

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

**Т. П. ЖЕЛОНКИНА, С. А. ЛУКАШЕВИЧ,
Е. А. ФЕДОСЕНКО**

**ОБЩАЯ ФИЗИКА:
МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ТОКОВ**

Контрольная работа

Практическое руководство
для студентов специальности «Физическая электроника»

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2018

УДК 537.8 (076)
ББК 22.338я73
Ж518

Рецензенты:
канд. физ.-мат. наук В. Е. Гайшун,
канд. техн. наук Н. А. Ахраменко

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Желонкина, Т. П.

Ж518 Общая физика: магнитное поле токов.
Контрольная работа : практическое руководство /
Т. П. Желонкина, С. А. Лукашевич, Е. А. Федосенко ;
Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины. – Гомель : ГГУ
им. Ф. Скорины, 2018. – 44 с.
ISBN 978-985-577-470-0

В практическом руководстве представлены 12 вариантов контрольной работы по теме «Магнитное поле токов». Каждый из вариантов содержит вопросы для программированного контроля и задачи, которые рассчитаны на самостоятельное изучение предмета и выработку практических навыков.

Адресовано студентам специальности «Физическая электроника».

УДК 537.8 (076)
ББК 22.338я73

ISBN 978-985-577-470-0

© Желонкина Т. П., Лукашевич С. А.,
Федосенко Е. А., 2018
© Учреждение образования «Гомельский
государственный университет
имени Франциска Скорины», 2018

Оглавление

| | |
|------------------|----|
| Предисловие..... | 4 |
| Вариант 1..... | 5 |
| Вариант 2..... | 8 |
| Вариант 3..... | 11 |
| Вариант 4..... | 14 |
| Вариант 5..... | 18 |
| Вариант 6..... | 21 |
| Вариант 7..... | 24 |
| Вариант 8..... | 28 |
| Вариант 9..... | 31 |
| Вариант 10..... | 34 |
| Вариант 11..... | 37 |
| Вариант 12..... | 40 |
| Литература..... | 44 |

Предисловие

Контрольная работа – вид учебной работы по изучаемой дисциплине, выполняемый студентом как дневной, так и заочной формы обучения самостоятельно под руководством преподавателя.

Цели контрольной работы:

- проверка и оценка знаний студента;
- закрепление практических навыков применения теоретических подходов и методов анализа на учебных примерах и задачах;
- получение информации об уровне самостоятельности и активности студента, об эффективности форм и методов учебной работы.

Задачи, стоящие перед студентом во время выполнения контрольной работы: изучение научной, учебной, справочной литературы по определенному вопросу; умение применять теоретические знания на практике при решении задач.

Студент выполняет контрольную работу в соответствии с указанным положением в срок, определенный расписанием данной учебной группы. Проверка контрольных работ преподавателем – одна из основных форм руководства самостоятельной работой студентов, средство контроля выполнения ими учебного плана и усвоение учебного материала в объеме, установленном программой учебной дисциплины. В процессе проверки выявляются типичные ошибки, а также отдельные вопросы учебной дисциплины, вызывающие затруднения у студентов.

Проверка контрольной работы осуществляется в следующем порядке: выявление и исправление ошибок; оценивание преподавателем контрольной работы, признанной удовлетворительной, словом «зачтено»; признанной неудовлетворительной – «незачтено».

Успешное выполнение контрольной работы – неременное условие допуска студента к сдаче экзамена (зачета) по соответствующей дисциплине. Студенты, не защитившие контрольную работу к экзамену (зачету) по дисциплине не допускаются.

Контрольная работа по теме «Магнитное поле токов» представляет две части, одна из которых включает тестовые задания по контролю усвоения знаний студентами учебного материала. Вторая часть включает основные примеры и решения задач по данной теме.

При подготовке контрольной работы студент должен изучить соответствующую литературу и применить свои знания при решении задач.

Задания к контрольной работе по теме «Магнитное поле токов» направлены для студентов специальности «Физическая электроника».

Вариант 1

Вопросы программированного контроля

1.1 Два положительных точечных заряда q_1 и q_2 движутся параллельно друг другу с одинаковыми нерелятивистскими скоростями.

Укажите сумму номеров вопросов, на которые ответите «да».

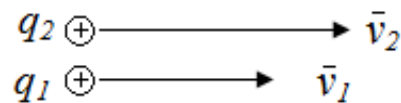


Рисунок 1

1) Изменится ли направление магнитной силы, действующей на заряд q_1 , если заряды q_1 и q_2 будут положительными?

2) Изменится ли направление электрической силы, действующей на заряд q_1 , если направление его движения изменить на противоположное?

4) Можно ли выбрать такую систему отсчета, в которой силы взаимодействия между зарядами были бы только магнитными?

8) Верно ли, что магнитная и электрическая силы, действующие на заряд q_1 со стороны заряда q_2 , одного порядка?

1.2 На рисунке 2 в точке С изображен вектор индукции $d\vec{B}$ магнитного поля, созданного элементом тока $I\vec{dl}$ находящегося в точке А. Запишите формулу для $d\vec{B}$. Как должен быть направлен элемент тока $I\vec{dl}$? Какой цифрой на рисунке обозначено это направление?

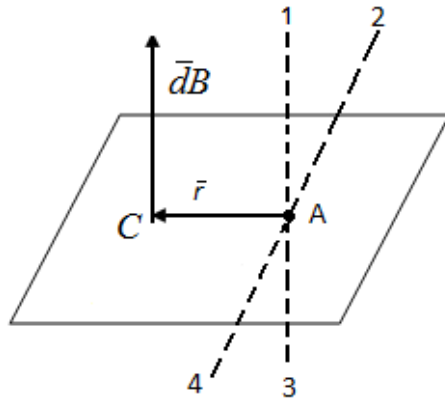


Рисунок 2

1.3 Магнитное поле создано токами I_1 и I_2 , текущими по бесконечному длинному прямому проводнику и тороиду с центром в точке O (рисунок 3).

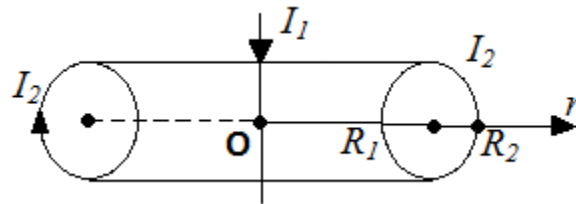


Рисунок 3

Пользуясь теоремой о циркуляции вектора B , получите выражения для индукции магнитного поля бесконечного длинного прямого проводника с током и тороида.

На основе принципа суперпозиции постройте график зависимости модуля индукции результирующего магнитного поля от координаты r вдоль оси Or .

1.4 Определите направление токов в проводниках 1 и 2, для которых циркуляция вектора B по контуру L будет минимальной.

Выберите номер правильного ответа. Ваш выбор подтвердите расчетом.



Рисунок 4

- 1) $\oplus^1 \oplus^2$; 2) $\otimes^1 \oplus^2$; 3) $\otimes^1 \oplus^2$; 4) $\oplus^1 \otimes^2$.

1.5 На рисунке 5 изображен контур обхода L в вакууме и указаны направления токов I_1, I_2, I_3, I_4 .

Чему равна циркуляция вектора B магнитного поля этих токов по контуру L ?

Укажите номер правильного ответа.

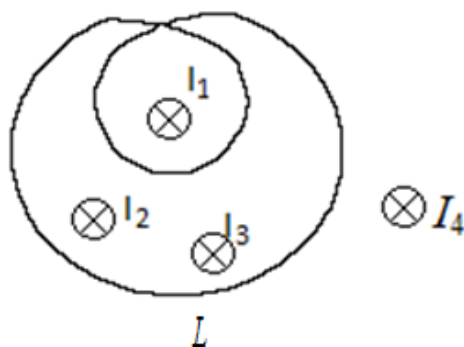


Рисунок 5

- 1) $\mu_0 (2I_1 - I_2 + I_3)$; 3) $\mu_0 (-2I_1 - I_2 - I_3)$;
 2) $\mu_0 (I_1 - I_2 + I_3)$; 4) $\mu_0 (-I_1 + I_2 - I_3 + I_4)$.

Задачи

1 Индуктивность L катушки без сердечника равна $0,02$ Гн. Какое потокоцепление ψ создается, когда по обмотке течет ток $I = 5$ А?

2 Катушка (рисунок 6) сопротивлением $R_1 = 0,5$ Ом с индуктивностью $L = 4$ мГн соединена параллельно с проводом сопротивлением $R_2 = 2,5$ Ом, по которому течет постоянный ток $I = 1$ А. Определите количество электричества Q , которое будет индуцировано в катушке при размыкании цепи ключом K .

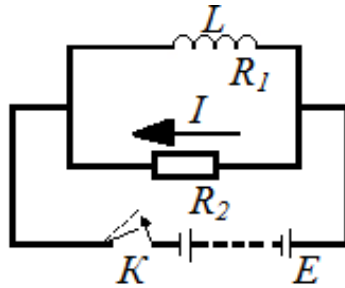


Рисунок 6

3 Магнитная индукция B поля между полюсами двухполюсного генератора равна $0,8 \text{ Тл}$. Ротор имеет $n = 100$ витков площадью $S = 400 \text{ см}^2$. Определите частоту n вращения якоря, если максимальное значение э.д.с. индукции $\varepsilon_i = 200 \text{ В}$.

4 В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ равномерно вращается рамка, содержащая $n = 1\,000$ витков, с частотой $n = 10 \text{ с}^{-1}$. Площадь S рамки равна 150 см^2 . Определите мгновенное значение э.д.с. ε_i , соответствующее углу поворота рамки 30° .

5 Электрон, влетевший в камеру Вильсона, оставил след в виде дуги окружности радиусом $R = 10 \text{ см}$. Камера находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 10 \text{ Тл}$. Определите кинетическую энергию T электрона.

6 Заряженная частица с энергией $T = 1 \text{ кэВ}$ движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом $R = 1 \text{ мм}$. Найдите силу F , действующую на частицу со стороны поля.

Вариант 2

Вопросы программированного контроля

2.1 Два точечных противоположных по знаку заряда q_1 и q_2 движутся с нерелятивистскими скоростями v_1 и v_2 причем $|v_1| \neq |v_2|$, $|v_1| \parallel |v_2|$ (рисунок 7).

Укажите сумму номеров правильных утверждений.

1) Магнитная сила, действующая на заряд q_1 , направлена вверх.

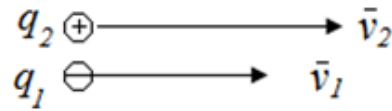


Рисунок 7

2) Нельзя выбрать такую систему отсчета, в которой силы взаимодействия между зарядами будут только магнитными.

