Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

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

ОБЩАЯ ФИЗИКА: МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ

Контрольная работа

Практическое руководство
для студентов специальности «Физическая электроника»

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

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 в вакууме. 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. – 43 с.
ISBN 978-985-577-472-4

В практическом руководстве представлены 11 вариантов контрольной работы по теме «Магнитное поле в вакууме». 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 978-985-577-472-4

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

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Оглавление

Предисловие…….. 4
Вариант 1…… 6
Вариант 2……... 9
Вариант 3…… 13
Вариант 4…… 16
Вариант 5…… 19
Вариант 6…… 23
Вариант 7…… 26
Вариант 8…… 29
Вариант 9……. 33
Вариант 10…… 36
Вариант 11…… 39
Литература……. 43

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Предисловие

Физика – наука о природе, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие ее закономерности, строение и законы движения материи. Физику относят к точным наукам. Ее понятия и законы составляют основу естествознания. Границы, разделяющие физику и другие естественные науки, исторически условны.

Принято считать, что в своей основе физика является наукой экспериментальной, поскольку открытые ею законы основаны на установленных опытным путем данных. Физические законы представляются в виде количественных соотношений, выраженных на языке математики.

В целом физика разделяется на экспериментальную, имеющую дело с проведением экспериментов с целью установления новых фактов и проверки гипотез и известных физических законов, и теоретическую, ориентированную на формулировку физических законов, объяснение на основе этих законов природных явлений и предсказание новых явлений.

Физика является одной из наук, знание которой необходимо для успешного усвоения общенаучных и специальных дисциплин.

Данная тема является частью дисциплины «Электричество и магнетизм» курса «Общая физика».

Изучение дисциплины предусматривает прочное усвоение студентами основных законов и теории, овладение необходимыми приемами умственной деятельности, одним из которых является выполнение контрольной работы.

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.

Проверка контрольных работ преподавателем – одна из основных форм руководства самостоятельной работой студентов, средство

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

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».

Студент должен быть ознакомлен с результатами проверки контрольной работы до ее защиты. Все сделанные рецензентом замечания студент обязан учесть и внести в работу необходимые исправления и дополнения.

Успешное выполнение контрольной работы – непременное 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 в вакууме» состоит из двух частей. Первая часть включает задания программированного контроля усвоения студентами учебного материала. Вторая часть содержит решение примеров по данной теме.

При подготовке контрольной работы студент должен показать знание темы, проявить умение правильно применить теоретические знания при решении задач.

Задания к контрольной работе по теме «Магнитное поле в вакууме» адресованы студентам физических специальностей университета.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Вариант 1

Вопросы программированного контроля

1.1 Два отрицательных точечных заряда q_1 и q_2 движутся параллельно друг другу со скоростями $v\square_1$ и $v\square_2$, причем $|v\square_1|\neq|v\square_2|$. Укажите сумму номера вопросов, на которые ответите «нет» (рисунок 1).

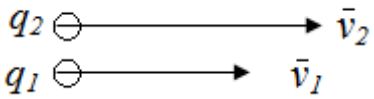


Рисунок 1

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

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

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

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

1.2 Точечный положительный заряд q движется в горизонтальной плоскости со скоростью $v\square$ (рисунок 2). В этой же плоскости расположена точка A.

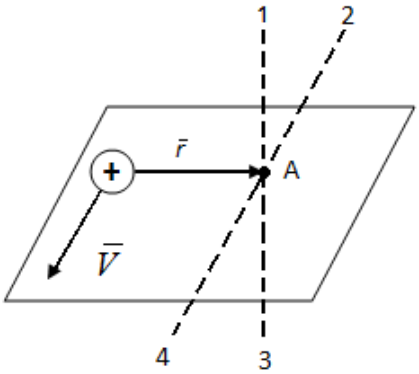


Рисунок 2

Запишите формулу для индукции $B\square$ магнитного поля, созданного этим зарядом в точке A, и определите направление $B\square$. Укажите номер этого направления.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

1.3 Магнитное поле создано двумя бесконечными длинными параллельными прямыми проводниками, по которым текут одинаковые по модулю токи. На рисунке 3 в точке *A* указан вектор индукции результирующего магнитного поля.

Как направлены точки в проводниках?

Укажите номер правильного ответа.

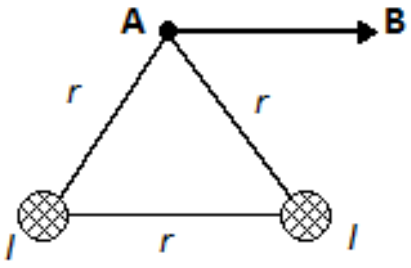


Рисунок 3

1) ⊙⊙; **2)** ⊙⊗; **3)** ⊗⊗; **4)** ⊗⊙.

1.4 Пользуясь выражениями для модуля вектора индукции *B*□, создаваемой прямолинейным и круговыми токами, выведите формулу для индуктивности магнитного поля в точке *O*, если проводник с током изогнут так, как показано на рисунке 4.

Укажите верную формулу.

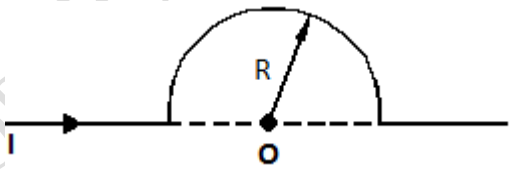


Рисунок 4

1) $B = \frac{\mu_0 |I|}{4R}$; **2)** $B = \frac{\mu_0 |I|}{4R}\left(1 + \frac{2}{\pi}\right)$; **3)** $B = \frac{\mu_0 |I|}{2R}$.

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.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

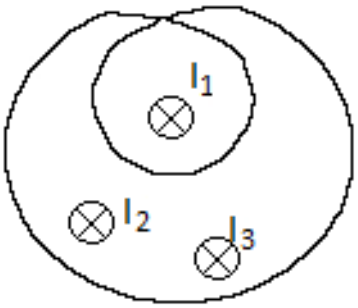


Рисунок 5

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

Задачи

1 По двум длинным параллельным проводам (рисунок 6) текут в противоположных направлениях токи силой $I_1 = I_2 = I_3 = 10{,}0$ *А*. Расстояние между проводами $a = 0{,}30$ *м*. Определите магнитную индукцию в точке *А*, удаленной от первого и второго проводов соответственно на расстояния $a_1 = 0{,}15$ *м*, $a_2 = 0{,}20$ *м*.

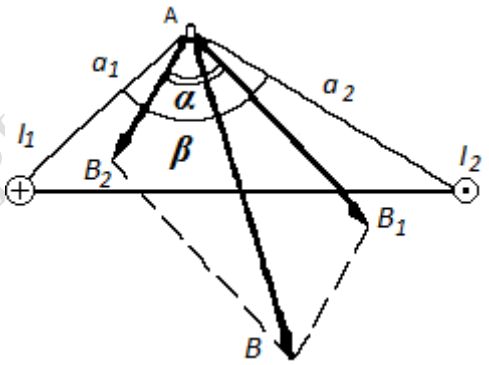


Рисунок 6

2 Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0{,}5$ *Тл*. Определите момент импульса *L*, которым обладала частица при движении в магнитном поле, если ее траектория представляла дугу окружности радиусом $R = 0{,}2$ *см*.

3 Заряженная частица, двигаясь перпендикулярно скрещенным под прямым углом электрическому ($E = 400$ *кВ/м*) и магнитному

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

(B = 0,25 *Тл*) полям, не испытывает отклонения при определенной скорости υ. Определите эту скорость и возможные отклонения Δν от нее, если значения электрического и магнитного полей могут быть обеспечены с точностью, не превышающей 0,2 %.

4 По проводу, согнутому в виде квадрата со стороной длиной l = 10 см, течет ток I = 20 А, сила которого поддерживается неизменной. Плоскость квадрата составляет угол α = 20° с линиями индукции однородного магнитного поля (B = 0,1 *Тл*). Вычислить работу A, которую необходимо совершить для того, чтобы удалить провод за пределы поля.

5 Индуктивность L катушки равна 2 *мГн*. Ток частотой ν = 50 *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 *А*.

