

Контрольная работа по физике (часть 1) «Электрический ток. Магнитное поле».

Методические указания к контрольной работе

1. Проработайте материал Лекций 3, 4 и краткую теорию. Изучите материал Лекции «Молекулярная физика. Термодинамика». В лекциях и примерах решения задач есть все необходимые для решения задач формулы.
2. Изучите примеры решения задач.
3. Решите задачи из раздела «Задачи для самостоятельного решения к контрольной работе 1».
4. Возможные способы создания файла с решениями:
 - а. напишите решения задач от руки, отсканируйте или сфотографируйте. Возможные расширения у полученного файла: *.jpg, *.bmp, *.tif, *.pdf. (Совет: если полученный файл имеет большой размер, можно перевести его для уменьшения размера в формат *.pdf)
 - б. если есть возможность, можете набрать решения в текстовом редакторе. Возможные расширения у полученного файла: *.doc, *.rtf, *.pdf.
 - с. пожалуйста, **не присылайте файлы в формате *.docx.**
5. Загрузите файл с решениями задач в систему.

Правила оформления задач:

1. Записать полностью условие задачи. Выписать все величины, входящие в условие, – столбиком и выразить их в одних единицах (преимущественно в Международной системе единиц СИ).
2. Осмыслить физическую сущность задачи, представив ее наглядно в виде четкого рисунка, на котором, хотя бы условно, указать все параметры, характеризующие явление, на основе которых построено условие задачи.
3. Указать основные законы и формулы, на которых базируется условие задачи, разъяснить буквенные обозначения, употребляемые при написании формул. Векторные величины внести на чертеж. Если при решении задачи применяется формула, полученная для частного случая, не выражающая какой-нибудь физической закон или не являющаяся определением какой-нибудь физической величины, то ее следует вывести. Пояснения должны быть краткими, но исчерпывающими.
4. Решить задачу сначала в общем виде, то есть в буквенных обозначениях, заданных в условии задачи и взятых из таблиц.
5. Подставив в рабочую формулу размерности, убедиться в правильности размерности искомой величины.
6. Подставить в конечную формулу числовые значения. При вычислениях соблюдать правила приближенных вычислений и округлений.

Примеры решения задач

Пример 1.

По двум прямолинейным проводам, находящимся на расстоянии 5 см друг от друга, текут токи по 10 А в каждом. Определить напряженность магнитного поля, создаваемого токами в точке, лежащей посередине между проводами, в случаях:

- а) провода параллельны, токи текут в одном направлении;
- б) провода параллельны, токи текут в противоположных направлениях;
- в) провода перпендикулярны, направление токов указано на рисунке 22.

Дано:
 $a = 0,05 \text{ м}$
 $I_1 = I_2 = 10 \text{ А}$
 $H - ?$

Решение:
 Согласно принципу суперпозиции результирующая напряженность магнитного поля равна векторной сумме напряженностей полей, создаваемых каждым током в отдельности:

$$\vec{H} = \vec{H}_1 + \vec{H}_2,$$

где: $\vec{H}_1$ – напряженность поля, создаваемого током I_1 ,

$\vec{H}_2$ – напряженность поля, создаваемого током I_2 .

Для определения величины и направления вектора $\vec{H}$ во всех трех случаях необходимо определить величину и направление векторов $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_2$.

Величина напряженности поля, созданного бесконечно длинным прямым проводником с током I_1 на расстоянии r от провода, определяется формулой:

$$H = \frac{I}{2\pi r}. \quad (1)$$

В данной задаче абсолютная величина напряженностей $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_2$ будет одинакова, т.к. по проводам идут одинаковые токи и точка находится посередине между проводами. Поэтому расстояние

$$r = a/2 = 0,025 \text{ м}.$$

Для вычисления результирующей напряженности нужно знать направление векторов H_1 и H_2 . Направление линий напряженности определяется с помощью правила буравчика, по касательной в выбранной точке.