4) Магнитная сила, действующая на заряд q_2 , изменит свое направление при изменении направления движения заряда q_1 на противоположное.

8) Магнитная и электрическая силы, действующие на заряд q_2 , одного порядка.

2.2 На рисунке 8 в точке A указан вектор индукции \vec{B} магнитного поля, созданного точечным отрицательным зарядом q , движущимся со скоростью \vec{v} . Направления 2, 3, 5, 6, радиус-вектор \vec{r} лежат в горизонтальной плоскости, а направления 1,4 и вектор \vec{B} перпендикулярны к ней.

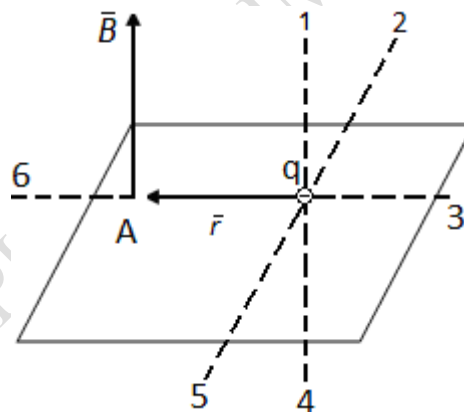


Рисунок 8

Запишите формулу для индукции \vec{B} , создаваемой зарядом q , и, пользуясь ею и рисунком 8, определите направление скорости \vec{v} заряда.

Какой цифрой на рисунке обозначено это направление?

2.3 Магнитное поле в точке O (рисунок 9) создается двумя прямыми параллельными бесконечно длинными проводниками и круговым контуром радиуса R , по которому текут одинаковые токи I_1

и I_2 , причем $I_1 = \rho I_2$. Пользуясь выражениями для индукции B , создаваемой прямолинейным и круговым токами, получите формулу для B в точке O .

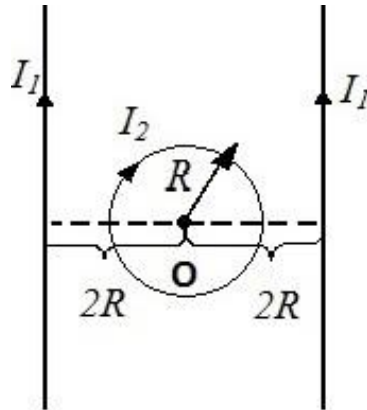


Рисунок 9

2.4 Чему равна в СИ циркуляция вектора B по контуру обхода L в вакууме (рисунок 10), если $I_1 = 1 \text{ A}$, $I_2 = 3 \text{ A}$, $I_3 = 4 \text{ A}$?
 $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$.

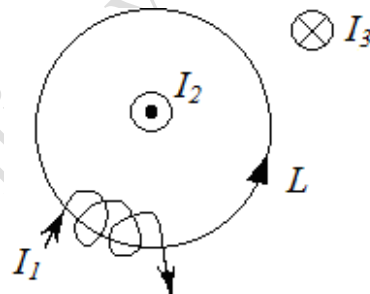


Рисунок 10

2.5 Магнитное поле создано токами I_1 и I_2 , текущими по бесконечному длинному прямому проводнику и тороиду с центром в точке O (рисунок 11).

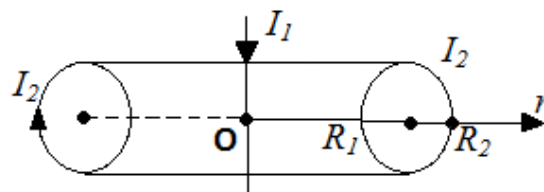


Рисунок 11

Пользуясь теоремой о циркуляции вектора B , получите выражения для индукции магнитного поля бесконечного длинного прямого проводника с током и тороида.

Задачи

1 Двукратно ионизированный атом гелия (α -частица) движется в однородном магнитном поле напряженностью $H = 100 \text{ кА/м}$ по окружности радиусом $R = 10 \text{ см}$. Найдите скорость v α -частицы.

2 В однородном магнитном поле с индукцией $B = 2 \text{ Тл}$ движется протон. Траектория его движения представляет собой винтовую линию с радиусом $R = 10 \text{ см}$ и шагом $h = 60 \text{ см}$. Определите кинетическую энергию T протона.

3 Перпендикулярно магнитному полю с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ возбуждено электрическое поле напряженностью $E = 100 \text{ кВ/м}$. Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Вычислите скорость v частицы.

4 В однородном магнитном поле с индукцией $B = 1 \text{ Тл}$ находится прямой провод длиной $l = 20 \text{ см}$, концы которого замкнуты вне поля. Сопротивление R всей цепи равно $0,1 \text{ Ом}$. Найдите силу F , которую нужно приложить к проводу, чтобы перемещать его перпендикулярно линиям индукции со скоростью $v = 2,5 \text{ м/с}$.

5 С помощью реостата равномерно увеличивают силу тока в катушке на $\Delta I = 0,1 \text{ А}$ в 1 с . Индуктивность L катушки равна $0,01 \text{ Гн}$. Найдите среднее значение э.д.с. самоиндукции $\langle \varepsilon_i \rangle$.

6 Определите индуктивность L двухпроводной линии на участке длиной $l = 1 \text{ км}$. Радиус R провода равен 1 мм , расстояние d между осевыми линиями равно $0,4 \text{ м}$. Учте только внутренний магнитный поток, то есть поток, пронизывающий контур, ограниченный проводами.

Вариант 3

Вопросы программированного контроля

3.1 Два точечных противоположных по знаку заряда q_1 и q_2 движутся в горизонтальном направлении в противоположные стороны с одинаковыми по модулю нерелятивистскими скоростями v (рисунок 12).

Укажите сумму номеров правильных утверждений.

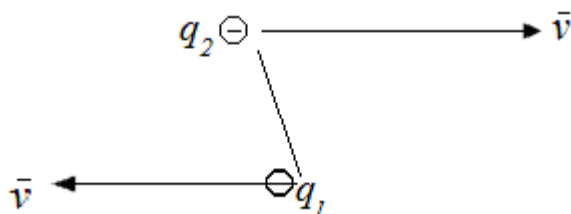


Рисунок 12

1) Можно выбрать систему отсчета, в которой силы взаимодействия между зарядами будут только магнитными.

2) Магнитные силы взаимодействия значительно меньше электрических.

3) Направление магнитной силы, действующей на заряд q_1 , изменится, если заряд q_2 будет положительным.

4) Магнитная и электрическая силы, действующие на заряд q_2 со стороны заряда q_1 , направлены вдоль линии, соединяющие противоположные стороны.

3.2 Точечный положительный заряд q движется в горизонтальной плоскости со скоростью V . В этой же плоскости лежат точки 1, 2, 3 (рисунок 13). Запишите формулу для индукции B магнитного поля, созданного этим зарядом, и определите номер точки, для которой модуль вектора обращается в ноль.

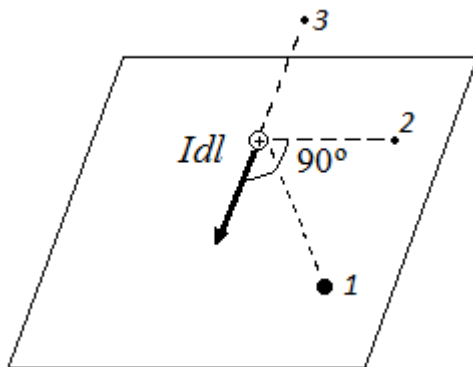


Рисунок 13

3.3 В каком направлении в точке A может быть направлен вектор индукции магнитного поля, созданного токами I_1 и I_2 , текущими по

круговому контуру и бесконечно длинному прямому проводнику (рисунок 14)?

Укажите номер этого направления. Если вектор B не располагается в плоскости чертежа, поставьте в ответе цифру 9.

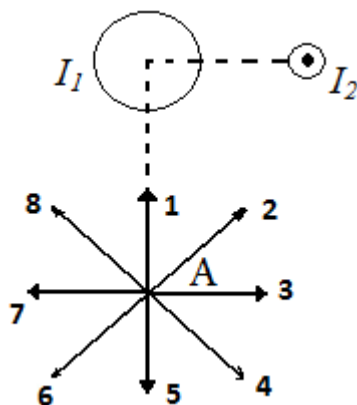


Рисунок 14

3.4 Точечный заряд q движется в горизонтальной плоскости со скоростью V (рисунок 15). В этой же плоскости расположена точка A . Запишите формулу для индукции B магнитного поля, созданного этим зарядом в точке A , и, учитывая заданные направления V и B , определите знак заряда q .

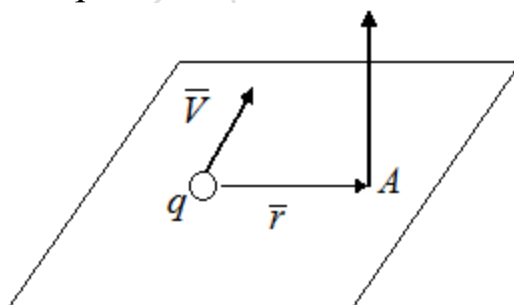


Рисунок 15

3.5 Пользуясь выражением для индукции B создаваемой круговым током, выведите формулу для индукции магнитного поля в точке O , являющейся центром двух взаимно перпендикулярных круговых контуров, по которым текут одинаковые токи (рисунок 16).

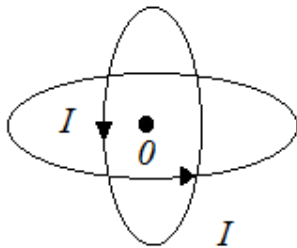


Рисунок 16

Задачи

1 Ион, несущий один элементарный заряд, движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,015 \text{ Тл}$ по окружности радиусом $R = 10 \text{ см}$. Определите импульс p иона.

2 Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 9 \text{ мТл}$ по винтовой линии, радиус R которой равен 1 см и шаг $h = 7,8 \text{ см}$. Определите период T обращения электрона и его скорость v .

3 Магнитный поток $\Phi = 40 \text{ мВб}$ пронизывает замкнутый контур. Определите среднее значение э.д.с. индукции $\langle \varepsilon_i \rangle$, возникающей в контуре, если магнитный поток изменится до нуля за время $\Delta t = 2 \text{ мс}$.

4 Катушка, намотанная на немагнитный цилиндрический каркас, имеет $N_1 = 750$ витков и индуктивность $L_1 = 25 \text{ мГн}$. Чтобы увеличить индуктивность катушки до $L_2 = 36 \text{ мГн}$, обмотку с катушки сняли и заменили обмоткой из более тонкой проволоки с таким расчетом, чтобы длина катушки осталась прежней. Определите число N_2 витков катушки после перемотки.