6 Рамка площадью S = 100 *см*^{2} содержит n = 10^3 витков провода сопротивлением R_1 = 12 *Ом*. К концам обмотки подключено внешнее сопротивление R_2 = 20 *Ом*. Рамка равномерно вращается в однородном магнитном поле (B =0,1 *Тл*) с частотой n = 8 c^{-1}. Определите максимальную мощность P_{max} переменного тока в цепи.

Вариант 2

Вопросы программированного контроля

2.1 Два положительных точечных заряда q_1 и q_2 движутся параллельно друг другу с одинаковыми нерелятивистскими скоростями (рисунок 7).

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

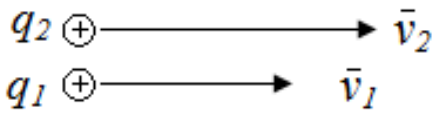


Рисунок 7

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

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

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

4) Верно ли, что магнитные силы взаимодействия между зарядами q_1 и q_2 значительно меньше электрических?

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

2.2 Рассчитайте, чему равна в СИ циркуляция вектора $\vec{B}$ по контуру обхода L в вакууме (рисунок 8), если I_1 = 1 *A*, I_2 = 2 *A*, I_3 = 3 *A*, I_4 = 5 *A*.

Укажите номер правильного ответа.

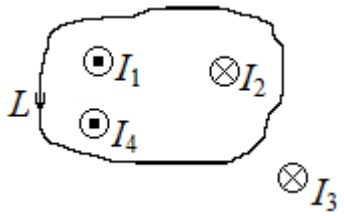


Рисунок 8

1) $-4\pi\cdot10^{-7}$ Тл·м**;** **3)** $-16\pi\cdot10^{-7}$ Тл·м**;**
2) $4\pi\cdot10^{-7}$ Тл·м**;** **4)** $16\pi\cdot10^{-7}$ Тл·м**.**

2.3 Элемент тока $I\vec{dl}$ и точка *A* лежат в одной и той же горизонтальной плоскости (рисунок 9).

Запишите выражение для индукции $d\vec{B}$, создаваемой этим элементом тока в точке *A*, и определите направление $d\vec{B}$.

Укажите номер этого направления.

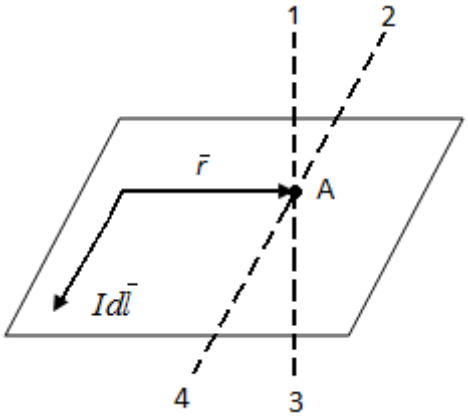


Рисунок 9

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2.4 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 10)?

Укажите номер этого направления. Если вектор $\vec{B}$ не располагается в плоскости чертежа, поставьте в ответе цифру 9.

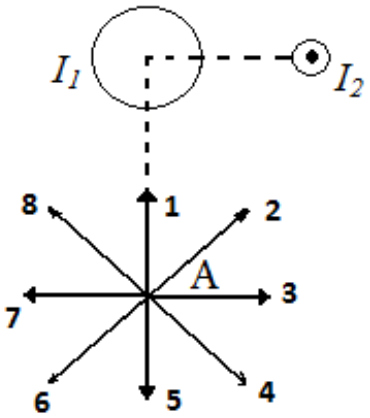


Рисунок 10

2.5 Магнитное поле (рисунок 11) 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 $\vec{B}$, получите выражения для индукции магнитного поля длинного соленоида.

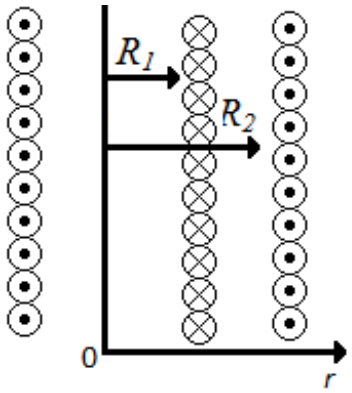


Рисунок 11

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

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Задачи

1 Длинный цилиндр из диэлектрика (рисунок 12), по поверхности которого равномерно распределен положительный заряд с линейной плотностью τ = 10,0 *мкКл/м*, вращается вокруг своей оси, совершая n_0 = 1,00 x 10^2 *об/с*. Определите индукцию магнитного поля в двух точках: в середине оси цилиндра и в центре одного из его оснований.

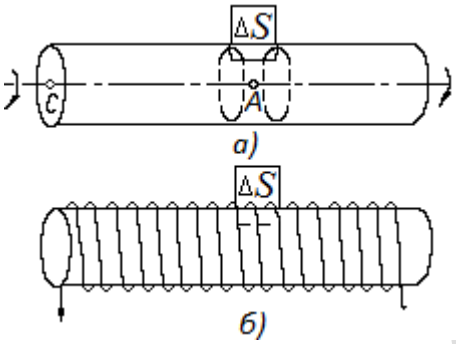


Рисунок 12

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

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 $\frac{\Delta m}{m_0}$ массы протона в сравнении с массой покоя, а также скорость v протона.

4 В однородном магнитном поле с индукцией B = 0,01 *Тл* находится прямой провод длиной l = 8 *см*, расположенный перпендикулярно линиям индукции. По проводу течет ток I = 2 *А*. Под действием сил поля провод переместился на расстояние l = 5 см. Найдите работу A сил поля.

5 Проволочное кольцо радиусом r = 10 см лежит на столе. Какое количество электричества Q протечет по кольцу, если его повернуть с одной стороны на другую? Сопротивление R кольца равно 1 *Ом*. Вертикальная составляющая индукции B магнитного поля Земли равна 50 *мкТл*.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

6 Катушка (рисунок 13) сопротивление 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 *К*.

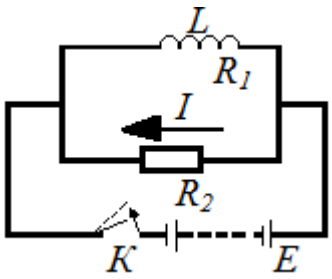


Рисунок 13

Вариант 3

Вопросы программированного контроля

3.1 Два точечных противоположных по знаку заряда q_1 и q_2 движутся с нерелятивистскими скоростями v_1 и v_2, причем $|v_1| \neq |v_2|$ (рисунок 14).

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

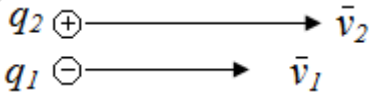


Рисунок 14

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

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?

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

3.2 На рисунке 15 изображены линии индукции магнитного поля, созданного двумя прямыми параллельными бесконечно длинными проводниками с токами.

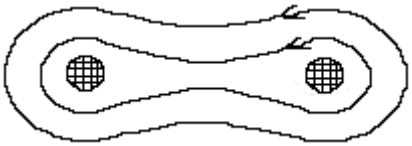


Рисунок 15

Как направлены токи в проводниках?

1) ⊙⊗**;** **2)** ⊙⊙**;** **3)** ⊗⊙**;** **4)** ⊗⊗**.**

3.3 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 16). Круговой контур и точка O лежат в плоскости чертежа; направление токов указано на рисунке, причем $I_1 = 2\pi I_2$.

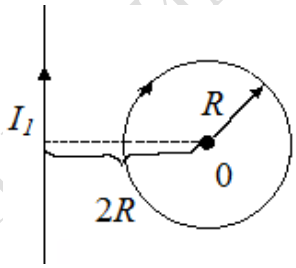


Рисунок 16

3.4 В каком случае циркуляция вектора индукции магнитного поля по контуру L минимальна? Подтвердите ваш выбор расчетом (рисунок 17).

