

Решение задач по теме:
Магнитное поле. Магнитная индукция

Теоретический материал

Магнитное взаимодействие осуществляется посредством поля.

Источником магнитного поля могут выступать: движущиеся заряженные частицы или изменяющееся во времени электрическое поле.

Магнитная индукция \vec{B} – характеристика магнитного поля, является векторной величиной.

За направление магнитной индукции в данной точке принимают направление, на которое указывает северный полюс свободно вращающейся магнитной стрелки, расположенной вблизи данной точки.

$B = \frac{F}{I \cdot l}$ Модуль магнитной индукции в данной точке равен отношению силы, действующей на проводник с током, расположенный вблизи данной точки перпендикулярно вектору магнитной индукции, к произведению силы тока в проводнике и длины проводника.

Единица магнитной индукции [Тл] тесла в честь сербо-американского ученого Николы Тесла. $[Тл] = \frac{Н}{А \cdot м}$

Сила Ампера – сила, действующая на проводник с током в магнитном поле. $F_A = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha$

α , – угол между проводником и вектором магнитной индукции.

Направление силы Ампера. Правило левой руки: если раскрытую ладонь левой руки расположить так, чтобы вектор магнитной индукции входил в ладонь, а четыре вытянутых пальца указывали направление тока в проводнике, то отогнутый в плоскости ладони большой палец покажет направление силы, действующей на проводник со стороны магнитного поля.

Применение силы Ампера. Ориентирующее (поворачивающее) действие магнитного поля на рамку с током используют для измерения магнитного поля, а также в электродвигателях.

Сила Лоренца – сила, действующая со стороны магнитного поля на заряженную частицу. $F_L = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha$

где q – модуль заряда частицы; v – модуль скорости частицы; B – модуль вектора магнитной индукции; α – угол между скоростью частицы и вектором магнитной индукции.

Направление силы Лоренца. Правило левой руки: если раскрытую ладонь левой руки расположить так, чтобы вектор магнитной индукции входил в ладонь, а четыре вытянутых пальца указывали направление положительно заряженной частицы, то отогнутый в плоскости ладони большой палец покажет направление силы, действующей на частицу.

Направление силы Лоренца. Перпендикулярно скорости частицы и вектору магнитной индукции. Поэтому если частица влетает в магнитное поле перпендикулярно вектору магнитной индукции, то под действием силы Лоренца она будет двигаться по окружности в плоскости, перпендикулярной вектору \vec{B} .

Направление силы Лоренца. Подобна центростремительной силе. $\frac{m \cdot V^2}{R} = q \cdot V \cdot B$ или $R = \frac{m \cdot V}{q \cdot B}$

Направление линий магнитной индукции. Правило буравчика. Если вращать буравчик так, чтобы направление его поступательного движения совпало с направлением тока, то направление ручки буравчика покажет направление линий магнитной индукции.

Необходимые формулы

$$B = \frac{F}{I \cdot l} \quad \text{Модуль магнитной индукции в данной точке}$$

$$F_A = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha \quad \text{Сила Ампера}$$

$$F_{Л} = q \cdot v \cdot B \cdot \sin \alpha \quad \text{Сила Лоренца}$$

$$\frac{m \cdot V^2}{R} = q \cdot V \cdot B$$

$$R = \frac{m \cdot V}{q \cdot B}$$

1. Притягиваются или отталкиваются провода троллейбусной линии, когда по ним проходит электрический ток?

Отталкиваются. Токи в проводах текут в противоположных направлениях, поэтому провода отталкиваются.

2. Проводник, сила тока в котором 8 А, находится в однородном магнитном поле. Какова индукция магнитного поля, если на прямолинейный участок проводника длиной 10 см, образующий угол 30° с направлением вектора магнитной индукции, действует со стороны магнитного поля сила 10 мН?

Дано: проводник

$$I = 8 \text{ А}$$

$$l = 10 \text{ см}$$

$$F = 10 \text{ мН}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Найти: B

$$F_A = I \cdot l \cdot B \cdot \sin \alpha$$

$$B = \frac{F}{I \cdot l \cdot \sin \alpha} = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 0,1 \cdot \frac{1}{2}} = 0,025 \text{ (Тл)} = 25 \text{ мТл}$$

3. Электрон влетает в однородное магнитное поле под прямым углом к линиям магнитной индукции. Магнитная индукция поля равна 50 мТл, скорость электрона 20000 км/с. Найдите радиус окружности, по которой будет двигаться электрон, и период его обращения.