5 Тонкий медный провод массой $m = 1 \text{ г}$ согнут в виде квадрата, и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле ($B = 0,1 \text{ Тл}$) так, что плоскость его перпендикулярна линиям индукции поля. Определите количество электричества Q , которое протечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

6 Длинный цилиндр из диэлектрика (рисунок 17), по поверхности которого равномерно распределен положительный заряд с линейной плотностью $\tau = 10,0 \text{ мкКл/м}$, вращается вокруг своей оси, совершая $n_0 = 1,00 \times 10^2 \text{ об/с}$. Определите индукцию магнитного поля в двух точках: в середине оси цилиндра и в центре одного из его оснований.

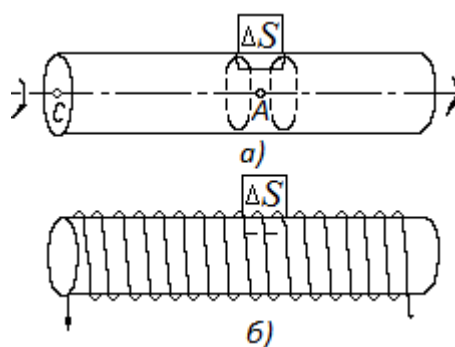


Рисунок 17

Вариант 4

Вопросы программированного контроля

4.1 На рисунке 18 изображены два точечных отрицательных заряда q_1 и q_2 , движущихся с взаимно перпендикулярными нерелятивистскими скоростями v_1 и v_2 . Укажите сумму номеров правильных утверждений.

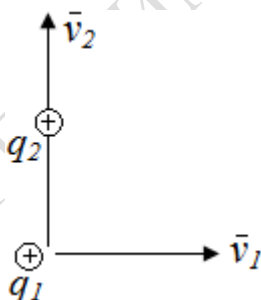


Рисунок 18

1) Магнитная сила, действующая на заряд q_2 со стороны заряда q_1 равна нулю в момент времени, когда скорость v_2 направлена вдоль прямой, соединяющей заряды (v_1 перпендикулярна v_2).

2) Электрическая сила, действующая на заряд q_2 со стороны заряда q_1 , значительно превосходит магнитную.

4) Можно выбрать такую систему отсчета, в которой силы взаимодействия между зарядами будут только магнитными.

8) Магнитная сила, действующая на заряд q_2 со стороны заряда q_1 , равна нулю в момент времени, когда скорость направлена вдоль прямой соединяющей заряды (v_1 перпендикулярна v_2).

4.2 На рисунке 19 в точке A указан вектор индукции \vec{B} магнитного поля, созданного токами, текущими по двум взаимно перпендикулярным круговым контурам с общим центром в точке O . Как направлены токи в контурах? Укажите номер правильного ответа. Плоскости контуров перпендикулярны к плоскости чертежа, вектор \vec{B} лежит в плоскости чертежа.

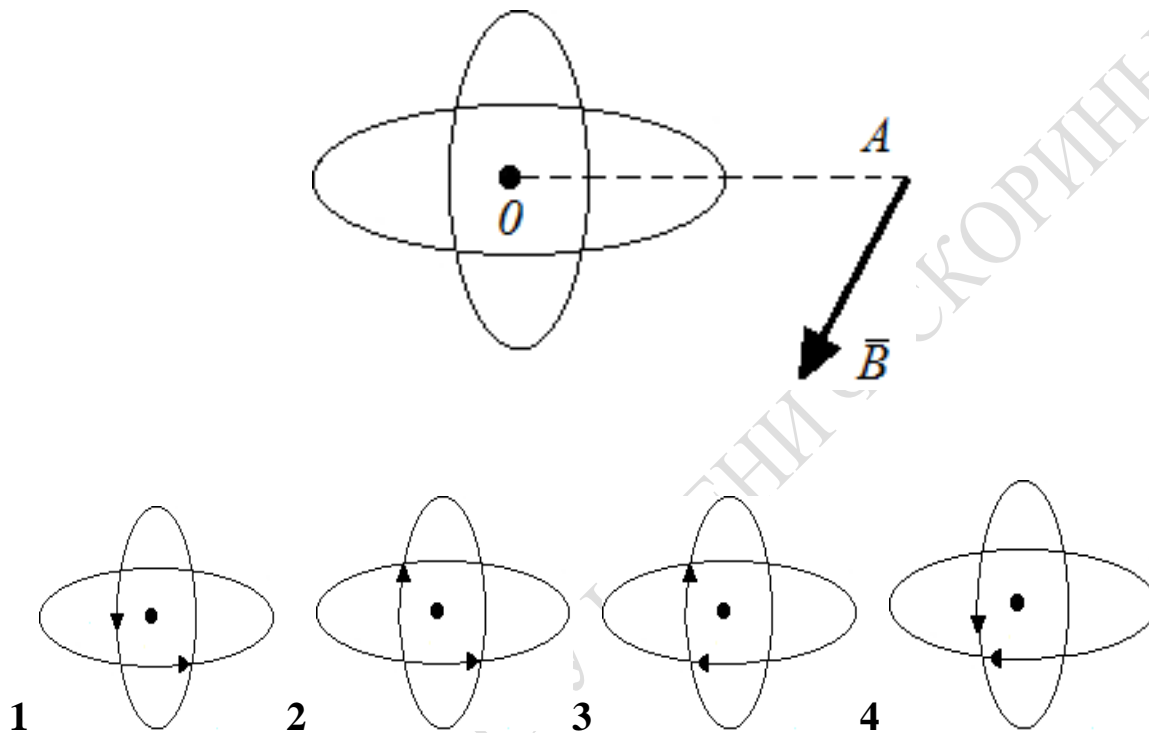


Рисунок 19

4.3 По бесконечно длинному прямому полному цилиндру с внутренним R_1 и внешним R_2 радиусами течет постоянный ток (рисунок 20). Плотность тока \vec{j} во всех точках сечения цилиндра одинакова. Используя теорему о циркуляции вектора магнитной индукции \vec{B} , выведите формулы, выражающие зависимость $|\vec{B}|$ от r , где r – расстояние от оси цилиндра.

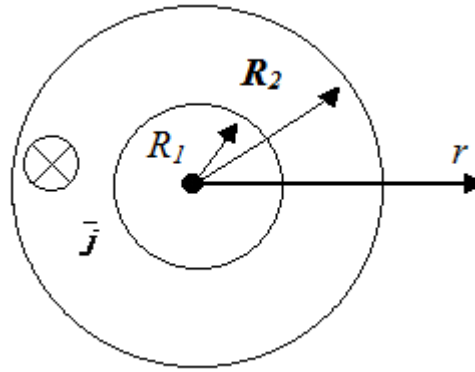


Рисунок 20

Постройте график, выражающий эту зависимость.
Магнитную проницаемость всюду считать равной единице.

4.4 В каком случае циркуляция вектора индукции магнитного поля по контуру L наибольшая (рисунок 21)? Все токи одинаковы. Укажите его номер. Подтвердите ваш выбор расчетом.

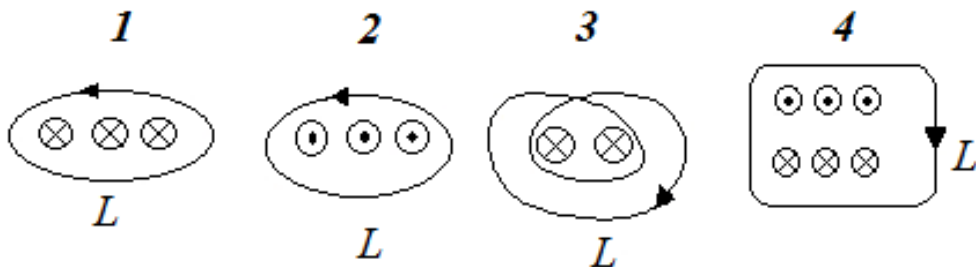


Рисунок 21

4.5 На рисунке 22 в точке C изображен вектор индукции $d\vec{B}$ магнитного поля, созданного элементом тока $I d\vec{l}$, находящегося в точке A .

Запишите формулу для $d\vec{B}$. Как должен быть направлен элемент тока $I d\vec{l}$?

Какой цифрой на рисунке 22 обозначено это направление?

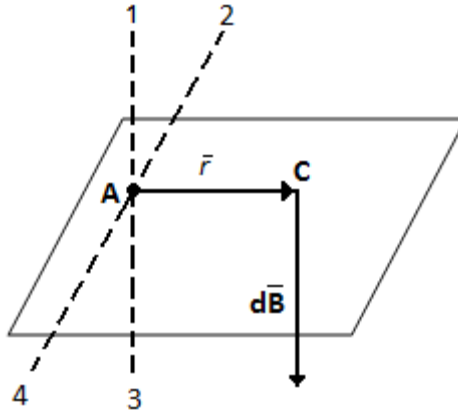


Рисунок 22

Задачи

1 Протон, прошедший ускоряющую разность потенциалов $U = 600 \text{ В}$, влетел в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,3 \text{ Тл}$ и начал двигаться по окружности. Вычислите ее радиус R .

2 В циклотроне требуется ускорять ионы гелия (He^{++}). Частота ν переменной разности потенциалов, приложенной к дуантам, равна 10 МГц . Какова должна быть индукция B магнитного поля, чтобы период T обращения ионов совпадал с периодом изменения разности потенциалов?

3 Обмотка соленоида состоит из одного слоя плотно прилегающих друг к другу витков медного провода диаметром $d = 0,2 \text{ мм}$. Диаметр D соленоида равен 5 см . По соленоиду течет ток $I = 1 \text{ А}$. Определите количество электричества Q , протекающее через обмотку, если концы ее замкнуть накоротко. Толщиной изоляции пренебречь.

4 Прямой провод длиной $l = 10 \text{ см}$ помещен в однородном магнитном поле с индукцией $B = 1 \text{ Тл}$. Концы его замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление R всей цепи равно $0,4 \text{ Ом}$. Какая мощность P потребуется для того, чтобы двигать провод перпендикулярно линиям индукции со скоростью $v = 20 \text{ м/с}$.

5 На расстоянии $a = 1 \text{ м}$ от длинного прямого провода с током $I = 1 \text{ кА}$ находится кольцо радиусом $r = 1 \text{ см}$. Кольцо расположено так, что поток, пронизывающий его, максимален. Определите количество электричества Q , которое протечет по кольцу, когда ток в проводнике будет выключен. Сопротивление R кольца 10 Ом . Поле в пределах кольца считать однородным.

6 Две катушки расположены на небольшом расстоянии одна от другой. Когда сила тока в первой катушке изменяется с быстротой $\frac{Dl}{Dt} = 5 \text{ A/c}$, во второй катушке возникает э.д.с. индукции $\varepsilon_i = 0,1 \text{ B}$. Определите коэффициент M взаимной индукции катушек.