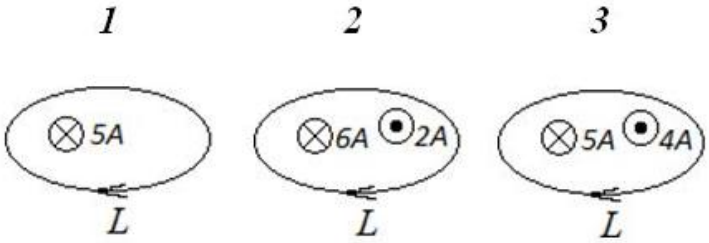


Рисунок 17

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

3.5 На рисунке 18 в точке *C* изображен вектор индукции $d\vec{B}$ магнитного поля, созданного элементом тока $Id\vec{l}$, находящегося в точке *A*.

Запишите формулу для $d\vec{B}$.

Как должен быть направлен элемент тока $Id\vec{l}$?

Какой цифрой на рисунке 17 обозначено это направление?

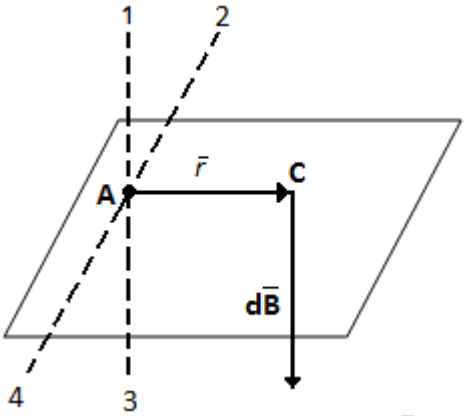


Рисунок 18

Задачи

1 По контуру (рисунок 19) идет ток силой I = 10,0 *А*. Определите магнитную индукцию в точке *O*, если радиус дуги R = 10,0 *см*, угол $\alpha = 60°$.

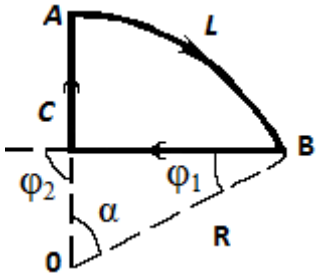


Рисунок 19

2 Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов U = 400 В, попал в однородное магнитное поле с индукцией B = 1,5 *мТл*. Определите: 1) радиус R кривизны траектории; 2) частоту n вращения электрона в магнитном поле. Вектор скорости электрона перпендикулярен линиям индукции.

3 Заряженная частица, двигаясь в магнитном поле по дуге окружности радиусом R_1 = 2 *см*, прошла через свинцовую пластину,

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

расположенную на пути частицы. Вследствие потери энергии частицей радиус кривизны траектории изменился и стал равным $R_2 = 1$ *см*. Определите относительное изменение энергии частицы.

4 Рамка из провода сопротивлением $R = 0{,}01$ *Ом* равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0{,}05$ *Тл*. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь S рамки равна 100 *см*^{2}. Найдите, какое количество электричества Q протечет через рамку за время поворота ее на угол $\alpha = 30°$ в следующих трех случаях: 1) от $\alpha_0 = 0$ до $\alpha_1 = 30°$; 2) от α_1 до $\alpha_2 = 60°$; 3) от $\alpha_3 = 90°$.

5 Две катушки расположены на небольшом расстоянии одна от другой. Когда сила тока в первой катушке изменяется с быстротой $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 5$ *А/с*, во второй катушке возникает э.д.с. индукции $\varepsilon_i = 0{,}1$ *В*.

Определите коэффициент M взаимной индукции катушек.

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

Вариант 4

Вопросы программированного контроля

4.1 Два положительных точечных заряда q_1 и q_2 движутся параллельно друг другу с одинаковыми нерелятивистскими скоростями (рисунок 20).

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

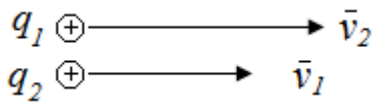


Рисунок 20

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?

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

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

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

4.2 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 21)?

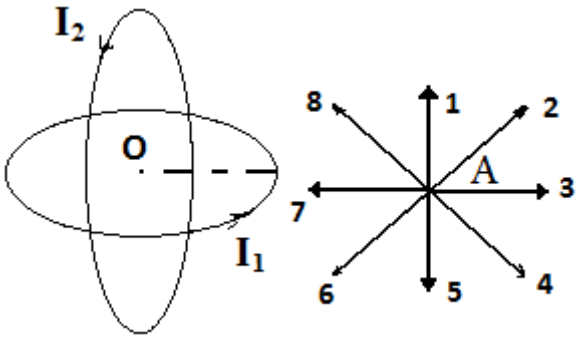


Рисунок 21

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

4.3 Магнитное поле в точке *O* (рисунок 22) создается двумя прямыми параллельными бесконечно длинными проводниками и круговым контуром радиуса *R*, по которому текут одинаковые токи *I*. Пользуясь выражениями для индукции *B*, создаваемой прямолинейным и круговым токами, получите формулу для *B* в точке *O*.

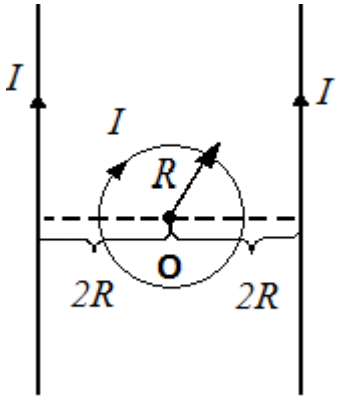


Рисунок 22

4.4 В каком случае циркуляция вектора индукции магнитного поля по контуру *Г* равна нулю? Укажите его номер. Подтвердите ваш выбор расчетом (рисунок 23).

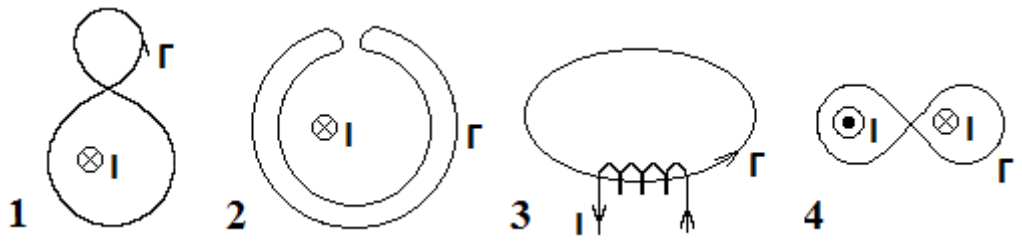


Рисунок 23

4.5 Магнитное поле создано токами I_1 и I_2, текущими по бесконечному длинному прямому проводнику и тороиду с центром в точке *O* (рисунок 24).

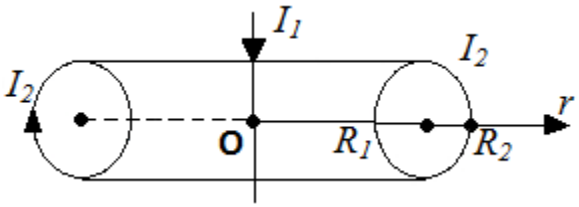


Рисунок 24

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*.

Задачи

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

2 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.

3 К источнику тока с внутренним сопротивлением R_1 = 2 *Ом* подключают катушку индуктивностью L = 0,5 *Гн* и сопротивлением R = 8 *Ом*. Найдите время t, в течение которого ток в катушке, нарастая, достигнет значения, отличающегося от максимального на 1 %.

4 Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле со скоростью $\nu = 0{,}8 \cdot c$ (c – скорость света в вакууме). Магнитная индукция B поля равна 0,01 *Тл*. Определите радиус окружности в двух случаях: 1) не учитывая увеличение массы со скоростью; 2) учитывая это увеличение.

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

6 Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов U = 400 *В*, попал в однородное магнитное поле с индукцией B = 1,5 *мТл*. Определите: 1) радиус R кривизны траектории; 2) частоту n вращения электрона в магнитном поле. Вектор скорости электрона перпендикулярен линиям индукции.

Вариант 5

Вопросы программированного контроля

5.1 Два точечных противоположных по знаку заряда q_1 и q_2 движутся с нерелятивистскими скоростями $v\square_1$ и $v\square_2$, причем $|v\square_1| \neq |v\square_2|$, $|v\square_1| \parallel |v\square_2|$ (рисунок 25).