Дано: электрон

$$B = 50 \text{ мТл}$$

$$V = 20000 \text{ км/с}$$

$$m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

Найти: R; T

На электрон, влетающий в магнитное поле, действует сила Лоренца и центростремительная сила, поэтому:

$$\frac{m \cdot V^2}{R} = q \cdot V \cdot B$$

$$R = \frac{m \cdot V}{q \cdot B} = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 20000 \cdot 10^3}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 50 \cdot 10^{-3}} = 0,023 \text{ (м)} = 2,3 \text{ (мм)}$$

Найдем период из формулы скорости

$$V = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{T}$$

$$T = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{V} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,023}{20000 \cdot 10^3} = 0,0072 \text{ мкс.} = 0,71 \text{ нс}$$

4. Горизонтальный проводник массой $m=20$ г подвешен за концы на двух проводах. Средняя часть проводника длиной 50 см находится в вертикальном однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл; провода находятся вне области магнитного поля. По проводнику протекает ток. Сила тока 2 А. На какой угол от вертикали отклоняются провода? Считать ускорение свободного падения 10 м/с².

Дано: проводник

$$m = 20 \text{ г}$$

$$l = 50 \text{ см}$$

$$B = 0,1 \text{ Тл}$$

$$I = 2 \text{ А}$$

Найти: α

На проводник действует в горизонтальном направлении сила Ампера

$$F_A = I \cdot l \cdot B \cdot \sin 90^\circ = I \cdot l \cdot B$$

Равнодействующая силы Ампера и силы тяжести должна быть направлена параллельно проводам подвеса.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{B \cdot I \cdot l}{m \cdot g} = \frac{0,1 \cdot 2 \cdot 0,5}{20 \cdot 10^{-3} \cdot 10} = 0,5$$

$$\alpha = 27^\circ$$

5. Электрон, разогнанный разностью потенциалов 2 кВ, влетает в однородное магнитное поле с индукцией 150 мТл перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определите радиус окружности, которую опишет электрон.

Дано: электрон

$$U = 2 \text{ кВ}$$

$$B = 150 \text{ мТл}$$

Найти: r

Рассчитаем скорость электрона в электрическом поле:

$$e \cdot U = \frac{m_e \cdot V^2}{2} \quad V = \sqrt{\frac{2 \cdot e \cdot U}{m_e}}$$

В магнитном поле центростремительное ускорение сообщает электрону сила Лоренца.

$$e \cdot V \cdot B = \frac{m_e \cdot V^2}{r}$$

$$r = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2 \cdot m_e \cdot U}{e}} = \frac{1}{150 \cdot 10^{-3}} \sqrt{\frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 2 \cdot 10^3}{1,6 \cdot 10^{-19}}} = 1 \text{ (мм)}$$

Задачи для самостоятельного решения

1. Проводник, сила тока в котором равна 15 А, находится в однородном магнитном поле индукцией 50 мТл. Какой угол образует с направлением вектора магнитной индукции прямолинейный участок проводника длиной 20 см, если на этот участок действует со стороны магнитного поля сила 75 мН?
2. Какая сила действует на электрон, движущийся со скоростью 60000 км/с в однородном магнитном поле индукцией 0,15 Тл? Электрон движется перпендикулярно линиям магнитной индукции поля.
3. Электрон влетает в однородное магнитное поле со скоростью 10000 км/с и движется по окружности радиусом 2 см. Какова магнитная индукция поля?
4. Протон движется в однородном магнитном поле с магнитной индукцией 20 мТл по окружности радиусом 5 см. Найдите скорость протона.
5. В однородном магнитном поле с магнитной индукцией 30 мТл перпендикулярно линиям магнитной индукции влетает электрон с кинетической энергией 50 кэВ. Определите радиус окружности, которую опишет электрон.
6. Протон, влетевший после разгона в однородное магнитное поле с индукцией 50 мТл, движется по окружности радиусом 5 см. Какую разность потенциалов прошел электрон при разгоне?