КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

1. Общие методические указания

При самостоятельном изучении теоретического материала II части дисциплины «Физика», студенты должны выполнить две контрольные работы: №3 и №4.

Номер варианта контрольного задания определяется последней цифрой номера зачетной книжки студента.

При выполнении контрольных работ следует придерживаться следующих правил:

1. На титульном листе необходимо указать номер контрольной работы, наименование дисциплины, фамилию и инициалы студента, шифр и домашний адрес.
2. Условия задач в индивидуальной работе необходимо переписывать полностью без сокращений. Для замечаний преподавателя на страницах тетради должны быть оставлены поля.
3. Решение задач необходимо сопровождать краткими пояснениями (с указанием определений использованных величин, законов или других соотношений). В необходимых случаях рассматриваемая ситуация должна представляться схемой взаимодействия, эффекта или явления.
4. Решать задачи нужно в общем виде, стремясь выразить искомую величину в буквенных обозначениях тех величин, которые заданы в условии задачи. Численные значения промежуточных величин при этом не находят.
5. После получения расчетной формулы производится проверка равенства размерностей, для чего в правой части все обозначения физических величин заменяют их размерностями и производят необходимые действия. Несовпадение размерностей левой и правой частей расчетной формулы укажет на допущенную ошибку.
6. Как правило, следует использовать единицы измерений международной системы единиц (СИ). Если условие задачи требует, ответ может быть представлен с использованием внесистемных единиц измерений (эВ, см/с, Мпс, св. годах и т.п.).
7. Рекомендовано подставлять в расчетную формулу численные значения величин в том порядке, в котором они следуют в формуле. При этом следует записывать числа в виде произведения десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень 10. (Вместо 0,00863 необходимо записать 8,63.10–3 и т.п.).

8. В конце каждого задания должен быть приведен ответ в виде отдельной строки записи. Как правило, окончательный результат представляют с тремя значащими цифрами, производя в нем соответствующие округления.

Студент должен быть готов дать четкие пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы. Экзаменационная общая оценка или зачет проставляются с учетом ответов студентов по контрольным работам.

2. Указания к выполнению контрольной работы №3

1. При использовании принципа суперпозиции электрических полей, создаваемых отдельными зарядами, необходимо обратить внимание на указание направлений векторов напряженности электрического поля на схемах или рисунках к задачам: вдоль линии от точки наблюдения к данному заряду, если он отрицательный, и в противоположном направлении, если заряд положительный.

2. Результирующий вектор напряженности поля находят по правилу сложения векторов. Уравнения, записанные в векторном виде, следует спроектировать на оси системы координат, выбор которой производят из соображений наибольшей простоты проектирования векторов.

3. Для нахождения полей распределенных зарядов необходимо предварительно выделить дифференциально малые участки заряженного тела, которые можно принять за точечные заряды, и записать для них законы взаимодействия точечных зарядов. Затем применить правила интегрирования, с учетом заданных пределов или граничных условий.

4. Так как решение задачи для скалярной физической величины – потенциала электрического поля – более простое (нет необходимости находить проекции вектора напряженности), то в ряде случаев можно сначала найти решение для потенциала поля в заданной области, а затем использовать связь величины напряженности поля с градиентом потенциала.

5. За основу расчета токов и падений напряжений в разветвленных цепях постоянного тока следует использовать правила Кирхгофа. Поэтому обязательно необходимо указать на схемах цепей выбранные Вами направления токов и знаки полюсов источника напряжения (ЭДС).

3. Примеры решения задач контрольной работы № 3

Пример 1

Три точечных заряда по 1 нКл расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой заряд нужно поместить в центре треугольника, чтобы указанная система зарядов находилась в равновесии?