Укажите сумму номеров правильных утверждений.

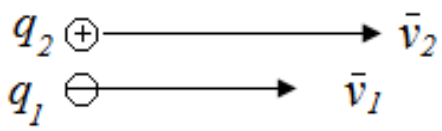


Рисунок 25

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

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.

5.2 На рисунке 26 в точке A указан вектор индукции $\vec{B}$ магнитного поля, созданного точечным положительным зарядом q, движущимся со скоростью $\vec{V}$. Направления 2, 3, 5, 6 радиус–вектора $\vec{r}$ лежат в горизонтальной плоскости, а направления 1, 4 вектора $\vec{B}$ перпендикулярны к ней.

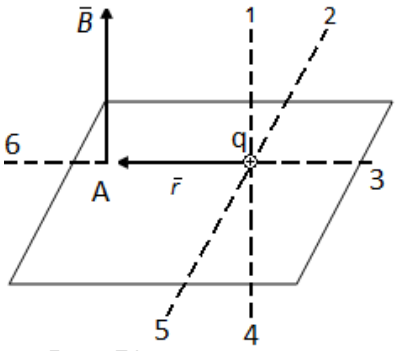


Рисунок 26

Запишите формулу для индукции $\vec{B}$, создаваемой зарядом q, и, пользуясь ею и рисунком 26, определите направление скорости $\vec{V}$ заряда.

Какой цифрой на рисунке обозначено это направление?

5.3 Чему равна в СИ циркуляция вектора $\vec{B}$ по контуру обхода L в вакууме (рисунок 27), если $I_1 = 1A$, $I_2 = 2A$, $I_3 = 3A$?

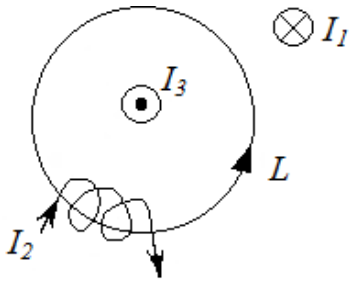


Рисунок 27

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМ. Ф. СКОРИНЫ

5.4 Внутри бесконечно длинной проводящей цилиндрической поверхности радиуса R_2 располагается бесконечно длинный соленоид радиуса R_1 (рисунок 28). По ним текут токи I_1 и I_2.

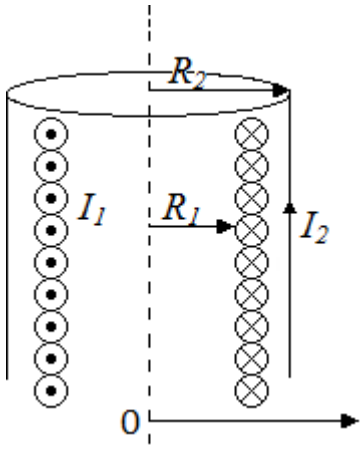


Рисунок 28

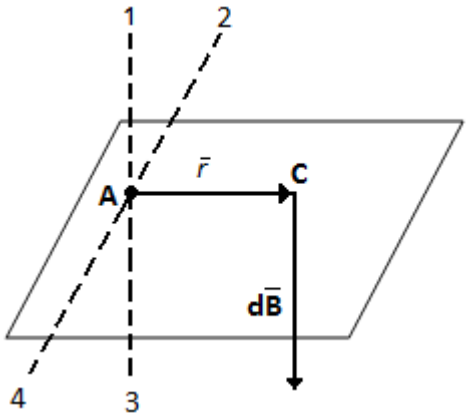
Пользуясь теоремой о циркуляции вектора B□, получите выражения для индукции магнитного поля длинного соленоида и проводящей цилиндрической поверхности.

На основе принципа суперпозиции постройте график зависимости модуля индукции результирующего магнитного поля от расстояния r до оси соленоида и цилиндрической поверхности.

5.5 На рисунке 29 в точке C изображен вектор индукции dB□ магнитного поля, созданного элементом тока Id□l, находящегося в точке A.

Запишите формулу для dB□. Как должен быть направлен элемент тока Id□l?

Какой цифрой на рисунке 29 обозначено это направление?



РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Рисунок 29

Задачи

1 В центре длинного соленоида (рисунок 30), имеющего n = 5 000 витков на метр, помещена рамка, состоящая из n = 50 витков провода площадью S = 4,0 *см*^{2} каждый. Рамка может вращаться вокруг оси *OO*', перпендикулярной оси соленоида, и удерживается в равновесии спиральной пружиной так, что при этом ее плоскость параллельна оси соленоида. При пропускании тока по рамке и соленоиду, соединенным последовательно, рамка повернулась на угол φ = 60°. Определите силу тока, если жесткость пружины k = 6,00 x 10^{-5} *Н·м/рад*. Жесткость спиральной пружины измеряется вращающим моментом, необходимым для закручивания пружины на угол a = 1 *рад*.

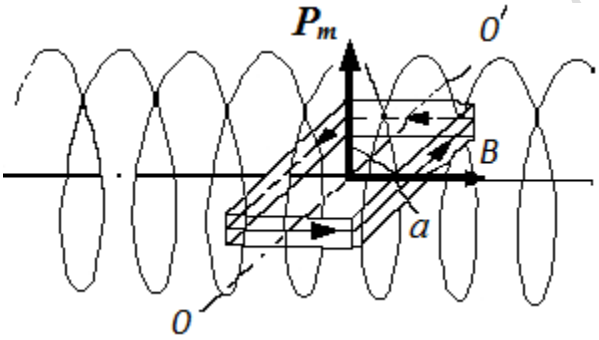


Рисунок 30

2 Заряженная частица влетела перпендикулярно линиям индукции в однородное магнитное поле, созданное в среде. В результате взаимодействия с веществом частица, находясь в поле, потеряла половину своей первоначальной энергии. Во сколько раз будут отличаться радиусы кривизны R траектории начала и конца пути?

3 Электрон движется в однородном магнитном поле напряженностью H = 4 *кА/м* со скоростью ν = 10 *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.

4 Протон влетает со скоростью ν = 100 *км/с* в область пространства, где имеются электрическое (E = 210 *В/м*) и магнитное (B = 3,3 *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 $\bar{E}$ и B□; 2) перпендикулярно этому направлению.

5 В однородном магнитном поле с индукцией B = 0,35 *Тл* равномерно с частотой n = 480 мин$^{-1}$ вращается рамка, содержащая N = 500 витков площадью S = 50 *см*^{2}. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определите максимальную э.д.с. индукции ε_{max}, возникающую в рамке.

6 Соленоид содержит n = 1000 витков. Площадь S сечения сердечника равна 10 *см*^{2}. По обмотке течет ток, создающий поле с индукцией B = 1,5 *Тл*. Найдите среднюю э.д.с. индукции $\langle\varepsilon_1\rangle$, возникающей в соленоиде, если ток уменьшится до нуля за время t = 500 *мкс*.

Вариант 6

Вопросы программированного контроля

6.1 Два положительных точечных заряда q_1 и q_2 движутся в горизонтальном направлении в противоположные стороны с одинаковыми по модулю нерелятивистскими скоростями (рисунок 31).

Укажите сумму номеров правильных утверждений.

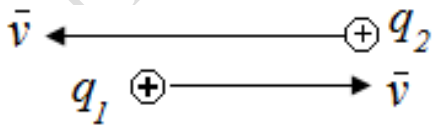


Рисунок 31

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.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

6.2 В каком случае циркуляция вектора индукции магнитного поля по контуру L наибольшая? Все токи одинаковы. Укажите его номер. Подтвердите ваш выбор расчетом (рисунок 32).

