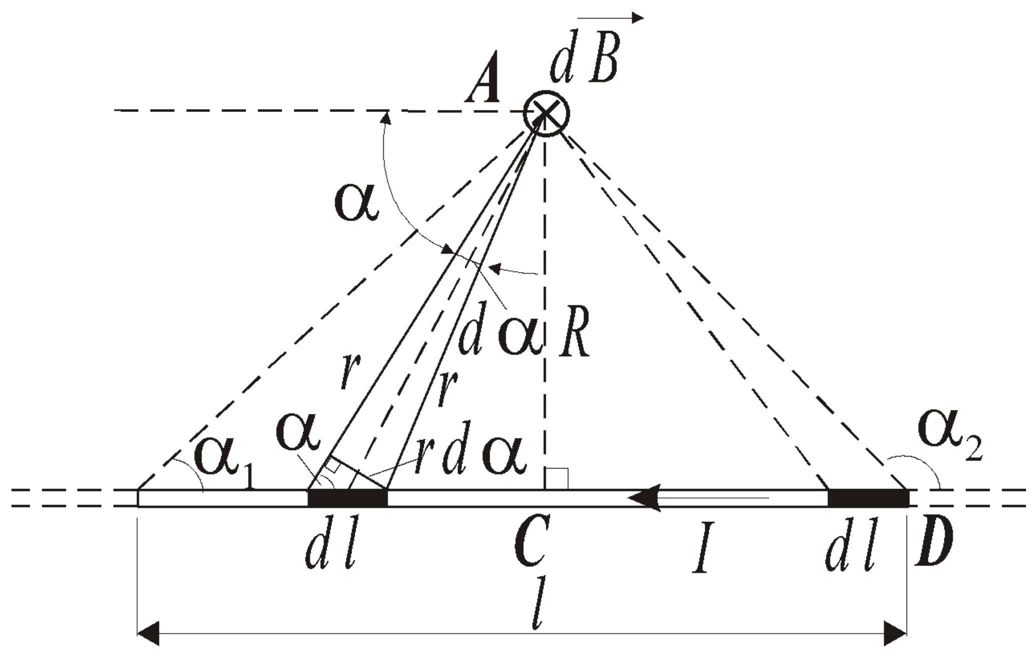
В СИ напряженность магнитного поля измеряют в ампер на метр (А/м).

# Закон Био-Савара-Лапласа

**Закон Био–Савара–Лапласа**, с помощью которого рассчитываются магнитные поля, в векторной и скалярной формах имеет вид соответственно:

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I\left[d\vec{l} \times \vec{r}\right]}{r^3} \qquad dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{Idl\sin\alpha}{r^2}$$

где *dB* – магнитная индукция, создаваемая элементарным проводником *dl*, по которому течет ток *I*, в точке *A*; α – угол между направлением тока в проводнике и радиус-вектором **r**. Выбор направления (от нас) вектора индукции объясняется выше.



# Расчет индукции МП в вакууме ($\mu = 1$) на расстоянии *R* от конечного (длиной *l*) или бесконечного прямого проводника с током *I* (рис. выше)

$$B = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} dB = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{\mu_0 I \sin\alpha \cdot dl}{4\pi r^2} = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{\mu_0 I \sin\alpha \cdot r d\alpha}{4\pi r^2 \sin\alpha} = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{\mu_0 I}{4\pi r} d\alpha =$$

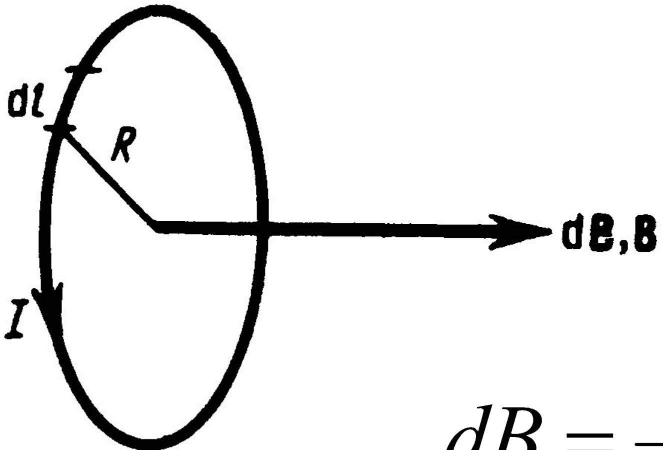
$$= \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \sin\alpha d\alpha = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}(-\cos\alpha)\Bigg|_{\alpha_1}^{\alpha_2} = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}(\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2).$$