Вариант 5

Вопросы программированного контроля

5.1 Два противоположных точечных заряда q_1 и q_2 движутся параллельно друг другу с нерелятивистскими скоростями v_1 и v_2 , причем $|v_1| = |v_2|$ (рисунок 23).

Укажите сумму номеров правильных утверждений.

1) Можно выбрать такую систему отсчета, в которой силы взаимодействия между зарядами были бы только электрическими.

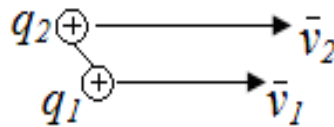


Рисунок 23

2) Магнитная сила, действующая на заряд q_1 со стороны заряда q_2 , направлена вдоль прямой, соединяющей эти заряды.

4) Направление магнитной силы, действующей на заряд q_2 , не изменится, если заряд q_1 будет отрицательным.

8) Направление магнитной силы, действующей на заряд q_1 изменится, если направление движения заряда q_2 изменится на противоположное.

5.2 Магнитное поле создано элементом тока $Id\vec{l}$. Запишите формулу для индукции $d\vec{B}$ магнитного поля, созданного этим зарядом в точке пространства, определяемом радиусом-вектором \vec{r} . На ее основе определите значения, которые могут принимать углы между элементом тока и вектором индукции $d\vec{B}$, а также между вектором $d\vec{B}$ и радиус-вектором \vec{r} ; $\alpha_1 = (Id\vec{l}, d\vec{B})$, $\alpha_2 = (\vec{r}, Id\vec{l})$.

Укажите номер правильного ответа на оба вопроса.

- 1) $\alpha_1 = 90^\circ, \alpha_2 = 90^\circ$; 3) $\alpha_1 = 90^\circ, \alpha_2$ – любой угол;
 2) α_1 – любой угол, $\alpha_2 = 90^\circ$; 4) α_1 – любой угол, α_2 – любой угол.

5.3 В каком направлении в точке А может быть направлен вектор индукции магнитного поля, созданного двумя прямыми взаимно перпендикулярными бесконечно длинными проводниками, по которым текут одинаковые токи (рисунок 24)?

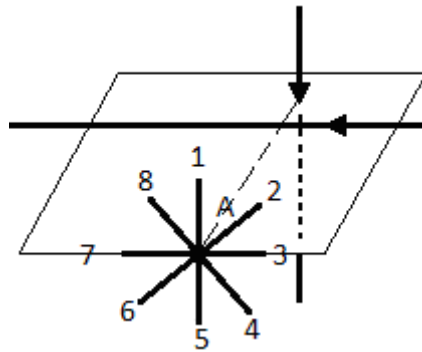


Рисунок 24

Укажите номер этого направления. Все направления 1–8 располагаются в плоскости чертежа. Если вектор B не располагается в этой плоскости, запишите в ответ цифру 9.

5.4 Магнитное поле (рисунок 25), создано двумя коаксиальными бесконечно длинными соленоидами радиусами R_1 и R_2 по которым текут одинаковые по модулю токи ($I_1 = I_2$). Число витков на единицу длины одинаково для обоих соленоидов.

Пользуясь теоремой о циркуляции вектора B , получите выражения для индукции магнитного поля длинного соленоида.

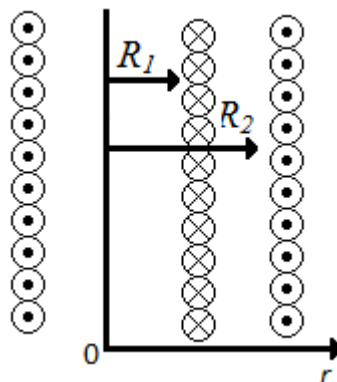


Рисунок 25

5.5 Используя принцип суперпозиции полей, постройте график зависимости модуля индукции результирующего магнитного поля от расстояния r до оси соленоидов.

Пользуясь выражением для индукции B , создаваемой круговым током, выведите формулу для модуля вектора B индукции магнитного поля в точке O (рисунок 26), являющейся центром двух взаимно перпендикулярных круговых контуров, по которым текут одинаковые токи.

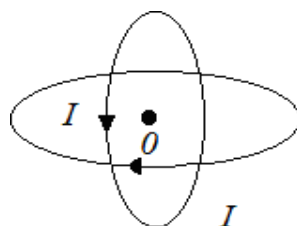


Рисунок 26

Задачи

1 Катушка, намотанная на немагнитный цилиндрический каркас, имеет $N_1 = 750$ витков и индуктивность $L_1 = 25$ мГн. Чтобы увеличить индуктивность катушки до $L_2 = 36$ мГн, обмотку с катушки сняли и заменили обмоткой из более тонкой проволоки с таким расчетом, чтобы длина катушки осталась прежней. Определите число N_2 витков катушки после перемотки.

2 Короткая катушка, содержащая $N = 1000$ витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,04$ Тл с угловой скоростью $\omega = 5$ рад/с относительно оси, совпадающей с диаметром катушки и перпендикулярной линиям индукции поля. Определите мгновенное значение э.д.с. индукции ε_i для тех моментов времени, когда плоскость катушки составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с линиями индукции поля. Площадь S катушки равна 100 см².

3 Заряженная частица движется по окружности радиусом $R = 1$ см в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл. Параллельно магнитному полю возбуждено электрическое поле напряженностью $E = 100$ В/м. Вычислите промежуток времени Δt , в течение которого должно действовать электрическое поле, для того чтобы кинетическая энергия частицы возросла вдвое.

4 Электрон движется в магнитном поле по окружности радиусом $R = 2 \text{ см}$. Магнитная индукция B поля равна $0,1 \text{ Тл}$. Определите кинетическую энергию T электрона.

5 Электрон, влетев в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,2 \text{ Тл}$, стал двигаться по окружности радиусом $R = 5 \text{ см}$. Определите магнитный момент p_m эквивалентного кругового тока.

б) Альфа-частица прошла ускоряющую разность потенциалов $U = 104 \text{ В}$ и влетела в скрещенные под прямым углом электрическое ($E = 10 \text{ кВ/м}$) и магнитное ($B = 0,1 \text{ Тл}$) поля. Найдите отношение заряда альфа-частицы к ее массе, если, двигаясь перпендикулярно обоим полям, частица не испытывает отклонений от прямолинейной траектории.

Вариант 6

Вопросы программированного контроля

6.1 Два точечных противоположных заряда q_1 и q_2 движутся в горизонтальном направлении в противоположные стороны с нерелятивистскими скоростями v_1 и v_2 , причем $|v_1| = |v_2|$ (рисунок 27).

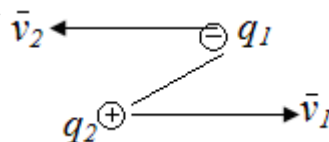


Рисунок 27

Укажите сумму номеров правильных утверждений.

1) Магнитная сила, действующая на заряд q_2 со стороны заряда q_1 , направлена вдоль линии, соединяющей заряды.

2) Магнитные силы взаимодействия значительно меньше электрических.

4) Можно выбрать систему отсчета, в которой силы взаимодействия между зарядами будут только электрическими.

8) Электрические и магнитные силы взаимодействия между зарядами являются силами притяжения.

6.2 Элемент тока Idl и точки 1–4 лежат в одной и той же горизонтальной плоскости, причем все точки отстоят от элемента тока на одинаковых расстояниях (рисунок 28).

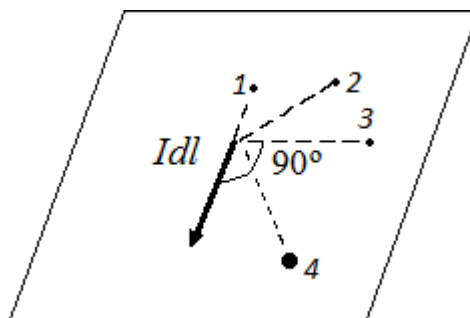


Рисунок 28

Запишите формулу для модуля dB магнитной индукции, созданной этим элементом тока, и укажите сумму номеров точек, в которых dB имеет нулевое и максимальное значения.

6.3 В каком направлении в точке A может быть направлен вектор индукции магнитного поля, созданного токами I_1 и I_2 , текущими по двум круговым контурам?

Плоскости контуров перпендикулярны к плоскости чертежа (рисунок 29).

Укажите номер этого направления. Если вектор B не располагается в плоскости чертежа, то в ответе укажите цифру 9.

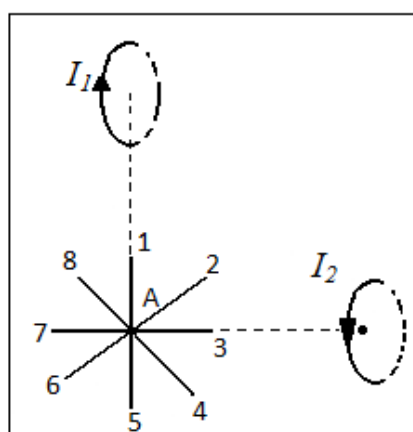


Рисунок 29

6.4 Определите направление токов в проводниках 1 и 2, для которых циркуляция вектора \vec{B} по контуру L будет минимальной (рисунок 30). Выберите номер правильного ответа. Подтвердите ваш выбор расчетом.

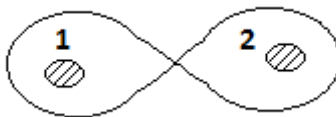


Рисунок 30

- 1) $\oplus^1 \oplus^2$; 2) $\otimes^1 \oplus^2$; 3) $\otimes^1 \otimes^2$; 4) $\oplus^1 \otimes^2$.

6.5 Точечный положительный заряд q движется в горизонтальной плоскости со скоростью \vec{V} . В этой же плоскости лежат точки 1, 2, 3 (рисунок 31).

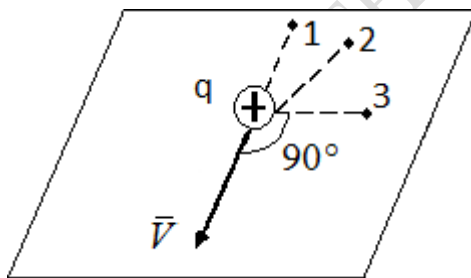


Рисунок 31

Запишите формулу для индукции магнитного поля, созданного этим зарядом, и определите номер точки, для которой модуль вектора \vec{B} обращается в ноль.

Задачи

1 Электрон движется в магнитном поле с индукцией $B = 0,02 \text{ Тл}$ по окружности радиусом $R = 4 \text{ см}$. Определите кинетическую энергию T электрона (в джоулях и электрон-вольтах).