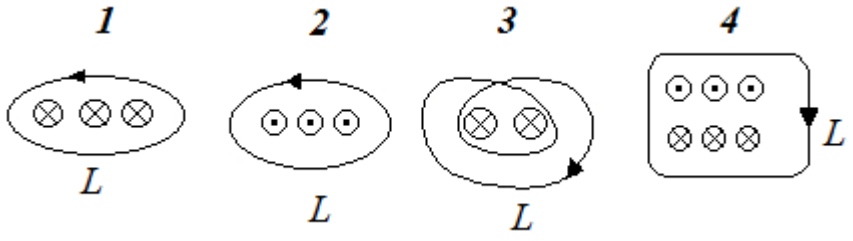


Рисунок 32

6.3 Точечный положительный заряд q движется в горизонтальной плоскости со скоростью V. В этой же плоскости лежат точки 1, 2, 3 (рисунок 33).

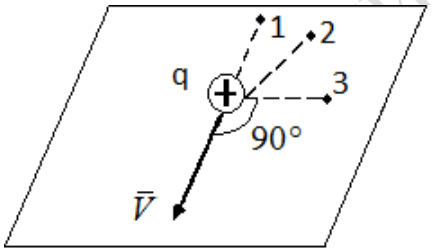


Рисунок 33

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

6.4 В каком направлении в точке А может быть направлен вектор индукции магнитного поля, созданного токами I_1 и I_2, текущими по круговому контуру и бесконечно длинному проводнику?

Плоскость контура и прямой проводник перпендикулярны к плоскости чертежа (рисунок 34).

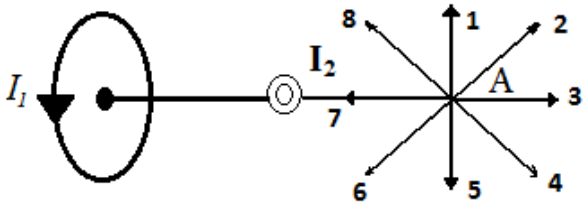


Рисунок 34

Укажите номер этого направления. Если вектор $\vec{B}$ не располагается в плоскости чертежа, укажите цифру 9.

6.5 На рисунке 35 изображены линии индукции магнитного поля, созданного двумя прямыми параллельными бесконечно длинными проводниками с токами.

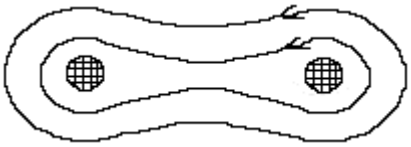


Рисунок 35

Как направлены токи в проводниках?

1) ⊙⊗**;** **2)** ⊙⊙**;** **3)** ⊗⊙**;** **4)** ⊗⊗**.**

Задачи

1 Коаксиальный кабель представляет собой длинную металлическую тонкостенную трубку (рисунок 36) радиуса R = 10 *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 *мм* и r_2 = 15 *мм* от оси кабеля, если сила тока I = 0,50 *А*.

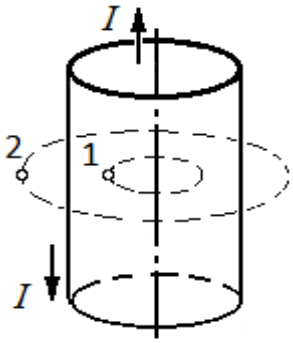


Рисунок 36

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2 К источнику тока с э.д.с. ε = 0,5 *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 *Тл*. По стержням под действием сил поля скользит со скоростью ν = 1 м/с прямолинейный провод сопротивлением *R* = 0,02 *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.

3 Определите силу Лоренца *F*, действующую на электрон, влетевший со скоростью ν = 4 *Мм/с* в однородное магнитное поле под углом α = 30° к линиям индукции. Магнитная индукция *B* поля равна 0,2 *Тл*.

4 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.

5 По катушке индуктивностью *L* = 0,03 *мГн* течет ток *I* = 0,6 *А*. При размыкании цепи сила тока изменяется практически до нуля за время Δt = 120 *мкс*. Определите среднюю э.д.с. самоиндукции $\langle\varepsilon_i\rangle$, возникающую в контуре.

6 Источник тока замкнули на катушку с сопротивлением *R* = 10 *Ом* и индуктивностью *L* = 1 *Гн*. Через сколько времени сила тока замыкания достигнет 0,9 предельного значения?

Вариант 7

Вопросы программированного контроля

7.1 На рисунке 37 изображены два точечных положительных заряда q_1 и q_2, движущихся с взаимно перпендикулярными нерелятивистскими скоростями v_1 и v_2.

Укажите сумму номеров правильных утверждений.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

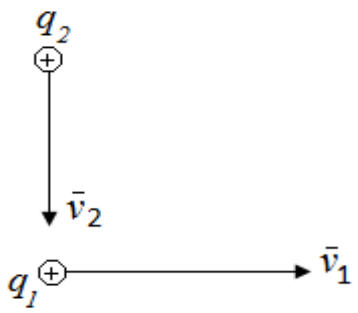


Рисунок 37

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

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

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

8) 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.

7.2 Ниже цифрами обозначены различные физические величины:

1) μ_0**;** **2)** $Id\bar{l}$**;** **4)** q; **8)** V; **16)** $\bar{r}$**.**

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

7.3 По бесконечно длинному прямому полому цилиндру с внутренним R_1 и внешним R_2 радиусами течет постоянный ток (рисунок 38). Плотность тока $\bar{j}$ во всех точках сечения цилиндра одинакова.

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

Магнитную проницаемость всюду считать равной единице.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

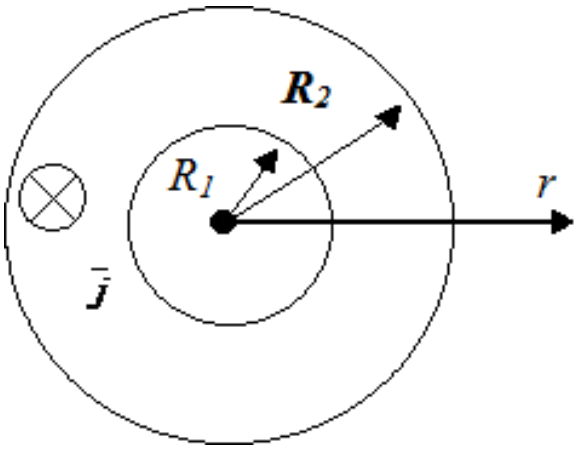


Рисунок 38

7.4 Чему равна в СИ циркуляция вектора B по контуру обхода L в вакууме (рисунок 39), если $I_1 = 1\ A$, $I_2 = 2\ A$, $I_3 = 3\ A$?

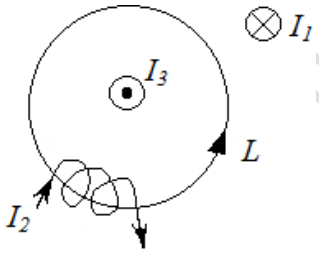


Рисунок 39

7.5 Пользуясь выражением для индукции B, создаваемой круговым током, выведите формулу для индукции магнитного поля в точке *0*, являющейся центром двух взаимно перпендикулярных круговых контуров, по которым текут одинаковые токи (рисунок 40).

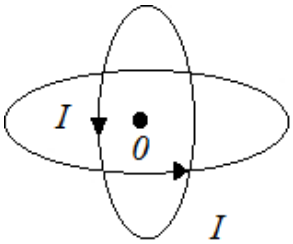


Рисунок 40

Задачи

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

1 Цепь состоит из катушки индуктивностью L = 1 *Гн* и сопротивлением R = 10 *Ом*. Источник тока можно отключать, не разрывая цепи. Определите время t, по истечении которого сила тока уменьшится до 0,001 первоначального значения.

2 Между полюсами электромагнита помещена катушка, соединенная с баллистическим гальванометром. Ось катушки параллельна линиям индукции. Катушка сопротивлением R_1 = 4 *Ом* имеет n = 15 витков площадью S = 2 *см*^{2}. Сопротивление R_2 гальванометра равно 46 *Ом*. Когда ток в обмотке электромагнита выключили, по цепи гальванометра протекло количество экземпляра Q = 90 *МкКл*. Вычислите магнитную индукцию B поля электромагнита.

3 Виток, по которому течет ток I = 20 *А*, свободно установится в однородном магнитном поле B = 16 *мТл*. Диаметр d витка равен 10 *см*. Какую работу нужно совершать, чтобы медленно повернуть виток на угол $\alpha = \frac{\pi}{2}$ относительно оси, совпадающей с диаметром?