а) провода параллельны, токи текут в одном направлении;

На рис.20 изображено сечение проводников плоскостью, перпендикулярной проводникам. Пусть токи уходят за плоскость чертежа. По правилу буравчика находим направление $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_2$. Векторы $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_2$ направлены по одной прямой в противоположные стороны. Поэтому результирующая напряженность:

$$H = H_2 - H_1 = \frac{I}{2\pi r} - \frac{I}{2\pi r} = 0$$

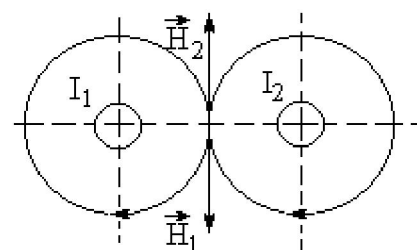


Рис.20

б) провода параллельны, токи текут в противоположных направлениях;

На рис.21 ток I_1 направлен за плоскость чертежа, I_2 – из-за плоскости чертежа. Векторы напряженности $\vec{H}_1$ и $\vec{H}_2$ направлены по одной прямой в одну сторону, т.е.

$$H = H + H = \frac{I}{2\pi r} + \frac{I}{2\pi r} = \frac{2I}{2\pi r} = \frac{I}{\pi r}, \quad [H] = \frac{\text{А}}{\text{м}}.$$

$$H = \frac{10}{3,14 \cdot 0,025} = 128 \left(\frac{\text{А}}{\text{м}} \right).$$

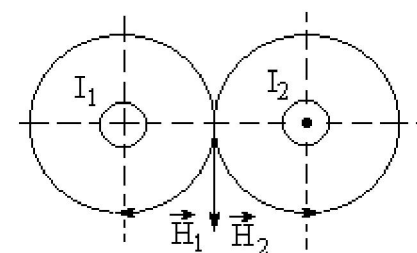


Рис.21

в) провода перпендикулярны, направление токов указано на рисунке 22.

На рис.22 проводники находятся во взаимно перпендикулярных плоскостях. Векторы напряженности также перпендикулярны.

$$H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2} = \sqrt{2H_1^2} = \sqrt{2} \cdot H_1 = \frac{\sqrt{2} \cdot I}{\pi a} = \frac{1,410}{3,14 \cdot 5 \cdot 10^{-2}} = 89 \left(\frac{\text{А}}{\text{м}} \right)$$

Ответ: а) $H = 0 \text{ А/м}$, б) $H = 128 \text{ А/м}$, в) $H = 89 \text{ А/м}$.

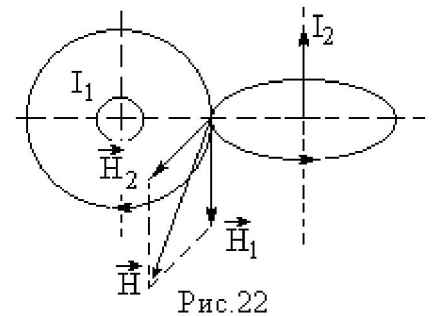


Рис.22

Пример 2.

В однородном горизонтальном магнитном поле находится в равновесии прямолинейный медный проводник с током 20 А, расположенный перпендикулярно полю. Какова должна быть при этом напряжённость поля, если поперечное сечение проводника 2 мм^2 ?

Дано:
 $I = 20 \text{ А}$
 $S = 2 \text{ мм}^2 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$
 $H - ?$

Решение:

На проводник действует сила тяжести и сила Ампера. Проводник будет находиться в равновесии, если равнодействующая действующих сил равна нулю, т.е.

$$m\vec{g} + \vec{F}_A = 0, \text{ или } m\vec{g} = -\vec{F}_A.$$

Сила Ампера должна быть равна по величине силе тяжести и противоположно ей направлена.

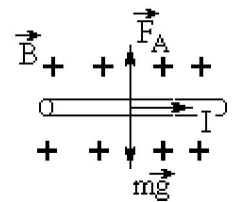


Рис.25

В условиях данной задачи проводник расположен перпендикулярно вектору индукции $\vec{B}$, поэтому для определения направления вектора $\vec{F}_A$ можно применить правило левой руки.

Абсолютная величина вектора силы Ампера

$$F_a = I \cdot L \cdot B \cdot \sin \angle(\vec{L}, \vec{B}) = I \cdot L \cdot B, \text{ где } \angle(\vec{L}, \vec{B}) = 90^\circ.$$

Выразим индукцию магнитного поля через напряжённость:

$$B = \mu_0 \mu H,$$

где: μ – относительная магнитная проницаемость среды. В нашем случае среда немагнитная $\mu = 1$;

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

На основании условия равновесия

$$mg = I \cdot L \cdot \mu_0 \mu H.$$

Выразим массу через плотность вещества и объём провода:

$$m = \rho V = \rho LS,$$

Тогда:

$$\rho LSg = I \cdot L \cdot \mu_0 \mu H,$$

$$H = \frac{\rho Sg}{\mu_0 I}.$$

$$[H] = \frac{\text{кг/м}^3 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{м/с}^2}{\text{Гн/м} \cdot \text{А}} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{В} \cdot \text{с/А} \cdot \text{А}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{В} \cdot \text{с} \cdot \text{м}} = \frac{\text{В} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}{\text{В} \cdot \text{с} \cdot \text{м}} = \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

Плотность меди найдём в таблице $\rho = 8,9 \cdot 10^3 \text{ Кг/м}^3$.