2 Электрон движется в однородном магнитном поле напряженностью $H = 4 \text{ кА/м}$ со скоростью $v = 10 \text{ Мм/с}$. Вектор скорости направлен перпендикулярно линиям напряженности.

Найдите силу F , с которой поле действует на электрон, и радиус R окружности, по которой он движется.

3 Прямой провод длиной $l = 40$ см движется в однородном магнитном поле со скоростью $v = 5$ м/с перпендикулярно линиям индукции. Разность потенциалов U между концами провода равна 0,6 В. Вычислите индукцию B магнитного поля.

4 Рядом с длинным прямым проводом MN , по которому идет ток силой I , расположена квадратная рамка со стороной l , обтекаемая током силой I' (рисунок 32).

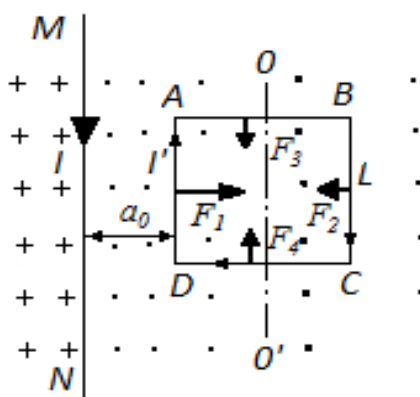


Рисунок 32

Рамка лежит в одной плоскости с проводом MN так, что ее сторона, ближайшая к проводу, находится от него на расстоянии a_0 . Определите магнитную силу, действующую на рамку, а также работе этой силы при удалении рамки из магнитного поля. Считайте, что при движении рамки токи I, I' поддерживаются постоянными.

5 Рамка площадью $S = 200$ см² равномерно вращается с частотой $n = 10$ с⁻¹ относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля ($B = 0,2$ Тл). Каково среднее значение э.д.с. индукции $\langle \varepsilon_i \rangle$ за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения?

6 Определите индуктивность L двухпроводной линии на участке длиной $l = 1$ км. Радиус R провода равен 1 мм, расстояние B между осевыми линиями равно 0,4 м. Учтите только внутренний магнитный поток, то есть, поток, пронизывающий контур, ограниченный проводами.

Вариант 7

Вопросы программированного контроля

7.1 Два точечных противоположных заряда q_1 и q_2 движутся параллельно друг другу со скоростями v_1 и v_2 , причем $|v_1| \neq |v_2|$ (рисунок 33).

Укажите сумму номера вопросов, на которые ответите «нет».

1) Направлена ли магнитная сила, действующая на заряд q_2 со стороны заряда q_1 , вверх?

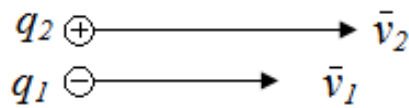


Рисунок 33

2) Изменится ли направление магнитной силы, действующей на заряд q_2 , если направление скорости его движения v_2 сменить на противоположное?

4) Направлена ли магнитная сила, действующая на заряд q_2 со стороны заряда q_1 , вверх?

8) Верно ли, что магнитная и электрическая силы, действующие на заряд q_1 , одного порядка?

7.2 Укажите и обоснуйте направление токов в проводниках 1 и 2, для которых циркуляция вектора B по двум контурам L_1 и L_2 будет одинаковой (рисунок 34). Все токи одинаковые.

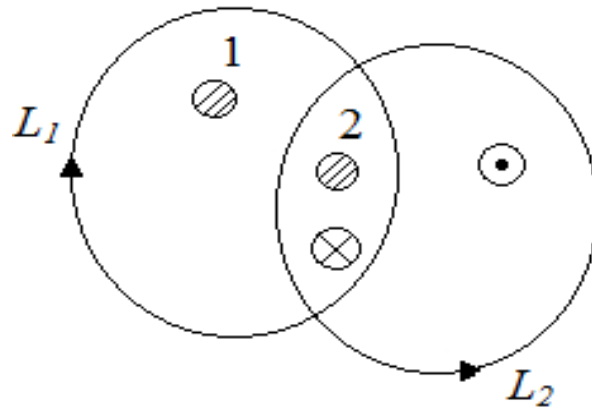


Рисунок 34

7.3 Магнитное поле создано двумя бесконечными длинными параллельными прямыми проводниками, по которым текут одинаковые по модулю токи. На рисунке 35 в точке A указан вектор индукции результирующего магнитного поля.

Как направлены точки в проводниках?

Укажите номер правильного ответа.

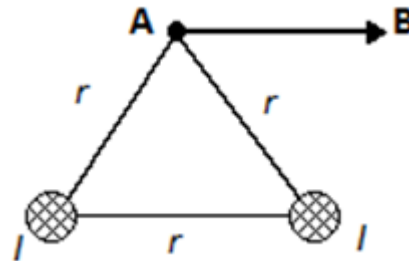


Рисунок 35

- 1) $\oplus\oplus$; 2) $\oplus\otimes$; 3) $\otimes\otimes$; 4) $\otimes\oplus$.

7.4 Выведите формулу для модуля индукции результирующего магнитного поля, созданного токами I_1 и I_2 , текущими по прямому бесконечно длинному проводнику и круговому контуру радиуса R , в точке 0 (рисунок 36). Круговой контур и точка 0 лежат в плоскости чертежа. Управление токов указано на рисунке, причем $I_2 = 2\pi I_1$.

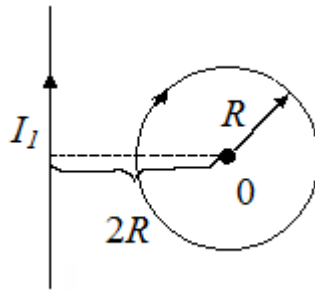


Рисунок 36

7.5 Чему равна в СИ циркуляция вектора \mathbf{B} по контуру обхода L в вакууме (рисунок 37), если $I_1 = 1 \text{ A}$, $I_2 = 2 \text{ A}$, $I_3 = 3 \text{ A}$?

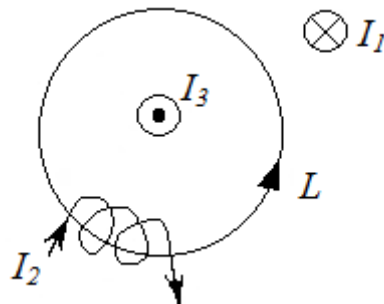


Рисунок 37

Задачи

1 Катушка (рисунок 38) сопротивлением $R_1 = 0,5 \text{ Ом}$ с индуктивностью $L = 4 \text{ мГн}$ соединена параллельно с проводом сопротивлением $R_2 = 2,5 \text{ Ом}$, по которому течет постоянный ток $I = 1 \text{ A}$. Определите количество электричества Q , которое будет индуцировано в катушке при размыкании цепи ключом K .

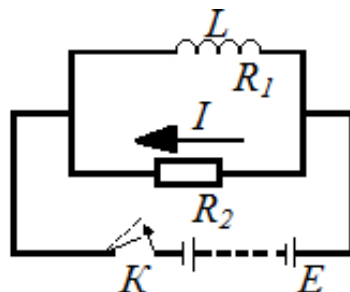


Рисунок 38

2 В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,4 \text{ Тл}$ в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля, вращается

стержень длиной $l = 10 \text{ см}$. Ось вращения проходит через один из концов стержня. Определите разность потенциалов U на концах стержня при частоте вращения $n = 16 \text{ с}^{-1}$.

3 Плоский контур, площадь S которого равна 300 см^2 , находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,01 \text{ Тл}$. Плоскость контура перпендикулярна линиям индукции. В контуре поддерживается неизменный ток $I = 10 \text{ А}$. Определите работу A внешних сил по перемещению контура с током в область пространства, магнитное поле в которой отсутствует.

4 Протон влетает со скоростью $v = 100 \text{ км/с}$ в область пространства, где имеются электрическое ($E = 210 \text{ В/м}$) и магнитное ($B = 3,3 \text{ мТл}$) поля. Напряженность E электрического поля и магнитная индукция B совпадают по направлению. Определите ускорение протона для начального момента движения в поле, если направление вектора его скорости v : 1) совпадает с общим направлением векторов \vec{E} и B ; 2) перпендикулярно этому направлению.

5 Индукция B магнитного поля циклотрона равна 1 Тл . Какова частота ν ускоряющего поля между дуантами, если в циклотроне ускоряются дейтоны?

6 Электрон в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ движется по окружности. Найдите силу I эквивалентного кругового тока, создаваемого движением электрона.

Вариант 8

Вопросы программированного контроля

8.1 Два положительных точечных заряда q_1 и q_2 движутся в горизонтальном направлении в противоположные стороны с одинаковыми по модулю нерелятивистскими скоростями (рисунок 39).

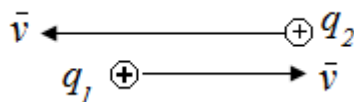


Рисунок 39

Укажите сумму номеров правильных утверждений.

1) Магнитные силы взаимодействия значительно меньше электрических?

2) Направление магнитной силы, действующей на заряд q_1 , изменится, если заряд q_2 будет отрицательным?

4) Магнитная и электрическая сила, действующие на заряд q_2 со стороны заряда q_1 направлены в одну и ту же сторону, вверх?

8) Можно выбрать такую систему отсчета, в которой силы взаимодействия между зарядами будут только магнитными?

8.2 В каком случае циркуляция вектора индукции магнитного поля по контуру L минимальна (рисунок 40)? Подтвердите Ваш выбор расчетом.

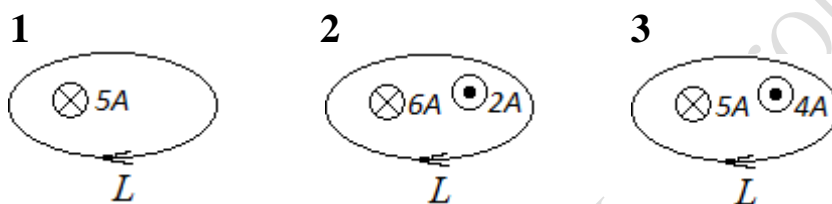


Рисунок 40

8.3 В каком направлении в точке A может быть направлен вектор индукции результирующего магнитного поля, созданного токами I_1 и I_2 , текущими по двум взаимно перпендикулярным круговым контурам с общим центром O (плоскости контуров перпендикулярны к плоскости чертежа, рисунок 41)?