4 Вычислите скорость v и кинетическую энергию T α-частиц, выходящих из циклотрона, если, подходя к выходному окну, ионы движутся по окружности радиусом R = 50 *см*. Индукция B магнитного поля циклотрона равна 1,7 *Тл*.

5 Заряженная частица, двигаясь в магнитном ноле по дуге окружности радиусом R_1 = 2 см прошла через свинцовую пластину, расположенную на пути частицы. Вследствие потери энергии частицей радиус кривизны траектории изменился и стал равным R_2 = 1 см. Определите относительное изменение энергии частицы.

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

Вариант 8

Вопросы программированного контроля

8.1 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 41).

Укажите номер правильного утверждения.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

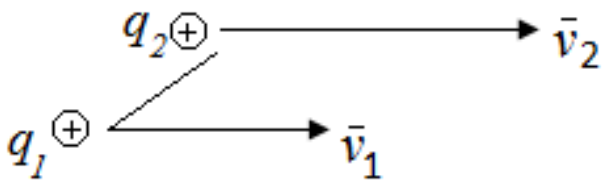


Рисунок 41

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

2) Можно выпреть такую систему отсчета, в которой силы взаимодействии между зарядами были бы только электрическими.

4) Направление магнитной силы, действующей на заряд q_2, 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.

8.2 Магнитное поле создано точечным зарядом q, движущимся со скоростью V.

Запишите формулу для индукции B□ магнитного поля, созданного этим зарядом в точке пространства, определяемым радиусом-вектором r□.

На ее основе определите значения, которые могут принимать углы между вектором скорости V□ и вектором индукции B□, а также между вектором B□ и радиус-вектором r□; α_1 = | V□, B□|, α_2 = | r□, B□|.

Укажите номер правильного ответа на оба вопроса.

1) $\alpha_1 = 90^o$, α_2 – любой угол; **3)** α_1 – любой угол, $\alpha_2 = 90^o$;

2) $\alpha_1 = 90^o$, $\alpha_2 = 90^o$; **4)** α_1 – любой угол, α_2 – любой угол.

8.3 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 42)?

Укажите номер этого направления.

Все направления 1–8 располагаются в плоскости чертежа.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

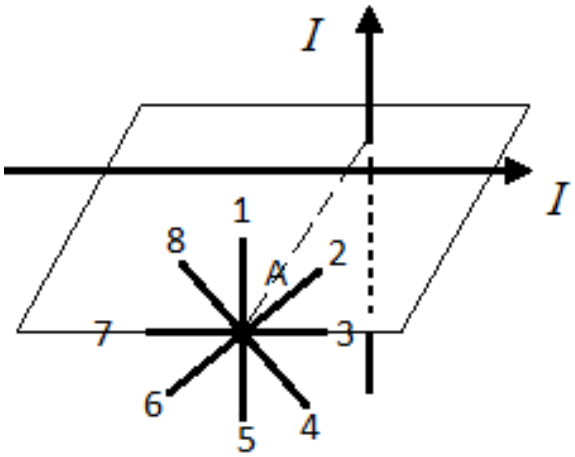


Рисунок 42

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

8.4 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 43). Все токи одинаковые.

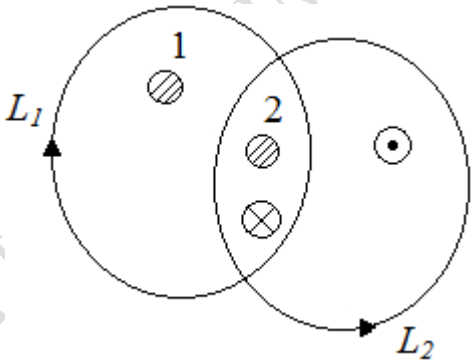


Рисунок 43

8.5 Внутри бесконечно длинной проводящей цилиндрической поверхности радиуса R_2 располагается бесконечно длинный соленоид радиуса R_1 (рисунок 44). По ним текут токи I_1 и I_2.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

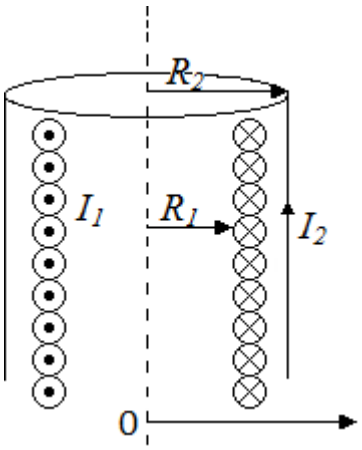


Рисунок 44

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

На основе принципа суперпозиции постройте график зависимости модуля индукции результирующего магнитного поля от расстояния r до оси соленоида и цилиндрической поверхности.

Задачи

1 Рядом с длинным прямым проводом MN, по которому идет ток силой I, расположена квадратная рамка со стороной l, обтекаемая током силой I' (рисунок 45). Рамка лежит в одной плоскости с проводом MN так, что ее сторона, ближайшая к проводу, находится от него на расстоянии α_0. Определите магнитную силу, действующую на рамку, а также работу этой силы при удалении рамки из магнитного поля. Считайте, что при движении рамки токи I, I' поддерживаются постоянными.

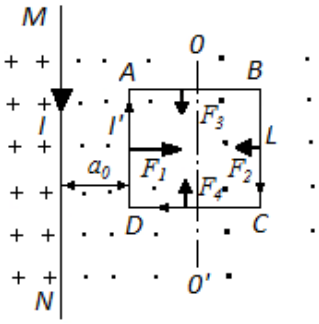


Рисунок 45

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2 Заряженная частица, обладающая скоростью $v = 2\cdot10^6$ *м/с* влетела в однородное магнитное поле с индукцией B = 0,52 *Тл*. Найдите отношение заряда частицы Q к ее массе m , если частица в поле описала дугу окружности радиусом R = 4 *см*. По этому отношению определить, какая это частица.

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

4 Электрон влетает в однородное магнитное поле напряженностью H = 16 *кА/м* со скоростью ν = 8 *Мм/с*. Вектор скорости составляет угол α = 60º с направлением линий индукции. Определите радиус R и шаг h винтовой линии, по которой будет двигаться электрон в магнитном поле. Определите также шаг винтовой линии для электрона, летящего под малым углом к линиям индукции.

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

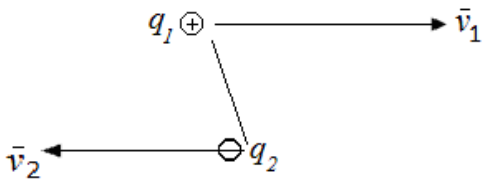
6 Сколько витков проволоки диаметром d = 0,4 *мм* с изоляцией ничтожной толщины нужно намотать на картонный цилиндр диаметром D = 2 *см*, чтобы получить однослойную катушку с индуктивностью L = 1 *мГн*? Витки вплотную прилегают друг к другу.

Вариант 9

Вопросы программированного контроля

9.1 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 46).

Укажите сумму номеров правильных утверждений.



РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Рисунок 46

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.

9.2 Элемент тока $I\vec{dl}$ и точки 1–5 лежат в одной и той же горизонтальной плоскости, причем все точки отстоят от элемента тока на одинаковых расстояниях (рисунок 47).

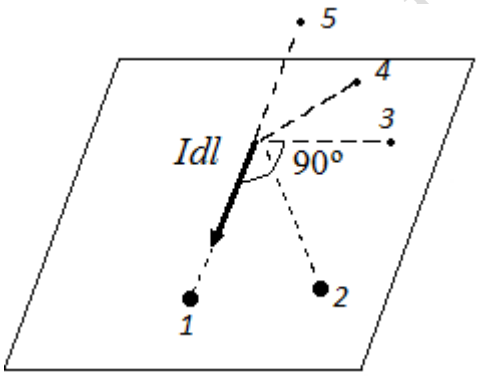


Рисунок 47

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

9.3 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 48).