Дано

$q_1 = q_2 = q_3 = 1$ нКл
1 нКл = 10^{-9} Кл

Найти: *q=?* ***Решение***

Вследствие симметрии, заряды в вершинах треугольника находятся в одинаковых условиях. Поэтому достаточно найти величину отрицательного заряда, помещаемого в центр треугольника, при которой *любой* из положительных зарядов будет находиться в положении равновесия. Сделаем рисунок к задаче, укажем на нем направления и относительные величины сил попарного взаимодействия зарядов. ***(Векторные величины обозначены полужирным шрифтом, в Ваших тетрадях их необходимо отмечать знаком стрелки над соответствующей буквой).***

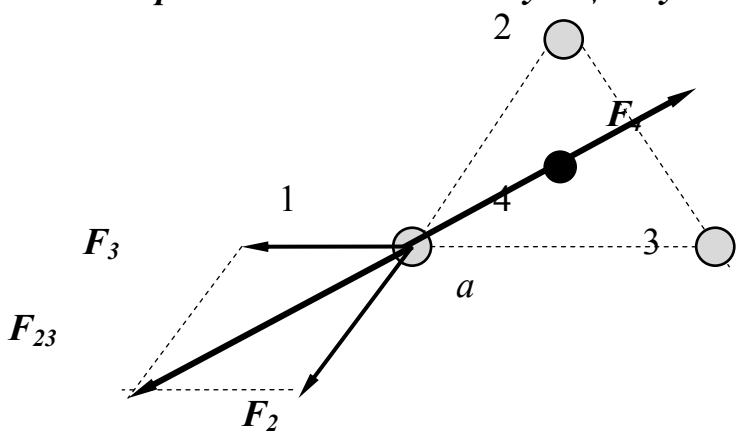


Рисунок к задаче

Заряд q_1 будет находится в покое при условии, что равнодействующая всех действующих на него сил будет равна нулю:

$$\boldsymbol{F}_2 + \boldsymbol{F}_3 + \boldsymbol{F}_4 = 0.$$

Здесь обозначены силы, действующие на заряд 1 со стороны трех других. Заменим силы $\boldsymbol{F_2}$ и $\boldsymbol{F_3}$ равнодействующей $\boldsymbol{F_{23}}$. Продолжением диагонали параллелограмма будет линия действия силы $\boldsymbol{F_4}$, т.к. они направлены по биссектрисам равных углов. Отсюда следует равенство модулей сил $F_4 = F_{23}$. Величину равнодействующей F_{23} найдем по правилу треугольника, сторонами которого являются модули сил F_2 и F_3:

$$F_{23} = \sqrt{F_2^2 + F_3^2 + 2F_2F_3\cos\alpha} = F_2\sqrt{2(1+\cos\alpha)}\,.$$

Для определения величин сил используем закон Кулона.
С учетом условий задачи, получим:

$$\frac{q_1q_4}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \frac{q_1^2}{4\pi\varepsilon_0 a^2}\sqrt{2(1+\cos\alpha)}\,.$$

Произведя сокращения, найдем величину отрицательного заряда q_4.

$$q_4 = q_1\frac{r^2}{a^2}\sqrt{2(1+\cos\alpha)}\,.$$

Из геометрических соотношений для равностороннего треугольника имеем:

$$r = \frac{a/2}{\cos(\alpha/2)} = \frac{a}{2\cos 30^0} = \frac{a}{\sqrt{3}}, \qquad \cos\alpha = \cos 60° = 0{,}5\,.$$

С учетом этого получим:

$q_4 = q_1/\sqrt{3} = 10^{-9}/\sqrt{3} = 5{,}77.10^{-10}$ Кл.

Равенство размерностей очевидно.

Ответ: –0,577 нКл.

Пример 2.

По тонкой нити, изогнутой по дуге окружности, равномерно распределен заряд с линейной плотностью τ = 10 нКл/м. Определить напряженность и потенциал электрического поля, создаваемого таким заряженным телом в точке, совпадающей с центром кривизны дуги. Длина нити составляет 1/3 длины окружности и равна 15 см.

Дано

τ = 10 нКл/м = 10^{-8} Кл/м

l = 15 см = $1{,}5\cdot10^{-2}$ м

$3l = 2\pi R$

Найти: $\boldsymbol{E}$ =? $\boldsymbol{\varphi}$ =?