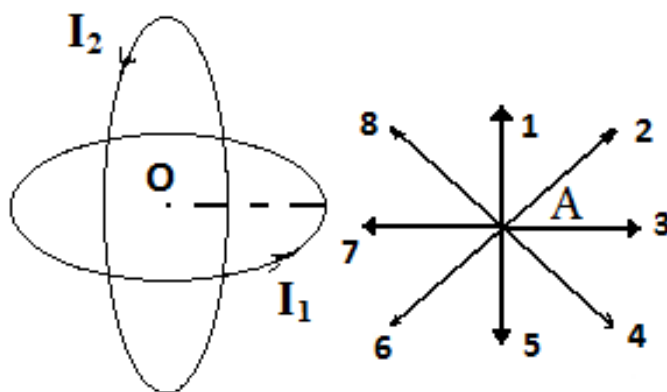


Рисунок 41

Укажите номер этого направления. Если вектор B не располагается в плоскости чертежа, укажите в ответе цифру 9.

8.4 На рисунке 42 в точке C изображен вектор индукции $d\vec{B}$ магнитного поля, созданного элементом тока $I d\vec{l}$, находящегося в точке A .

Запишите формулу для $d\vec{B}$. Как должен быть направлен элемент тока $I d\vec{l}$?

Какой цифрой на рисунке 42 обозначено это направление?

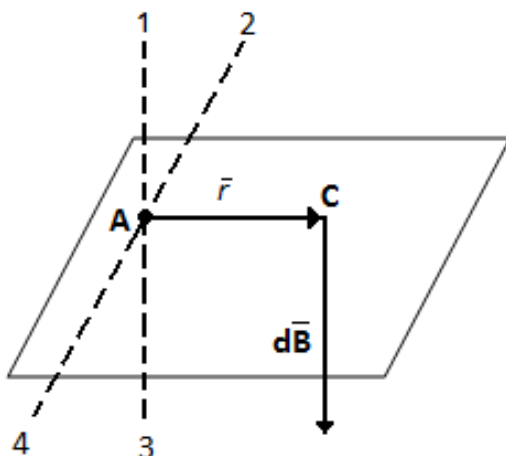


Рисунок 42

8.5 В каком случае циркуляция вектора индукции магнитного поля по контуру Γ равна нулю (рисунок 43)? Укажите его номер. Подтвердите Ваш выбор расчетом.

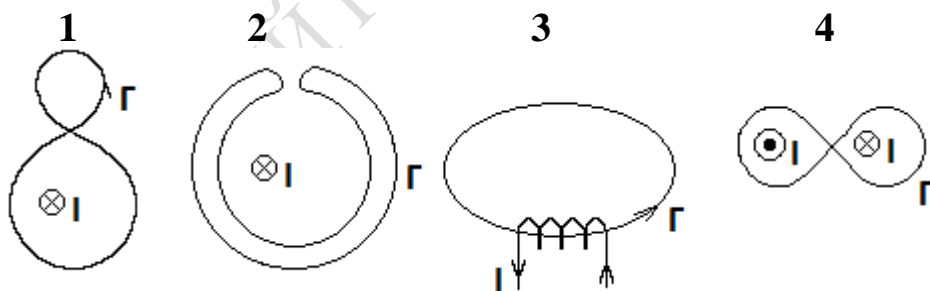


Рисунок 43

Задачи

1 Коаксиальный кабель представляет собой длинную металлическую тонкостенную трубку (рисунок 44) радиуса $R = 10$ мм, вдоль оси которой расположен тонкий провод. Силы токов в трубке и проводе равны, направления противоположны. Определите магнитную ин-

дукцию в точках 1 и 2, удаленных соответственно на расстояния $r_1 = 5,0 \text{ мм}$ и $r_2 = 15 \text{ мм}$ от оси кабеля, если сила тока $I = 0,50 \text{ А}$.

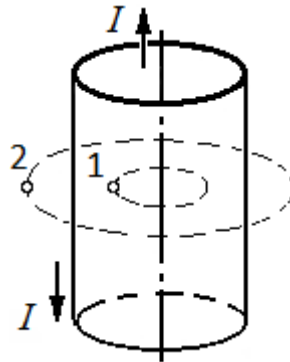


Рисунок 44

2 Определите силу Лоренца F , действующую на электрон, влетевший со скоростью $v = 4 \text{ мм/с}$ в однородное магнитное поле под углом $\alpha = 30^\circ$ к линиям индукции. Магнитная индукция в поля равна $0,2 \text{ Тл}$.

3 Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ перпендикулярно линиям индукции. Определите силу F , действующую на электрон со стороны поля, если радиус R кривизны траектории равен $0,5 \text{ см}$.

4 Кинетическая энергия T α -частицы равна 500 МэВ . Частица движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом $R = 80 \text{ см}$. Определите магнитную индукцию B поля.

5 Плоский контур, площадь S которого равна 300 см^2 , находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,01 \text{ Тл}$. Плоскость контура перпендикулярна линиям индукции. В контуре поддерживается неизменный ток $I = 10 \text{ А}$. Определите работу A внешних сил по перемещению контура с током в область пространства, магнитное поле в которой отсутствует.

6 По длинному прямому проводу течет ток. Вблизи провода расположена квадратная рамка из тонкого провода сопротивлением $R = 0,02 \text{ Ом}$. Провод лежит в плоскости рамки и параллелен двум ее сторонам, расстояния до которых от провода соответственно равны $a_1 = 10 \text{ см}$, $a_2 = 20 \text{ см}$. Найдите силу тока I в проводе, если при его включении через рамку протекло количество электричества $Q = 693 \text{ мкКл}$.

Вариант 9

Вопросы программированного контроля

9.1 Два точечных противоположных по знаку заряда q_1 и q_2 движутся с нерелятивистскими скоростями v_1 и v_2 причем $|v_1| \neq |v_2|$, $|v_1| \parallel |v_2|$ (рисунок 45).

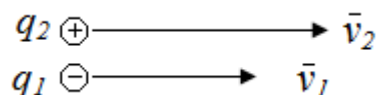


Рисунок 45

Укажите сумму номеров правильных утверждений.

- 1) Магнитная сила, действующая на заряд q_2 со стороны заряда q_1 , направлена вверх.
- 2) Можно выбрать такую систему отсчета, в которой силы взаимодействия между зарядами будут только магнитными.
- 4) Магнитная и электрическая силы, действующие на заряд q_1 , одного порядка.
- 8) Магнитная сила, действующая на заряд q_1 , изменит свое направление при изменении направления движения заряда q_1 на противоположное.

9.2 Рассчитайте чему равна в СИ циркуляция вектора B по контуру обхода L в вакууме (рисунок 46), если $I_1 = 1$ А, $I_2 = 2$ А, $I_3 = 3$ А, $I_4 = 5$ А.

Укажите номер правильного ответа.

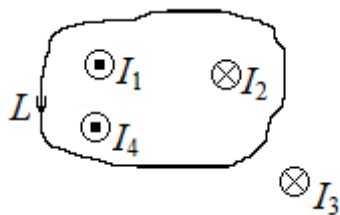


Рисунок 46

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1) $-4\pi \cdot 10^{-7}$ Тл·м; | 3) $4\pi \cdot 10^{-7}$ Тл·м; |
| 2) $-16\pi \cdot 10^{-7}$ Тл·м; | 4) $16\pi \cdot 10^{-7}$ Тл·м. |

9.3 Выведите формулу для модуля индукции результирующего магнитного поля, созданного токами I_1 и I_2 , текущими по прямому бесконечно длинному проводнику и круговому контуру радиуса R , в точке O (рисунок 47). Круговой контур и точка O лежат в плоскости чертежа; направление токов указано на рисунке, причем $I_1 = 2I_2$.

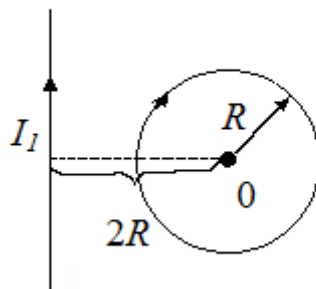


Рисунок 47

9.4 На рисунке 48 изображены линии индукции магнитного поля, созданного двумя прямыми параллельными бесконечно длинными проводниками с токами.

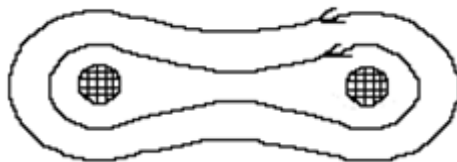


Рисунок 48

Как направлены токи в проводниках?

- 1) $\oplus\otimes$; 2) $\oplus\oplus$; 3) $\otimes\oplus$; 4) $\otimes\otimes$.

9.5 Точечный положительный заряд q движется в горизонтальной плоскости со скоростью V . В этой же плоскости лежат точки 1, 2, 3 (рисунок 49).

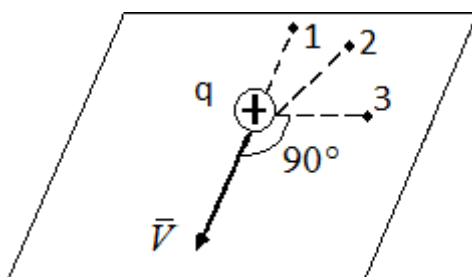


Рисунок 49

Запишите формулу для индукции магнитного поля, созданного этим зарядом, и определите номер точки, для которой модуль вектора \vec{B} обращается в ноль.

Задачи

1 Коаксиальный кабель представляет собой длинную металлическую тонкостенную трубку (рисунок 50) радиуса $R = 10 \text{ мм}$, вдоль оси которой расположен тонкий провод. Силы токов в трубке и проводе равны, направления противоположны. Определите магнитную индукцию в точках 1 и 2, удаленных соответственно на расстояния $r_1 = 5,0 \text{ мм}$ и $r_2 = 15 \text{ мм}$ от оси кабеля, если сила тока $I = 0,50 \text{ А}$.

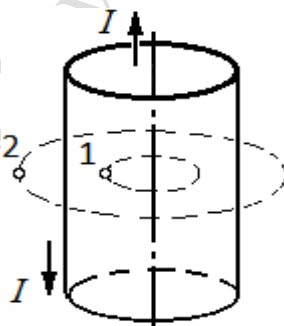


Рисунок 50

2 Определите силу Лоренца F , действующую на электрон, влетевший со скоростью $v = 4 \text{ мм/с}$ в однородное магнитное поле под углом $\alpha = 30^\circ$ к линиям индукции. Магнитная индукция в поля равна $0,2 \text{ Тл}$.

3 В однородном магнитном поле с индукцией $B = 100 \text{ мкТл}$ движется электрон по винтовой линии. Определите скорость v электрона, если шаг h винтовой линии равен 20 см , а радиус $R = 5 \text{ см}$.

4 Виток, по которому течет ток $I = 20 \text{ А}$, свободно установится в однородном магнитном поле $B = 16 \text{ мТл}$. Диаметр d витка равен 10 см .