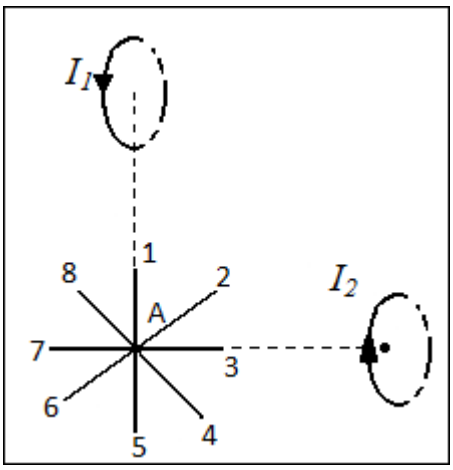


Рисунок 48

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

9.4 Определите направление токов в проводниках 1 и 2, для которых циркуляция вектора B по контуру L будет минимальной (рисунок 49).

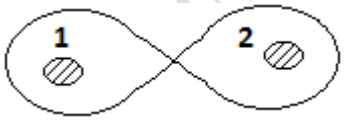


Рисунок 49

Выберите номер правильного ответа.
Ваш выбор подтвердите расчетом.

1) $\odot^1 \odot^2$; **2)** $\otimes^1 \odot^2$; **3)** $\otimes^1 \odot^2$; **4)** $\odot^1 \otimes^2$.

9.5 По двум бесконечно длинным коаксиальным (с общей осью) цилиндрическим поверхностям радиусами R_1 и R_2 текут токи силой I_1 и I_2, причем $I_2 = 2I_1$ (рисунок 50).

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

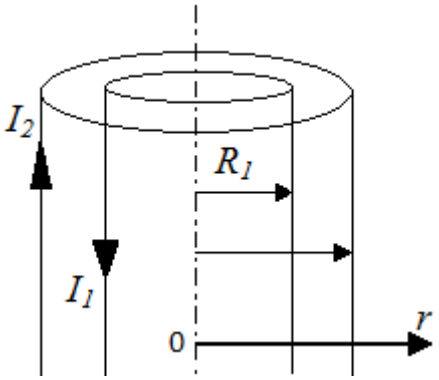


Рисунок 50

Используя теорему о циркуляции вектора B□, выведите формулу зависимости модуля B от расстояния r от оси цилиндра и постройте график этой зависимости.

Задачи

1 Электрон, имея скорость $\nu = 2$ *Мм/с*, влетел в однородное магнитное поле с индукцией $B = 30$ *мТл* под углом $\alpha = 30°$ к направлению линий индукции. Определите радиус R и шаг h винтовой линии, по которой будет двигаться электрон.

2 Заряженная частица, обладающая скоростью $\nu = 2\cdot10^{-6}$ *м/с*, влетела в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0{,}52$ *Тл*. Найдите отношение заряда частицы Q к ее массе m, если частица в поле описала дугу окружности радиусом $R = 4$ *см*. По этому отношению определите, какая это частица.

3 Протон, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 800$ *В*, влетает в однородные, скрещенные под прямым углом магнитное ($B = 50$ *мТл*) и электрическое поля. Определите напряженность E электрического поля, если протон движется в скрещенных полях прямолинейно.

4 Проволочный виток радиусом $r = 4$ *см*, имеющий сопротивление $R = 0{,}01$ Ом, находится в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0{,}04$ *Тл*. Плоскость рамки составляет угол $\alpha = 30°$ с линиями индукции поля. Какое количество электричества Q протечет по витку, если магнитное поле исчезнет?

5 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 тече-

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

ние t = 1 *мс* устанавливается сила тока I = 3 *А*. Найдите среднюю э.д.с. индукции $<\varepsilon_i>$, возникающей на вторичной обмотке.

6 На картонный каркас длиной l = 50 *см* и площадью S сечения, равной 4 $см^2$, намотан в один слой провод диаметром d = 0,2 *мм* так, что витки плотно прилегают друг к другу (толщиной изоляции пренебречь). Вычислите индуктивность L получившегося соленоида.

Вариант 10

Вопросы программированного контроля

10.1 На рисунке 51 изображены два точечных отрицательных заряда q_1 и q_2, движущихся с нерелятивистскими скоростями v_1 и v_2 в тот момент времени, когда скорость v_2 направлена вдоль прямой соединяющей заряды. Укажите сумму номеров правильных утверждений.

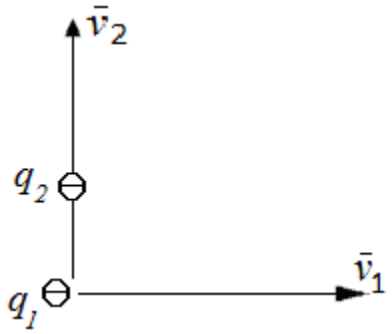


Рисунок 51

1) Магнитная сила, действующая на заряд q_1 со стороны заряда q_2, в данный момент времени равна нулю.

2) Магнитная сила, действующая на заряд q_2 со стороны заряда q_1 в данный момент времени направлена вниз.

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

8) Магнитная сила, действующая на заряд *д*, со стороны заряда q_1, по модулю значительно меньше электрической силы.

10.2 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 52).

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

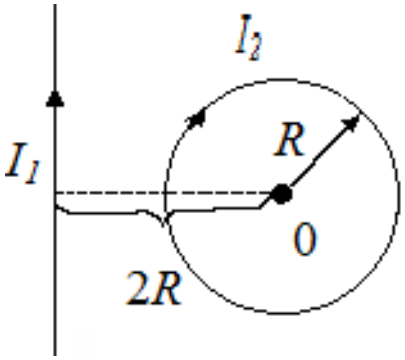


Рисунок 52

Круговой контур и точка *0* лежат в плоскости чертежа.
Управление токов указано на рисунке, причем $I_2 = 2\pi I_2$.

10.3 Магнитное поле создано одинаковыми по силе токами, текущими по двум взаимно перпендикулярным круговым контурам одинакового радиуса с общим центром в точке *0* (рисунок 53). Плоскости контуров перпендикулярны к плоскости чертежа. В точке *0* указан вектор $\vec{B}$, лежащий в плоскости чертежа.

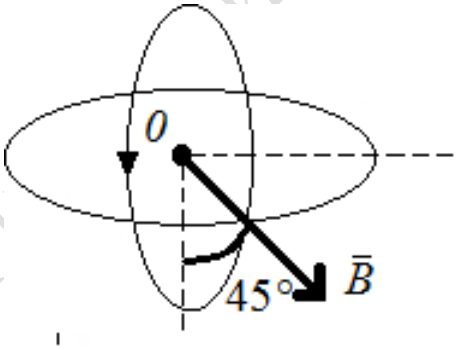


Рисунок 53

Как направлены токи в контурах? Обоснуйте ответ.

10.4 Для какого контура циркуляция вектора $\vec{B}$ будет наибольшей (рисунок 54)? Все токи одинаковые.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

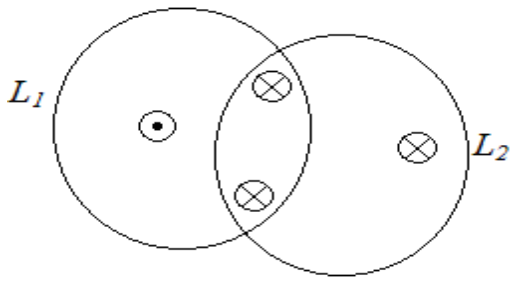


Рисунок 54

В каком направлении его нужно обходить?
Укажите номер правильного ответа.
Поясните свой выбор.
1) L_1, по часовой стрелке;
2) L_1, против часовой стрелки;
3) L_2, по часовой стрелке;
4) L_2, против часовой стрелки.

10.5 Магнитное поле создано токами I_1 и I_2, текущими по бесконечно длинному соленоиду и тороиду с центром в точке *0* (рисунок 55).