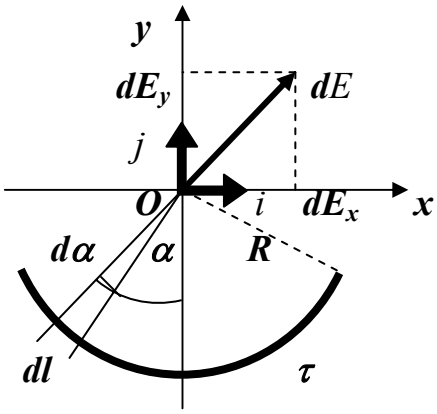


Рисунок к задаче

Решение

Выберем систему координат так, чтобы ее начало совпадало с центром кривизны дуги, а ось *Oy* была бы симметрично расположена относительно концов дуги.

1. Выделим на нити участок $dl = R\cdot d\alpha << R$, который можно считать точечным зарядом: $dQ = \tau\cdot dl$.

Он создает в точке *O* напряженность поля *d*E.

$$d\mathbf{E} = \frac{\tau dl}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\cdot\frac{\mathbf{R}}{R}.$$

Здесь R **– радиус-вектор, направленный от заряженного элемента *dl* к точке, в которой определяется электрическое поле.**

Выразим вектор *d*E через проекции на оси координат:

***d*E = i*dEx* + j*dEy*, где** i, j **– единичные векторы направлений (орты).**

Полную величину напряженности поля *E* найдем интегрированием:

$$\mathbf{E} = \int_l d\mathbf{E} = \mathbf{i}\int_l dE_x + \mathbf{j}\int_l dE_y$$

Интегрирование ведется вдоль дуги длиной *l*. В силу симметрии интеграл

Выразим dE_y , используя соотношения, приведенные выше:

$$\mathbf{i}\int_l dE_x = 0 \quad \text{и} \quad \mathbf{E} = \mathbf{j}\int_l dE_y.$$

$$dE_y = \frac{\tau R d\alpha}{4\pi\varepsilon_0 R^2}\cos\alpha = \frac{\tau}{4\pi\varepsilon_0 R}\cos\alpha\cdot d\alpha$$

Приняв во внимание симметрию расположения заряда по отношению к оси *Oy*, пределы интегрирования по углу α возьмем равными 0 и $\pi/3$, а результат удвоим:

$$\mathbf{E} = \mathbf{j}\frac{2\tau}{4\pi\varepsilon_0 R}\int_0^{\pi/3}\cos\alpha\cdot d\alpha = \mathbf{j}\frac{\tau}{2\pi\varepsilon_0 R}\cdot\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Остается выразить радиус через длину дуги, используя условие задачи:
***R = 3l/2π*, и получить ответ в виде следующего выражения:**

$$\mathbf{E} = \mathbf{j}\frac{\tau\sqrt{3}}{6\varepsilon_0 l}.$$

2. Найдем значение потенциала в центре кривизны дуги. Для этого сначала определим потенциал *dφ*, создаваемый *dQ* в точке *O*:

$$d\varphi = \frac{\tau dl}{4\pi\varepsilon_0 R}.$$

Полную величину φ определим интегрированием по *dl*:

$$\varphi = \frac{\tau}{4\pi\varepsilon_0 R}\int_0^l dl = \frac{\tau l}{4\pi\varepsilon_0 R} = \frac{\tau l 2\pi}{4\pi\varepsilon_0 3l} = \frac{\tau}{6\varepsilon_0}.$$

Очевидно, что вычисления скалярного потенциала производится значительно проще, чем векторной величины напряженности поля. Проверка размерностей не вызывает трудностей.
Для напряженности поля:

