Задание:

- Повторить материал;
- Ответьте на вопросы:
- Решить практическую работу;
- Фото отчёт прислать до 03.06 на hvastov@rambler.ru

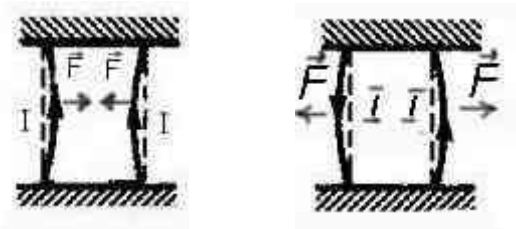
Практическая работа. Магнитное поле и его характеристики

Цель работы: углубить и закрепить понятия о магнитной индукции, силе Ампера, уметь применять законы магнитного взаимодействия параллельных токов и Ампера при решении задач.

Основные понятия и формулы

Магнитное поле - это особый вид материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между движущимися электрически заряженными частицами.

Проводники с током действуют друг на друга. Токи направлены противоположно – проводники при этом отталкиваются. Токи сонаправлены – при этом проводники притягиваются. При взаимодействии двух проводников с током, возникают силы, которые отталкивают или притягивают проводники



Взаимодействие токов вызывается их магнитными полями: магнитное поле одного тока действует силой на другой ток и наоборот.

Опыты показали, что модуль силы, действующей на отрезок длиной Δl каждого из проводников, прямо пропорционален силам тока I_1 и I_2 в проводниках, длине отрезка Δl и обратно пропорционален расстоянию R между ними:

$$F = k\frac{I_1 I_2 \Delta l}{R}$$

В Международной системе единиц СИ коэффициент пропорциональности k принято записывать в виде:

$$k = \mu_0 / 2\pi,$$

де μ_0 – постоянная величина, которую называют магнитной постоянной. Введение магнитной постоянной в СИ упрощает запись ряда формул. Ее численное значение равно

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \text{Н/А}^2 \approx 1{,}26 \cdot 10^{-6}\ \text{Н/А}^2.$$

Формула, выражающая закон магнитного взаимодействия параллельных токов, принимает вид:

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2 \Delta l}{R}$$

Магнитным моментом контура с током называется вектор $\vec{P}_m$, равный

$$\vec{p}_m = I \cdot S \cdot \vec{n}$$

где I — сила тока в контуре; S — площадь поверхности, охватываемой контуром; $\vec{n}$ — единичный вектор нормали к плоскости контура. Направление магнитного момента совпадает с направлением индукции магнитного поля, создаваемого в центре контура текущим по нему током.

На контур с током, помещенный в магнитное поле, действует пара сил с вращательным моментом

$$M = p_m \cdot B \cdot \sin\alpha,$$

где p_m — модуль магнитного момента контура с током;
B — магнитная индукция;
α - угол между направлением вектора индукции и нормали к плоскости контура.

В однородном магнитном поле на малый отрезок проводника с током действует сила Ампера, модуль которой определяется законом Ампера:

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

где I - сила тока в проводнике; B — магнитная индукция; α - угол между направлением тока и вектора магнитной индукции; Δl - длина проводника. Направление силы Ампера определяется по правилу левой руки: если ладонь левой руки расположить так, чтобы перпендикулярная к проводнику составляющая вектора магнитной индукции $\vec{B}$ входила в ладонь, а четыре вытянутых пальца указывали бы направление тока, то отогнутый 90° большой палец покажет направление действующей на проводник силы Ампера.

Задание 1. Ответьте на вопросы:

1. Что такое магнитное поле?
2. Какими величинами описывается магнитное поле?
3. Что называется линией магнитной индукции?
4. Какая сила называется силой Ампера? Чему она равна?
5. По какому правилу находят направление силы Ампера?

Методические указания

При решении задач необходимо:

1) сделать схематический чертёж, указав на нём линии индукции магнитного поля. Часто линии индукции изображают в плоскости чертежа, в некоторых случаях удобно их изображать перпендикулярно плоскости чертежа («×» - от наблюдателя, «·» - к наблюдателю);
2) изобразить контур с током, находящийся в этом поле;
3) используя правило левой руки, определить направление силы Ампера, действующих на каждый элемент контура, и изобразить их на чертеже;
4) записать формулы для сил Ампера или вращающего момента, создаваемого этими силами и найти из них искомую величину;
5) если в задаче рассматривается равновесие проводника, то кроме силы Ампера, нужно указать все остальные силы, действующие на проводник, и записать условия его равновесия или основное уравнение динамики и, спроецировав векторные величины на оси x и y, найти искомую величину.

