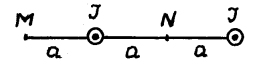


Задача 1.

Поле создается двумя прямыми бесконечными токами, перпендикулярными плоскости рисунка. Рассчитайте магнитную индукцию в точках М, если $I = 10\text{А}$, $a = 5\text{см}$. Укажите направления этих векторов.



Дано:

$$I_1 = 10\text{А}$$

$$I_2 = 10\text{А}$$

$$a = 5\text{см} = 5 \cdot 10^{-2}\text{м}$$

B - ?

В точке М магнитное поле создается двумя токами I_1 и I_2 .

Магнитная индукция магнитного поля в этой точке от тока I_1 находится по формуле $B_{I_1}^M = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}$, где a - расстояние от тока до точки наблюдения.

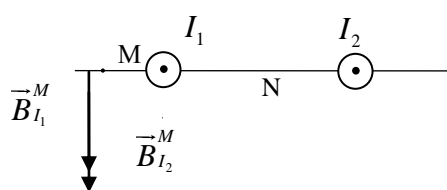
Напряженность магнитного поля от тока I_2 соответственно будет

определяться формулой: $B_{I_2}^M = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi \cdot 3a}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\text{ Гн/м}$ - магнитная

постоянная.

На рисунке ток I_1 идет к нам (он изображен точкой), а ток I_2 направлен к нам (кружок с точкой). Применяя правило правого винта, получим следующие направления напряженностей $B_{I_1}^A$ и $B_{I_2}^A$. Направление магнитной индукции от первого тока идет вниз. Проводник со вторым током создает магнитное поле, вектор магнитной индукции в точке А направлен вниз.

Т.о. общая напряженность магнитного поля в точке М будет $\vec{B}^M = \vec{B}_{I_1}^M + \vec{B}_{I_2}^M$



Подставляя формулы для магнитной индукции

$$B = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a} + \frac{\mu_0 I_2}{2\pi 3a} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \left(1 + \frac{1}{3}\right) = \frac{\mu_0 I}{\pi a} \cdot \frac{2}{3}$$

$$\text{Расчет дает } B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 10}{\pi \cdot 0,05} \cdot \frac{2}{3} = 53,3 \cdot 10^{-6}\text{ Тл}$$

Проверка на размерность:

$$[B] = \frac{\text{Гн} \cdot \text{А}}{\text{м} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \frac{\text{Кл}}{\text{с}}}{\text{Кл}^2 \cdot \text{м}^2} = \frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{Кл}} \cdot \frac{\text{с}}{\text{Кл}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{м}} = \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = \text{Тл}$$

Ответ: Т.е. суммарное поле направлено вниз и равно $53,3 \cdot 10^{-6}\text{ Тл}$.

Задача 2

Расстояние между двумя прямыми параллельными токами одинакового направления равно 10 см. $I_1 = 10\text{ А}$, $I_2 = 20\text{ А}$. Найдите магнитную индукцию поля в точке, находящейся на расстоянии 6 см от тока I_1 и 8 см от тока I_2 .

$I_1 = 10\text{ А}$
$I_2 = 20\text{ А}$
$d = 10\text{ см} = 10 \cdot 10^{-2}\text{ м}$
$a = 6\text{ см} = 6 \cdot 10^{-2}\text{ м}$
$b = 8\text{ см} = 8 \cdot 10^{-2}\text{ м}$
$B = ?$

В точке А магнитное поле создается двумя токами I_1 и I_2 .

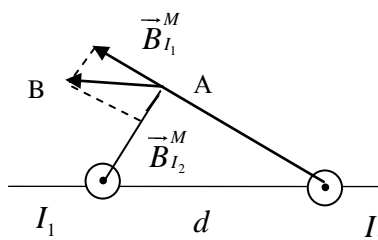
Магнитная индукция магнитного поля в этой точке от тока I_1 находится по формуле $B_{I_1}^A = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi a}$, где a - расстояние от тока до точки наблюдения.

Напряженность магнитного поля от тока I_2 соответственно будет определяться формулой: $B_{I_2}^M = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi \cdot b}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\text{ Гн/м}$ - магнитная постоянная.

На рисунке ток I_1 идет к нам (он изображен точкой), а ток I_2 направлен к нам (кружок с точкой). Применяя правило правого винта, получим следующие направления магнитных индукций $B_{I_1}^A$ и $B_{I_2}^A$.