Произведя вычисления получим $H = 6,9 \cdot 10^3 \text{ А/м}$.

Примечание: если дана магнитная индукция B , нужно использовать формулу

$$B = \mu \mu_0 H,$$

где μ - магнитная проницаемость среды. Для воздуха $\mu=1$,

$\mu_0 = 12,57 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ - магнитная постоянная.

Ответ: $H = 6,9 \cdot 10^3 \text{ А/м}$.

Пример 3.

В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,01 \text{ Тл}$ находится прямой проводник длиной $L = 8 \text{ см}$, расположенный перпендикулярно к линиям индукции. По проводнику течёт ток $I = 2 \text{ А}$, величина которого поддерживается постоянной. Под действием сил поля проводник переместился на расстояние 5 см . Найти работу сил поля.

Дано:

$$B = 0,01 \text{ Тл}$$

$$L = 8 \text{ см} =$$

$$= 8 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$I = 2 \text{ А}$$

$$x = 5 \text{ см} =$$

$$= 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$A = ?$$

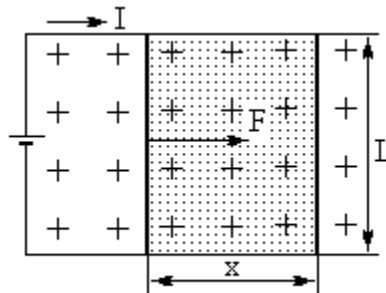


Рис.28

Решение:

Поскольку проводник прямой, а поле однородное, то:

$$A = I \Delta \Phi,$$

где: $\Delta \Phi$ – поток магнитной индукции через поверхность ΔS , которую описал проводник при своём движении. В данном случае $\Delta S = Lx$.

По определению потока:

$$\Delta \Phi = B \Delta S \cos \angle(\vec{n}, \vec{B}),$$

где: $\angle(\vec{n}, \vec{B})$ – угол между нормалью к поверхности и вектором магнитной индукции. По условию проводник расположен перпендикулярно к линиям индукции, следовательно,

$$\cos \angle(\vec{n}, \vec{B}) = 1,$$

$$\Delta \Phi = B \Delta S = BLx.$$

Подставив $\Delta \Phi$ в выражение для работы, будем иметь

$$A = I \cdot B \cdot L \cdot x = 2 \cdot 0,01 \cdot 0,08 \cdot 0,05 = 80 \cdot 10^{-6}.$$

Проверка размерности:

$$[A] = \text{А} \cdot \text{Тл} \cdot \text{м} \cdot \text{м} = \text{А} \cdot \text{Н/м} \cdot \text{м}^2 = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{Дж}.$$

Ответ: $A = 80 \text{ мкДж}$.

Контрольная работа

Задачи для самостоятельного решения

Задание 1.

Что такое идеальный газ? Можно ли считать воздух при атмосферном давлении идеальным газом?

Задание 2.

Какой процесс называется изотермическим? Если давление газа при изотермическом процессе увеличится в 2 раза, как изменится его объем?

Задание 3.

Запишите формулу, связывающую температуры по шкале Кельвина и по шкале Цельсия? Каков физический смысл абсолютного нуля?

Задание 4.

По двум прямолинейным проводам, находящимся на расстоянии 10 см друг от друга, текут токи по 2 А в каждом. Определить напряженность магнитного поля, создаваемого токами в точке, лежащей посередине между проводами, в случае, когда провода параллельны, а токи текут в противоположных направлениях.

Задание 5.

Медный проводник с током 15 А, расположенный горизонтально, висит в воздухе под действием магнитного поля. Площадь поперечного сечения проводника $1,5 \text{ мм}^2$, длина 1 м. Магнитное поле направлено горизонтально. Найти величину индукции магнитного поля В. (Выполнить рисунок. Массу подводящих проводов не учитывать).

Задание 6.

В металлическое кольцо в течении первых двух секунд вдвигают магнит, в течении следующих двух секунд магнит оставляют неподвижным внутри кольца, в течении последующих двух секунд его вынимают из кольца. В какие промежутки времени в кольце течет ток? Поясните, почему. (Примечание: изучите тему «Явление электромагнитной индукции»)