Задача 1. Проводник длиной 2 м в форме квадрата расположен в магнитном поле с индукцией 2 Тл. Определить момент сил, действующих на проводник, если по нему течет ток 4 А, а силовые линии магнитного поля параллельны плоскости квадрата.

Дано:
l = 2 м
B = 2 Тл
I = 4А
Найти:
M-?

Решение.

Вращательный момент, действующий на контур с током в магнитном поле, равен $M = p_m \cdot B \cdot \sin\alpha$.

В данной задаче $\alpha = 90^o$, т.к. вектор нормали к плоскости контура перпендикулярен вектору $\vec{B}$. Магнитный момент равен $p_т = I \cdot S$,

где S — площадь квадрата.

Отсюда

$$M = I \cdot \left(\frac{l}{2}\right)^2 \cdot B = 2 \text{ Н·м}.$$

Ответ: M= 2Н·м

Задача 2. Проводник длиной 20 см и массой 5 г подвешен горизонтально на двух нитях в однородном магнитном поле. (Направление вектора магнитной индукции приведено на рисунке.) Какой величины ток надо пропустить по проводнику, чтобы нити разорвались, если каждая из них выдерживает нагрузку до 0,04 Н? Индукция магнитного поля 0,5 Тл.

Дано:

l = 20 см = 0,2 м

m =5 г = 0,005 кг

Bl

T = 0,04 Н

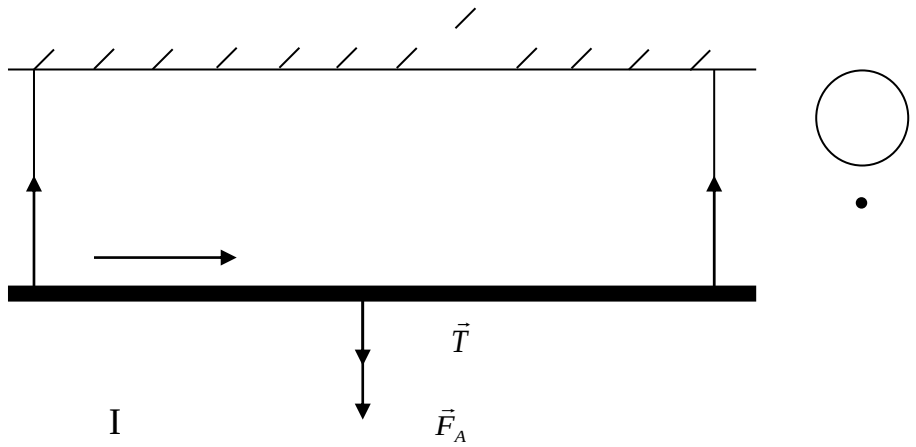
B = 0,5 Тл

Найти:

I - ?

m $\vec{g}$

Решение.



Чтобы нити разорвались, сила Ампера должна быть направлена вниз. В соответствии с правилом левой руки ток направлен так, как показано на рисунке. На проводник с током действует четыре силы и, так как он находится в равновесии,

$$m\vec{g} + \vec{F}_A + \vec{T} + \vec{T} = 0$$

В проекциях на вертикальную ось

$$F_A + mg = 2T$$

Подставляя выражение для силы Ампера и учитывая, что угол между направлением тока и вектора магнитной индукции равен 90° окончательно получим:

$$I = \frac{2T - mg}{Bl} = 0{,}3 \text{ А}.$$

Ответ: I ≥ 0,3А.

Задача 3. На проводник длиной 50 см, находящийся в однородном магнитном поле с магнитного индукцией 0, 1 Тл, действует сила 0,05 Н. Вычислите угол между направлением силы тока и вектором магнитной индукции, если сила тока равна 2 А.