Т.о. общая магнитная индукция магнитного поля в точке М будет $\vec{B}^A = \vec{B}_{I_1}^A + \vec{B}_{I_2}^A$

Или $B = \sqrt{B_{I_1}^2 + B_{I_2}^2}$



Подставляя формулы для магнитной индукции

$$B = \sqrt{\frac{\mu_0^2 I_1^2}{4\pi^2 a^2} + \frac{\mu_0^2 I_2^2}{4\pi^2 b^2}} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{I_1^2}{a^2}\right) + \left(\frac{I_2^2}{b^2}\right)}$$

$$\text{Расчет дает } B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7}}{2\pi} \sqrt{\left(\frac{10}{0,06}\right)^2 + \left(\frac{20}{0,08}\right)^2} = 3,02 \cdot 10^{-3}\text{ Тл}$$

Проверка на размерность:

$$[B] = \frac{\text{Гн}}{\text{м}} \sqrt{\left(\frac{\text{А}}{\text{м}}\right)^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{А}}{\text{Кл}^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{Кл}}{\text{с} \cdot \text{м}} = \frac{\text{кг}}{\text{с} \cdot \text{Кл}} \cdot \frac{\text{с}}{\text{м}} \cdot \frac{\text{м}}{\text{А}} = \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} = \text{Тл}$$

Ответ: Т.е. суммарное поле направленно влево и равно $3,02 \cdot 10^{-3}\text{ Тл}$.

Задача 3

Расстояние между двумя прямыми параллельными токами одинакового направления равно 10 см. $I_1 = 10\text{A}$, $I_2 = 30\text{A}$. Найдите, на каком расстоянии от тока I_1 находится точка, в которой напряжённость магнитного поля равна нулю.

$$I_1 = 10\text{A}$$

$$I_2 = 30\text{A}$$

$$l = 10\text{см} = 10 \cdot 10^{-2}\text{м}$$

$$H_{\Sigma} = 0$$

$$r = ?$$

В точке А магнитное поле создается двумя токами I_1 и I_2 .
Напряжённость магнитного поля в этой точке от тока I_1

находится по формуле

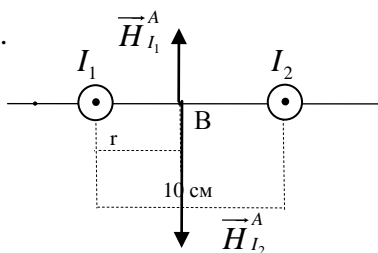
$$H_{I_1}^A = \frac{I_1}{2\pi r_1},$$

где r_1 - расстояние от тока до точки наблюдения.

Напряжённость магнитного поля от тока I_2 соответственно будет определяться формулой

$$H_{I_2}^A = \frac{I_2}{2\pi(d-r)}.$$

Применяя правило правого винта, получим следующие направления напряжённостей $H_{I_1}^A$ и $H_{I_2}^A$.



Т.о. общая напряжённость магнитного поля в точке А будет

$$H^A = H_{I_1}^A - H_{I_2}^A.$$

По условию задачи напряжённость равна нулю $\frac{I_1}{2\pi r} = \frac{I_2}{2\pi(d-r)}$

Следовательно, $I_1(d-r) = I_2 r$ решая это уравнение, определим расстояние до точки наблюдения:

$$I_1 d = I_1 r + I_2 r$$

$$I_1 d = r(I_1 + I_2)$$

$$r = \frac{I_1 d}{(I_1 + I_2)}$$

Вычислим, подставляя числовые данные:

$$r = \frac{10 \cdot 0,1}{10 + 30} = 0,025\text{ м} = 25\text{ см}$$

проверка на размерность: $[r] = \frac{A \cdot \text{м}}{A + A} = \text{м}$

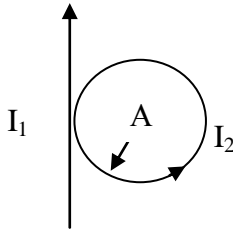
ответ: точка находится на расстоянии 25 см.

задача 4

Бесконечно длинный провод образует петлю радиусом 20 см, касательную к проводу. По проводу идёт ток силой 10 А. Рассчитайте напряжённость магнитного поля в центре петли.

$$I = 10 \text{ А}$$
$$R = 0,2 \text{ м}$$

$H = ?$



В точке А магнитное поле создается двумя токами I_1 и I_2 .

Магнитная индукция магнитного поля в этой точке от тока I_1 находится по формуле $B_{I_1}^A = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi R}$, где a - расстояние от тока до точки наблюдения.

Магнитная индукция в центре кругового витка с током I_2 будет равна: $B_{I_2}^A = \frac{\mu_0 I_2}{2 \cdot R}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ - магнитная постоянная.

На рисунке ток I_1 идет кверху, а ток I_2 направлен по витку. Применяя правило правого винта, вектор $B_{I_1}^A$ идет от нас (в плоскость рисунка), а вектор $B_{I_2}^A$ идет к нам.