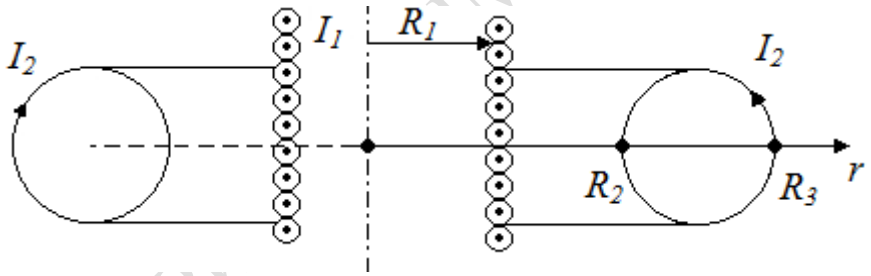


Рисунок 55

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

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

Задачи

1 Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией B = 0,03 *Тл* по окружности радиусом r = 10 *см*. Определите скорость v электрона.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

2 Протон с кинетической энергией T = 1 *МэВ* влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции (B = 1 *Тл*). Какова должна быть минимальная протяженность l поля в направлении, по которому летел протон, когда он находился вне поля, чтобы оно изменило направление движения протона на противоположное?

3 Протон влетает со скоростью ν = 100 *км/с* в область пространства, где имеются электрическое (E = 210 *В/м*) и магнитное (B = 3,3 *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 ν: Г) совпадает с общим направлением векторов E и B; 2) перпендикулярно этому направлению.

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

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

6 Длинный прямой соленоид, намотанный на немагнитный каркас, имеет n = 1000 витков и индуктивность L = 3 *мГн*. Какой магнитный поток Φ и какое потокосцеплении ψ создает соленоид при силе тока I = 1 *А*?

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

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 $|v_1| = |v_2|$ (рисунок 56).

Укажите сумму номеров правильных утверждений.

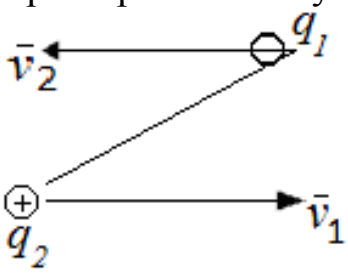


Рисунок 56

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_2, 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 57 в точке *A* указан вектор индукции результирующего магнитного поля.

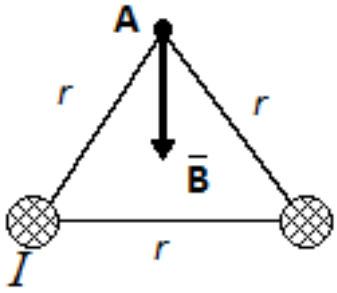


Рисунок 57

Как направлены токи в проводниках?

Обоснуйте ответ.

11.3 По бесконечному длинному прямому проводнику радиуса *R* (рисунок 58) течет постоянный ток. Плотность тока $\bar{j}$ во всех точках сечения проводника одинакова. Используя теорему о циркуляции вектора магнитной индукции *B*□, выведите формулы, выражающие зависимость *B* от *r*, где *r* – расстояние от оси провода.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

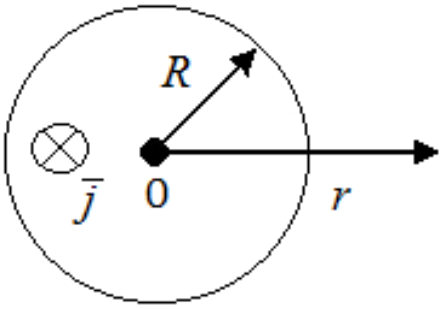


Рисунок 58

Магнитную проницаемость всюду считать равной единице. Построй- те график, изображающий эту зависимость.

11.4 Ниже цифрами обозначены различные физические величины:

1) μ_0**;** **2)** $Id\bar{l}$**;** **4)** q; **8)** V□; **16** $\bar{r}$**.**

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

11.5 На рисунке 59 изображен контур обхода L в вакууме и указаны направления токов I_1, I_2, I_3, I_4.

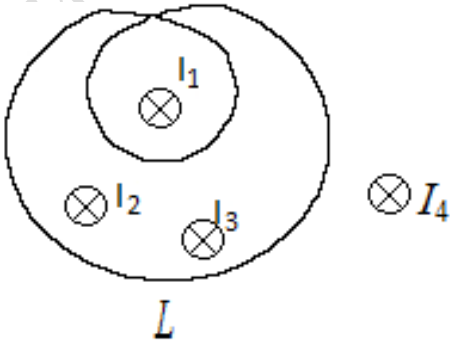


Рисунок 59

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

Укажите номер правильного ответа.

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

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ

Задачи

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

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

3 При скорости изменения силы тока $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ в соленоиде, равной 50 *А/с*, на его концах возникает э.д.с. самоиндукции ε_i = 0,08 В. Определите индуктивность L соленоида.

4 По кольцу, сделанному из тонкого гибкого провода радиусом R = 10 *см*, течет ток I = 100 *А*. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено магнитное поле с индукцией B = 0,1 *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.

5 В проволочное кольцо, присоединенное к баллистическому гальванометру, вставили прямой магнит. По цепи протекло количество электричества Q = 10 *мкКл*. Определите магнитный поток Φ, пересеченный кольцом, если сопротивление R цепи гальванометра равно 30 *Ом*.

6 В цепи шел ток I_0 = 50 *А*. Источник тока можно отключить от цепи, не разрывая ее. Определите силу тока I в этой цепи через t = 0,01*с* после отключения ее от источника тока. Сопротивление R цепи равно 20 *Ом*, ее индуктивность L = 0,1 *Гн*.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Литература

1. Гурский, И. П. Элементарная физика с примерами решения задач: учеб. руководство / И. П. Гурский ; под ред. И. В. Савельева. – 3-е изд., перераб. – М. : Наука. 1984. – 448 с.

2. 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.

3. Зильберман, Г. Е. Электричество и магнетизм / Г. Е. Зильберман. – М. : Наука, 1970. – 389 с.

4. Иродов, И. Е. Основные законы электромагнетизма / И. Е. Иродов. – М. : Высшая школа, 1991 – 289 с.

5. Калашников, С. Г. Электричество / С. Г. Калашников. – 6-е изд. – М. : Физматлит, 2003. – 624 с.

6. Кашин, Н. В. Курс физики: в 2 т. Т.2. Электричество и магнетизм / Н. В. Кашин. – 4-е изд. – М. : Высшая школа, 1968. – 644 с.

7. Коган, Ю. Б. Сто задач по электричеству / Ю. Б. Коган. – М. : Наука, 1976. – 63 с.

8. Ландсберг, Г. С. Элементарный учебник физики: в 2 т. Т. 2. Электричество и магнетизм / Г. С. Ландсберг. – М. : Наука, 1985. – 479 с.

9. Ландсберг, Г. С. Электричество и магнетизм / Г. С. Ландсберг. – М. : Физматлит, 2004. – 478 с.

10. Матвеев, А. И. Курс физики : учеб. пособие : в 5 т. Т. 3. Электричество и магнетизм / А. И. Матвеев. – М. : Высшая школа, 1989. – 463 с.

11. Савельев, И. В. Курс общей физики. Электричество, волны, оптика / И. В. Савельев. – 2-е изд. – М. : Наука, 1982. – 496 с.

12. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : в 4 т. Т. 3. Электричество / Д. В. Сивухин. – 2-е изд. – М. : Наука, 1983. – 688 с.

13. 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.

14. Тамм, И. Е. Основы теории электричества / И. Е. Тамм. – 10-е изд. – М. : Наука, 1989. – 504 с.

15. Тамм, И. Е. Основы теории электричества / И. Е. Тамм. – 11-е изд. – М. : Наука, 2003. – 504 с.

16. Трубецкова, С. В. Физика. Вопросы – ответы. Задачи – решения: в 6 ч. Ч. 5,6. Электричество и магнетизм / С. В. Трубецкова. – М. : Физматлит, 2003. – 624 с.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ

Производственно-практическое издание

Желонкина Тамара Петровна,
Лукашевич Светлана Анатольевна,
Федосенко Елена Аркадьевна

ОБЩАЯ ФИЗИКА: МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ

Контрольная работа

Практическое руководство

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

Подписано в печать 07.12.2018. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,56.
Уч.-изд. л. 2,8. Тираж 25 экз. Заказ 810.

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.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф.СКОРИНЫ