Какую работу нужно совершать, чтобы медленно повернуть виток на угол $\alpha = \frac{\rho}{2}$ относительно оси, совпадающей с диаметром?

5 Плоский контур, площадь S которого равна 300 см^2 , находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,01 \text{ Тл}$. Плоскость контура перпендикулярна линиям индукции. В контуре поддерживается неизменный ток $I = 10 \text{ А}$. Определите работу A внешних сил по перемещению контура с током в область пространства, магнитное поле в которой отсутствует.

6 Катушка, намотанная на немагнитный цилиндрический каркас, имеет $N_1 = 750$ витков и индуктивность $L_1 = 25 \text{ мГн}$. Чтобы увеличить индуктивность катушки до $L_2 = 36 \text{ мГн}$, обмотку с катушки сняли и заменили обмоткой из более тонкой проволоки с таким расчетом, чтобы длина катушки осталась прежней. Определите число N_2 витков катушки после перемотки.

Вариант 10

Вопросы программированного контроля

10.1 Два положительных точечных заряда q_1 и q_2 движутся параллельно друг другу с одинаковыми нерелятивистскими скоростями (рисунок 51).

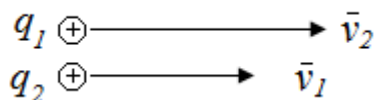


Рисунок 51

Укажите сумму номеров вопросов, на которые ответите «да».

1) Верно ли, что магнитная и электрическая силы, действующие на заряд q_1 со стороны заряда q_2 , одного порядка?

2) Изменится ли направление магнитной силы, действующей на заряд q_1 , если заряд q_2 будет отрицательным?

4) Можно ли выбрать такую систему отсчета, в которой силы взаимодействия между зарядами были бы только электрическими?

8) Изменится ли направление электрической силы, действующей на заряд q_1 , если направление его движения изменить на противоположное?

10.2 Ниже цифрами обозначены различные физические величины:

1) m_0 ; 2) $I d\vec{l}$; 4) q ; 8) V ; 16) \vec{r} .

Укажите сумму номеров величин, входящих в формулу закона Био-Савара-Лапласа.

10.3 Чему равна в СИ циркуляция вектора B по контуру обхода L в вакууме (рисунок 52), если $I_1 = 1 \text{ A}$, $I_2 = 2 \text{ A}$, $I_3 = 3 \text{ A}$?

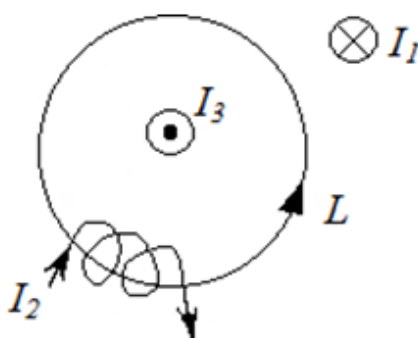


Рисунок 52

10.4 В каком направлении в точке A может быть направлен вектор индукции магнитного поля, созданного двумя прямыми взаимно перпендикулярными бесконечно длинными проводниками, по которым текут одинаковые токи (рисунок 53)?

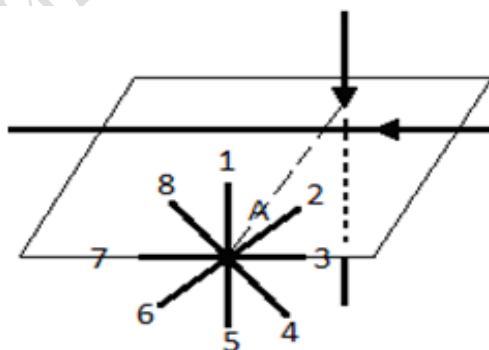


Рисунок 53

Укажите номер этого направления. Все направления 1–8 располагаются в плоскости чертежа.

Если вектор B не располагается в этой плоскости, запишите в ответ цифру 9.

10.5 Определите направление токов в проводниках 1 и 2, для которых циркуляция вектора B по контуру L будет минимальной (рисунок 54).



Рисунок 54

Выберите номер правильного ответа.

1) $\oplus^1 \oplus^2$; 2) $\otimes^1 \oplus^2$; 3) $\otimes^1 \otimes^2$; 4) $\oplus^1 \otimes^2$.

Ваш выбор подтвердите расчетом.

Задачи

1 Соленоид, площадь S сечения которого равна 5 см^2 , содержит $N = 1200$ витков. Индукция B магнитного поля внутри соленоида при силе тока $I = 2 \text{ А}$ равна $0,01 \text{ Тл}$. Определите индуктивность L соленоида.

2 Индуктивность L катушки равна 2 мГн . Ток частотой $\nu = 50 \text{ Гц}$, протекающий по катушке, изменяется по синусоидальному закону. Определите среднюю э.д.с. самоиндукции $\langle \varepsilon_i \rangle$, возникающую за интервал времени Δt , в течение которого ток в катушке изменяется от минимального до максимального значения. Амплитудное значение силы тока $I_0 = 10 \text{ А}$.

3 По кольцу, сделанному из тонкого гибкого провода радиусом $R = 10 \text{ см}$, течет ток $I = 100 \text{ А}$. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено магнитное поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$, по направлению совпадающей с индукцией B_1 собственного магнитного поля кольца. Определите работу A внешних сил, которые, действуя на провод, деформировали его и придали ему форму квадрата. Сила тока при этом поддерживалась неизменной. Работой против упругих сил пренебречь.

4 Кинетическая энергия T α -частицы равна 500 МэВ . Частица движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом $R = 80 \text{ см}$. Определите магнитную индукцию B поля.

5 Определите энергию ε , которую приобретает протон, сделав $N = 40$ оборотов в магнитном поле циклотрона, если максимальное значение U_{max} переменной разности потенциалов между дуантами

равно 60 кВ . Определите также относительное увеличение $\frac{Dm}{m_0}$ массы протона в сравнении с массой покоя, а также скорость v протона.

6 Протон влетает со скоростью $v = 100 \text{ км/с}$ в область пространства, где имеются электрическое ($E = 210 \text{ В/м}$) и магнитное ($B = 3,3 \text{ мТл}$) поля. Напряженность E электрического поля и магнитная индукция B совпадают по направлению. Определите ускорение протона для начального момента движения в поле, если направление вектора его скорости v : 1) совпадает с общим направлением векторов \vec{E} и B ; 2) перпендикулярно этому направлению.

Вариант 11

Вопросы программированного контроля

11.1 Два точечных противоположных по знаку заряда q_1 и q_2 движутся в горизонтальном направлении в противоположные стороны с нерелятивистскими скоростями v_1 и v_2 , причем $|v_1| \neq |v_2|$ (рисунок 55).

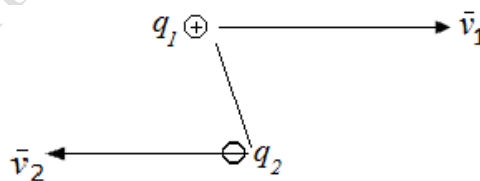


Рисунок 55

Укажите сумму номеров правильных утверждений.

- 1) Магнитные силы взаимодействия значительно меньше электрических.
- 2) Можно выбрать систему отсчета, в которой силы взаимодействия между зарядами будут только магнитными.
- 3) Электрические и магнитные силы взаимодействия между зарядами являются силами притяжения.

4) Магнитная сила, действующая на заряд q_2 со стороны заряда q_1 направлена вдоль линии, соединяющей заряды.

11.2 Магнитное поле создано двумя бесконечно длинными параллельными прямыми проводниками, по которым текут одинаковые по модулю токи. На рисунке 56 в точке A указан вектор индукции результирующего магнитного поля.

Как направлены токи в проводниках?

Обоснуйте ответ.

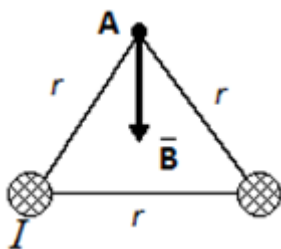


Рисунок 56

11.3 На рисунке в 57 точке C изображен вектор индукции $d\vec{B}$ магнитного поля, созданного элементом тока $I d\vec{l}$, находящегося в точке A .

Запишите формулу для $d\vec{B}$. Как должен быть направлен элемент тока $I d\vec{l}$?

Какой цифрой на рисунке 57 обозначено это направление?

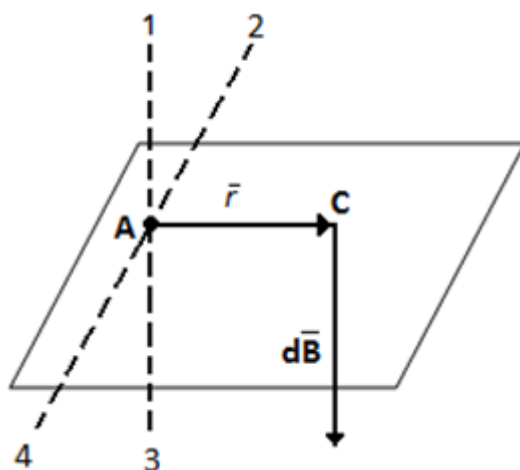


Рисунок 57

11.4 По бесконечно длинному прямому полному цилиндру с внутренним R_1 и внешним R_2 радиусами течет постоянный ток (рисунок 58). Плотность тока \vec{j} во всех точках сечения цилиндра одинакова.

Используя теорему о циркуляции вектора магнитной индукции \vec{B} , выведите формулы, выражающие зависимость B от r , где r – расстояние от оси цилиндра. Постройте график, выражающий эту зависимость.

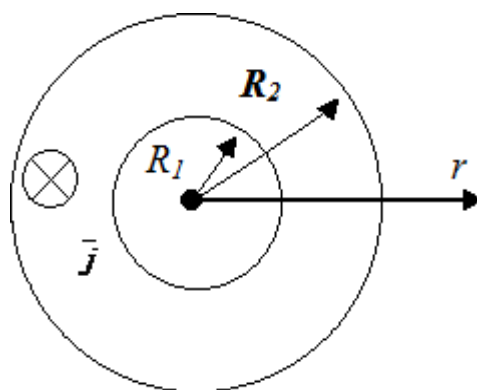


Рисунок 58

11.5 Магнитное поле создано одинаковыми по силе токами, текущими по двум взаимно перпендикулярным круговым контурам одинакового радиуса с общим центром в точке O (рисунок 59). Плоскости контуров перпендикулярны к плоскости чертежа. В точке O указан вектор \vec{B} , лежащий в плоскости чертежа.

Как направлены токи в контурах? Обоснуйте ответ.