Для бесконечного провода $\alpha_1 \to 0, \alpha_2 \to \pi.$

В результате для бесконечного прямого провода с током *I* имеем

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}.$$

# Расчет индукции МП в вакууме ($\mu$ = 1) в центре кругового витка радиусом *R* с током *I*

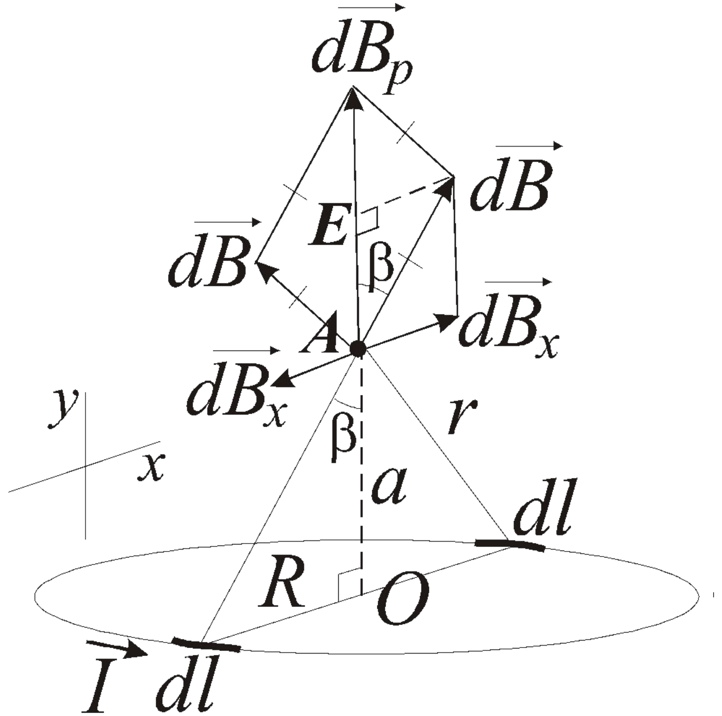



Каждый элемент проводника в соответствии с законом Био-Савара-Лапласа создает в центре витка магнитную индукцию

$$dB = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} dl$$ , где sin α = 1, т.к. α = π/2

$$B = \int_0^{2\pi R} dB = \int_0^{2\pi R} \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} dl = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} \int_0^{2\pi R} dl = \frac{\mu_0 I}{4\pi R^2} 2\pi R = \frac{\mu_0 I}{2R}.$$

# Расчет индукции МП в вакууме ($\mu = 1$) на перпендикуляре, восстановленном из центра проводящего кольца радиусом *R* с током *I*, на расстоянии *a* от плоскости кольца




В силу симметрии вдоль направления *x* интеграл $\int d\vec{B}_x = 0.$

Согласно построению *AE* равен половине $dB_p$, откуда

$$dB_p = 2dB\sin\beta = 2\frac{\mu_0 IR}{4\pi r^3}dl,$$

тогда

$$B_p = \int_0^{\pi R} dB_p = \int_0^{\pi R}\frac{\mu_0 IR}{2\pi r^3}dl = \frac{\mu_0 IR}{2\pi r^3}\int_0^{\pi R} dl = \frac{\mu_0 IR}{2\pi r^3}\pi R = \frac{\mu_0 IR^2}{2\sqrt{(R^2+a^2)^3}}.$$

# *Благодарю за внимание*