Напряженность магнитного поля связано с магнитной индукцией соотношением: $H = \frac{B}{\mu_0}$,

тогда от напряженность магнитного поля $H_{I_1}^A = \frac{I_1}{2\pi R}$ и $H_{I_2}^A = \frac{I_2}{2 \cdot R}$

Тогда общая напряженность магнитного поля в точке А будет $H^A = H_{I_1}^A - H_{I_2}^A$, подставляя формулы для напряженностей полей, получим:

$$H = \frac{I_1}{2\pi R} - \frac{I_2}{2R} = \frac{I}{2R} \left(\frac{1}{\pi} - 1 \right)$$

Проверка на размерность: $[H] = \frac{\text{А}}{\text{м}}$

Напряженность магнитного поля в центре петли

$$H = \frac{10}{2 \cdot 0,2} \left(\frac{1}{3,14} - 1 \right) = -17 \text{ А/м}$$

Ответ: общая напряженность направлена к нам и равна -17 А/м.

Задача 5

Протон, движется в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл по окружности радиусом 40 см. Определите импульс p протона и его кинетическую энергию.

Дано:

$R=40\text{см}=0,4\text{м}$ $B=20\text{мТл}=0,02\text{Тл}$	Импульс протона равен произведению его массы и линейной скорости
---	--

$$p = m \cdot v$$

p -? W_k -?

	Используя второй закон Ньютона, согласно которому сила Лоренца, действующая на протон, равна произведению массы протона на его центростремительное ускорение.
--	---

$F = ma$ и $F = qvB \sin \alpha$ здесь $\alpha = 90^\circ$ - угол между вектором скорости протона и вектором индукции магнитного поля, тогда $F = qvB$

Из кинематики $a = \frac{v^2}{R}$ подставляя в формулу для силы и приравнявая их,

получим: $qvB = m \frac{v^2}{R}$, откуда $v = \frac{BqR}{m}$

Тогда импульс протона $p = m \cdot \frac{BqR}{m} = BqR$

Кинетическая энергия $W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{m}{2} \left(\frac{BqR}{m} \right)^2 = \frac{(BqR)^2}{2m}$

Проверка на размерность:

$$[p] = \text{Тл} \cdot \text{Кл} \cdot \text{м} = \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot \text{А} \cdot \text{с} \cdot \text{м} = \text{Н} \cdot \text{с} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \cdot \text{с} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

$$[W] = \frac{(\text{Тл} \cdot \text{Кл} \cdot \text{м})^2}{\text{кг}} = \frac{\text{Н}^2 \cdot \text{Кл}^2 \cdot \text{м}^2}{\text{м}^2 \cdot \text{А}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{Н}^2 \cdot \text{А}^2 \cdot \text{с}^2 \cdot \text{м}^2}{\text{м}^2 \cdot \text{А}^2 \cdot \text{кг}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{кг}} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}$$

вычислим импульс и кинетическую энергию

$$p = 0,02 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,4 = 1,3 \cdot 10^{-21} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$$

$$W = \frac{(0,02 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,4)^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-27}} = 5 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$$

Ответ: импульс протона равен $1,3 \cdot 10^{-21} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}$, а кинетическая энергия равна

Задача 6

Электрон, ускоренный разностью потенциалов 100 В , движется параллельно прямолинейному длинному проводу на расстоянии 2 мм от него. Какая сила подействует на электрон, если по проводу пустить ток 1000 А ?

Дано:

$$U = 100 \text{ В}$$

$$d = 2 \text{ мм} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$I = 1000 \text{ А}$$

$F = ?$

Электрон, ускоренный разностью потенциалов приобретает кинетическую

энергию $W = \frac{mv^2}{2}$, $eU = W = \frac{mv^2}{2}$, где $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ масса электрона,

$q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ - заряд электрона.

Откуда $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$ - скорость движения частицы.

На частицу (электрон), движущуюся в магнитном поле действует сила Лоренца $F = qvB$, где $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$ - магнитная индукция, для прямолинейного проводника с током.

Формула для силы приобретает вид: $F = qv \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$, откуда $F = q \sqrt{\frac{2qU}{m}} \cdot \frac{\mu_0 I}{2\pi d}$,

где $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ - магнитная постоянная.

Проверка

на

размерность:

$$[F] = \text{Кл} \cdot \sqrt{\frac{\text{Кл} \cdot \text{В}}{\text{кг}}} \cdot \frac{\text{Гн} \cdot \text{А}}{\text{м} \cdot \text{м}} = \text{Кл} \cdot \sqrt{\frac{\text{Кл} \cdot \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{Кл} \cdot \text{кг}}} \cdot \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \frac{\text{Кл}}{\text{с}}}{\text{Кл}^2 \cdot \text{м}} = \frac{\text{м} \cdot \text{кг}}{\text{с}^2} = \text{Н}$$

$$F = 1,6 \cdot 10^{-19} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 100}{9,1 \cdot 10^{-31}}} \cdot \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 1000}{2\pi \cdot 10^{-3}} = 18,9 \cdot 10^{-14} \text{ Н}$$

ответ: сила, действующая на электрон равна $18,9 \cdot 10^{-14} \text{ Н}$.