Дано:	СИ:	Решение:
l=50 см B=0,1 Тл F_A=0,05 Н I=2 А	0,5 м	На проводник в магнитном поле действует сила Ампера, модуль которой: $F_A = I \cdot B \cdot l \cdot \sin\alpha$ Отсюда $\sin\alpha = \frac{F_A}{I \cdot l \cdot B}$ $\sin\alpha = \frac{0,05}{2 \cdot 0,5 \cdot 0,1} = 0,5.$
Найти: α-?		Следовательно, $\alpha=30^0$

Ответ: $\alpha=30^0$

Задание 2. Решите количественные задачи.

Задача 1. По прямоугольной рамке течет ток I. Длина рамки L, ширина d. Рамка помещена в магнитное поле с индукцией B. На рамку действует вращающий момент пары сил M. Определите значения величин, обозначенных «?».

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I, А	?	2	0,2	1	?	0,5	0,6	1,5	2	0,4
L, см	8	10	5	?	10	20	12	?	50	40
d, см	5	?	6	5	15	?	5	12	30	?
B, Тл	0,2	0,5	1	0,8	0,4	0,2	2	0,3	?	1,5
M, мН·м	4	10	?	4	5	2	?	0,6	3	4

Задача 2. I_1 и I_2 - сила тока в двух параллельных проводниках, расстояние между которыми R. L – длина проводников, B_1 и B_2 - магнитная индукция магнитных полей на расстоянии R от соответствующих проводников, F – сила взаимодействия проводников, (μ = 1). Определите значение величины, обозначенной «?».

Вариант	I_1, А	I_2, А	R, см	L, см	B_1, мкТл	B_2, мкТл	F, мкН	Напр. тока.	Напр. сил.
1	2	3	4	50	?	?	?	Сонапр.	?
2	1	?	10	?	?	10	2	?	Отталк.
3	?	10	5	40	8	?	?	Противоп.	?
4	4	8	?	?	12	?	10	?	Прит.
5	?	?	3	20	10	8	?	Сонапр.	?
6	7	?	?	?	2,1	4,2	12	?	Отталк.
7	?	5	20	10	10	?	?	Противоп.	?
8	6	10	?	?	?	12	5	?	Прит.

9	0,5	1	5	?	?	?	4	Сонапр.	?
10	?	?	10	8	12	18	?	?	Отталк.

Задача 3. Сила тока в горизонтально расположенном проводнике длиной L и массой m равна I. Если поместить проводник в магнитное поле, то при некотором направлении вектора магнитной индукции, в случае когда индукция магнитного поля составит B, сила тяжести будет уравновешена силой Ампера. Определите значение величины, обозначенной «?». Сделайте чертёж к задаче, укажите на чертеже направление тока и направление вектора магнитной индукции, соответствующие условию задачи.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L, см	12	10	?	6	10	8	?	9	8	12
m, г	1,9	?	0,6	1	0,7	?	1,6	0,75	1,3	?
I, A	?	20	40	15	?	15	25	30	?	30
B, мТл	7,4	7,8	1,8	?	4,6	5	6,3	?	5,3	2,3

Задача 4. Проводник длиной L, по которому течет ток I помещен в магнитное поле с индукцией B. Под действием силы Ампера F_A он перемещается на расстояние X, при этом поле совершает работу A. ($I \perp B$) Определите значение величины, обозначенной «?».

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L, см	20	?	10	5	?	1,2	50	8	?	15
I, A	?	1	5	0,5	1,2	0,8	?	0,4	1	0,1
B, Тл	10	1,5	2	1,2	2	?	2,2	?	2	?
F_A, Н	2	3	?	?	4	8	11	1,2	0,5	3
X, см	5	?	?	?	50	?	10	?	6	?
A, Дж	?	0,1	0,05	0,02	?	1	?	0,4	?	0,6

Задача 5. Проводник длиной L и массой m, по которому течет ток I помещен в магнитное поле с индукцией B. Проводник подвешен на невесомых нитях. Натяжение нитей равно нулю. Определите значение величины, обозначенной «?».

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L, см	10	20	?	50	30	6	?	12	15	?
m, г	5	?	1,4	20	7	2,4	5	?	3	2
I, A	?	1	2,8	2	?	0,2	0,4	0,5	?	4
B, Тл	0,5	0,1	2	?	2,1	?	1	3	1,5	0,4
Напр. тока	→	?	←	?	→	?	←	?	→	?
Напр. ВМИ	?	от нас	?	к нам	?	от нас	?	к нам	?	от нас