

Билет № 16

Теорема о циркуляции

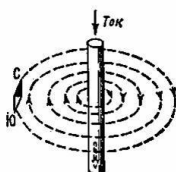
$$\oint B dl = \mu_0 I$$

Циркуляция магнитного поля постоянных токов по замкнутому контуру пропорциональна сумме токов, пронизывающих контур циркуляции.

Коэффициент пропорциональности — μ_0 — магнитная постоянная

Магнитные поля систем, обладающих симметрией

Бесконечный провод



Пусть по проводу течет ток I . Рассмотрим круглый контур, перпендикулярный проводу. Запишем теорему о циркуляции:

$$B * 2\pi r = \mu_0 I$$

Плоскость

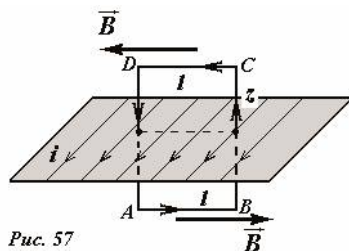


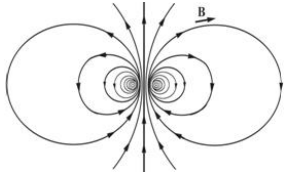
Рис. 57

Пусть плотность тока J

Запишем теорему о циркуляции для прямоугольного контура, перпендикулярного плоскости. Пусть его длина l , а ширина пренебрежимо мала.

$$B * 2l = \mu_0 J l$$

Кольцо



Пусть радиус кольца r

Найдем индукцию магнитного поля в центре кольца с помощью закона Био-Савара-Лапласа:

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I * [r \times dl]}{r^3}$$
 — вклад в напряженность куска провода dl

Полная индукция равна сумме всех таких. Полная длина провода $2\pi r$

$$B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I * 2\pi r * r}{r^3} \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2r}$$

Закон Био-Савара-Лапласа

Индукция магнитного поля, создаваемая кусочком проводника dr :

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{I * [r \times dr]}{r^3}$$

где r — радиус-вектор, проведенный из точки, в которой ищется поле, к кусочку проводника

Магнитный момент витка и циркулирующего заряда

Магнитный момент для контура с током вводят, как:

$$P_m = ISn$$

где n - единичный вектор нормали.

Магнитный момент должен быть направлен в ту же сторону, что и индукция магнитного поля, создаваемая этим контуром.

Посчитаем магнитный момент циркулирующего заряда.

Пусть заряд вращается по окружности с радиусом r и периодом T , тогда:

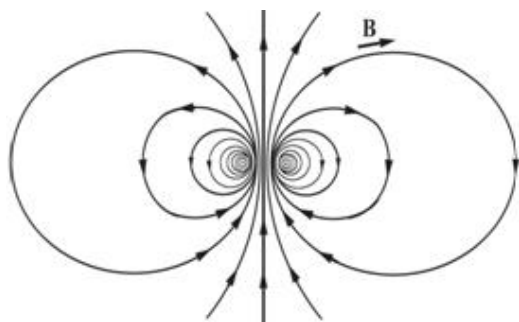
$$I = \frac{q}{T}$$

$$S = \pi r^2$$

$$|P_m| = \frac{q\pi r^2}{T}$$

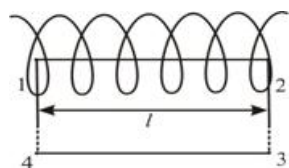
Поле соленоида

Соленоид можно представить в виде системы одинаковых круговых токов с общей осью.



Рассмотри один виток. Он создает магнитное поле, перпендикулярное плоскости витка в точках принадлежащих этой плоскости

А значит поле внутри и снаружи соленоида должно быть однородным.



Рассмотрим прямоугольный контур. Пусть отрезок 34 настолько далеко, что полем в нем можно пренебречь. Отрезки 23 и 14 перпендикулярны линиям магнитного поля, т.е. $B = 0$

Запишем теорему о циркуляции для контура 1234:

$$Bl = \mu_0 I n l$$

где n - количество витков на единицу длины

Таким образом индукция магнитного поля внутри соленоида: $B = \mu_0 I n$

Повторив те же рассуждения для контура, одна из сторон которого находится близко к соленоиду, а вторая — бесконечно далеко от него, мы получим, что индукция магнитного поля вне соленоида равно 0.