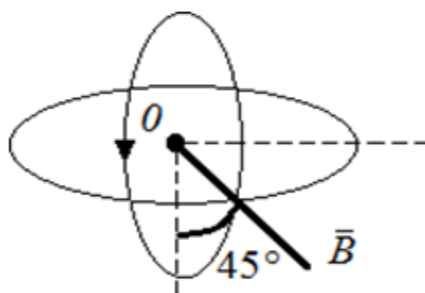


Рисунок 59

Задачи

1 Заряженная частица, двигаясь перпендикулярно скрещенным под прямым углом электрическому ($E = 400 \text{ кВ/м}$) и магнитному ($B = 0,25 \text{ Тл}$) полям, не испытывает отклонения при определенной скорости v . Определите эту скорость и возможные отклонения Δv от

нее, если значения электрического и магнитного полей могут быть обеспечены с точностью, не превышающей 0,2 %.

2 Кинетическая энергия T α -частицы равна 500 МэВ. Частица движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом $R = 80$ см. Определите магнитную индукцию B поля.

3 Определите энергию ε , которую приобретает протон, сделав $N = 40$ оборотов в магнитном поле циклотрона, если максимальное значение U_{max} переменной разности потенциалов между дуантами равно 60 кВ. Определите также относительное увеличение $\frac{Dm}{m_0}$ массы протона в сравнении с массой покоя, а также скорость v протона.

4 Определите частоту n вращения электрона по круговой орбите в магнитном поле, индукция B которого равна 0,2 Тл.

5 Заряженная частица, прошедшая ускоряющую разность потенциалов $U = 2$ кВ, движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 15,1$ мТл по окружности радиусом $R = 1$ см. Определите отношение заряда частицы e к ее массе m и скорость v частицы.

6 Вычислите радиус R дуги окружности, которую описывает протон в магнитном поле с индукцией $B = 15$ мТл, если скорость v протона равна 2 Мм/с.

Вариант 12

Вопросы программированного контроля

12.1 Два положительных точечных заряда q_1 и q_2 движутся параллельно друг другу с нерелятивистскими скоростями v_1 и v_2 , причем $|v_1| = |v_2|$ (рисунок 60).

Укажите номер правильного утверждения.

1) Можно выбрать такую систему отсчета, в которой силы взаимодействия между зарядами были бы только электрическими.

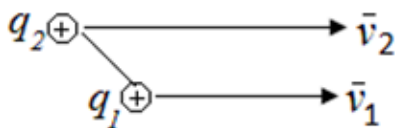


Рисунок 60

2) Магнитная сила, действующая на заряд q_1 со стороны заряда q_2 , направлена вдоль прямой, соединяющей эти заряды.

4) Направление магнитной силы, действующей на заряд q_2 , не изменится, если заряд q_1 будет отрицательным.

8) Направление магнитной силы, действующей на заряд q_1 изменится, если направление движения заряда q_2 изменится на противоположное.

12.2 В каком направлении в точке A может быть направлен вектор индукции результирующего магнитного поля, созданного токами I_1 и I_2 , текущими по двум взаимно перпендикулярным круговым контурам с общим центром O (плоскости контуров перпендикулярны к плоскости чертежа, рисунок 61)?

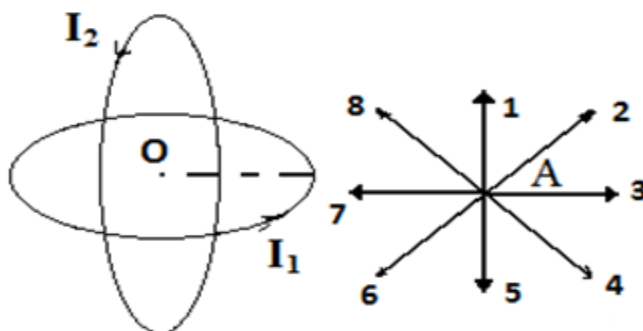


Рисунок 61

12.3 На рисунке 62 изображен контур обхода L в вакууме и указаны направления токов I_1, I_2, I_3, I_4 .

Чему равна циркуляция вектора B магнитного поля этих токов по контуру L ?

Укажите номер правильного ответа.

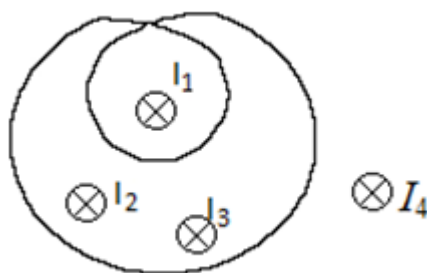


Рисунок 62

$$1) \mu \cdot (2I_1 - I_2 + I_3);$$

$$2) \mu \cdot (I_1 - I_2 + I_3);$$

$$3) \mu \cdot (-2I_1 - I_2 - I_3);$$

$$4) \mu \cdot (-I_1 + I_2 - I_3 + I_4).$$

12.4 В каком направлении в точке A может быть направлен вектор индукции результирующего магнитного поля, созданного токами I_1 и I_2 , текущими по двум взаимно перпендикулярным круговым контурам с общим центром O (плоскости контуров перпендикулярны к плоскости чертежа, рисунок 63)?

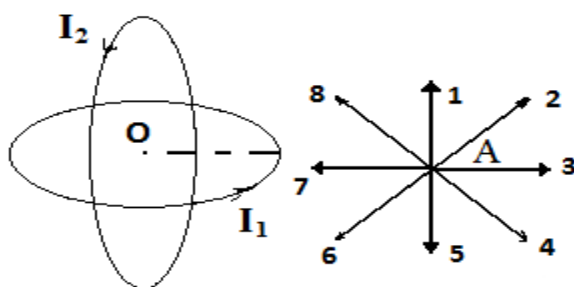


Рисунок 63

Задачи

1 Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ перпендикулярно линиям индукции. Определите силу F , действующую на электрон со стороны поля, если радиус R кривизны траектории равен $0,5 \text{ см}$.

2 Два иона, имеющие одинаковый заряд, но различные массы, влетели в однородное магнитное поле. Первый ион начал двигаться по окружности радиусом $R_1 = 5 \text{ см}$, второй ион – по окружности радиусом $R_2 = 2,5 \text{ см}$. Найдите отношение m_1/m_2 масс ионов m_1 и m_2 , если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

3 К источнику тока с э.д.с. $\varepsilon = 0,5 \text{ В}$ и ничтожно малым внутренним сопротивлением присоединены два металлических стержня, расположенные горизонтально и параллельно друг другу. Расстояние l между стержнями равно 20 см . Стержни находятся в однородном магнитном поле, направленном вертикально. Магнитная индукция $B = 1,5 \text{ Тл}$. По стержням под действием сил поля скользит со скоростью $v = 1 \text{ м/с}$ прямолинейный провод сопротивлением $R = 0,02 \text{ Ом}$. Сопротивление стержней пренебрежимо мало. Определите:

1) э.д.с. индукции ε ; 2) силу F , действующую на провод со стороны поля; 3) силу тока I в цепи; 4) мощность P_1 , расходуемую на движение провода; 5) мощность P_2 , расходуемую на нагревание провода; 6) мощность P_3 , отдаваемую в цепь источника тока.

4 Тонкий медный провод массой $m = 1 \text{ г}$ согнут в виде квадрата, и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле ($B = 0,1 \text{ Тл}$) так, что плоскость его перпендикулярна линиям индукции поля. Определите количество электричества Q , которое протечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

5 Соленоид индуктивностью $L = 4 \text{ мГн}$ содержит $N = 600$ витков. Определите магнитный поток Φ , если сила тока I , протекающего по обмотке, равна 12 А .

6 Обмотка тороида с немагнитным сердечником имеет $N_1 = 251$ виток. Средний диаметр $\langle D \rangle$ тороида равен 8 см , диаметр d витков равен 2 см . На тороид намотана вторичная обмотка, имеющая $N_2 = 100$ витков. При замыкании первичной обмотки в ней в течение $t = 1 \text{ мс}$ устанавливается сила тока $I = 3 \text{ А}$. Найдите среднюю э.д.с. индукции $\langle \varepsilon_i \rangle$, возникающей на вторичной обмотке.

Литература

- 1 Детлаф, А. А. Курс физики : учебник для вузов : в 2 т. Т. 2. Электричество и магнетизм / А. А. Детлаф. – 4-е изд., испр. – М. : Высшая школа, 2002. – 718 с.
- 2 Зильберман, Г. Е. Электричество и магнетизм / Г. Е. Зильберман. – М. : Наука, 1970. – 389 с.
- 3 Иродов, И. Е. Основные законы электромагнетизма / И. Е. Иродов. – М. : Высшая школа, 1991 – 289 с.
- 4 Калашников, С. Г. Электричество / С. Г. Калашников. – 6-е изд. – М : Физматлит, 2003. – 624 с.
- 5 Ландсберг, Г. С. Электричество и магнетизм / Г. С. Ландсберг. – М. : Физматлит, 2004. – 478 с.
- 6 Матвеев, А. И. Курс физики : учебное пособие : в 5 т. Т. 3. Электричество и магнетизм / А. И. Матвеев. – М. : Высшая школа, 1989. – 463 с.
- 7 Савельев, И. В. Курс общей физики. Электричество, волны, оптика / И. В. Савельев. – 2-е изд. – М. : Наука, 1982. – 496 с.
- 8 Сивухин, Д. В. Общий курс физики : в 4 т. Т. 3. Электричество / Д. В. Сивухин. – 2-е изд. – М. : Наука, 1983. – 688 с.
- 9 Сборник задач по общему курсу физики : в 5 кн. Кн. 3. Электричество и магнетизм / С. П. Стрелков [и др.]; под ред. И. А. Яковлева. – М. : Физматлит, Лань, 2006. – 232 с.
- 10 Тамм, И. Е. Основы теории электричества / И. Е. Тамм. – 11-е изд. – М. : Наука, 2003. – 504 с.
- 11 Трубецкова, С. В. Физика. Вопросы – ответы. Задачи – решения : в 6 ч. Ч. 5. Электричество и магнетизм / С. В. Трубецкова. – М. : Физматлит, 2003. – 624 с.

Производственно-практическое издание

Желонкина Тамара Петровна,
Лукашевич Светлана Анатольевна,
Федосенко Елена Аркадьевна

**ОБЩАЯ ФИЗИКА:
МАГНИТНОЕ ПОЛЕ ТОКОВ**

Контрольная работа

Практическое руководство

Редактор *В. И. Шкредова*
Корректор *В. В. Калугина*

Подписано в печать 06.12.2018. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,8.
Уч.-изд. л. 3,1. Тираж 25 экз. Заказ 808.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 3/1452 от 17.04.2017.
Специальное разрешение (лицензия) № 02330 / 450 от 18.12.2013.
Ул. Советская, 104, 246019, Гомель.