Для потенциала поля:

$$[\varphi] = \frac{(Кл/м)}{(Ф/м)} = \frac{Кл}{(Кл/В)} = В.$$

Произведем вычисления:

$$E = \frac{10^{-8}\cdot 1{,}73}{6\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}\cdot 0{,}15} = 2{,}18\cdot 10^3;$$

$$\varphi = \frac{10^{-8}}{6\cdot 8{,}85\cdot 10^{-12}} = 188.$$

***Ответ:* 2,18 кВ/м, 188 В.**

4.4. Указания к выполнению контрольной работы №4

1. При решении задач контрольной работы №4, важное значение имеет рисунок к задаче, представляющий расположение проводников с током и линий индукции магнитного поля в пространстве. Ориентацию

осей системы координат здесь следует выбирать, как в инженерной графике для представления фигур с разрезами.

2. Чтобы легче было использовать правило буравчика, прямые участки проводников следует располагать вдоль (или параллельно) одной из осей координат, а направление тока выбирать по направлению к началу данной оси.

3. Чтобы облегчить определение направления силы Лоренца и правильно изобразить траекторию движения заряженной частицы в магнитном поле, предпочтительно указывать линии вектора B на рисунках к задачам справа налево, к началу оси Y. Направление влета частицы в область магнитного поля лучше показывать в направлении к началу оси X. При таком выборе положений векторов скорости и магнитной индукции, на положительно заряженную частицу будет действовать сила Лоренца, направленная вверх. Для отрицательно заряженных частиц направление силы Лоренца следует изменить на противоположное.

4. Основой решения задач на отыскание результирующей величины индукции магнитного поля, создаваемого проводником с током сложной формы, является закон Био-Савара-Лапласа. Для его применения необходимо условно разбить проводник на участки, которые можно представить дугой окружности или отрезком прямой линии и выполнить для них действия интегрирования в соответствующих пределах. Предварительно векторные соотношения должны быть спроектированы на оси системы координат.

5. Работа, выполняемая при повороте контура с током в магнитном поле на конечный угол, находится интегрированием соотношения для дифференциально малой работы $dA = Md\varphi = pmB\sin\varphi \cdot d\varphi$ в заданных пределах. Величина магнитного момента pm определяется произведением величины площади контура на величину тока в цепи контура.

6. При решении задач необходимо рационально сочетать различные языки: графический (схемы и рисунки), аналитический (формулы) и естественный. Помните, что отсутствие пояснений к преобразованиям и обоснования хода решения задач снижает оценку Вашей работы!

4.5. Примеры решения задач контрольной работы №4

Пример 1

Бесконечно длинный провод изогнут так, как показано на рисунке. Радиус R дуги окружности равен 10 см. Определить величину магнитной индукции поля, создаваемого в точке O током $I = 80$ А.

Дано

$I = 80$ А

$R = 0{,}1$ м

Найти: $\boldsymbol{B} = ?$

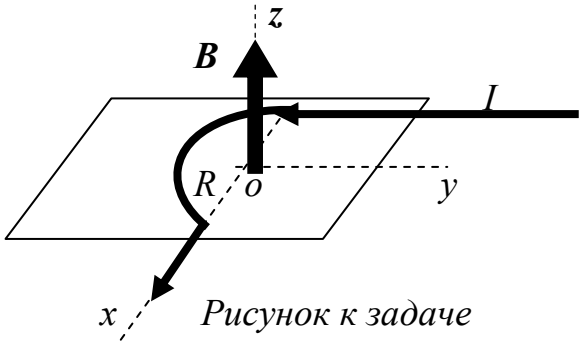


Рисунок к задаче

Решение

Магнитную индукцию $\boldsymbol{B}$ в точке O найдем, используя принцип суперпозиции магнитных полей. Разобьем условно провод на три части: на два полубесконечных прямых провода и на дугу полуокружности. Используя правило буравчика (вкручивая его по направлению тока I), определим, что все векторы $\boldsymbol{B_1}$, $\boldsymbol{B_2}$ и $\boldsymbol{B_3}$ направлены в одну сторону. В проекции на ось Oz можно записать: $B = B_1 + B_2 + B_3$.
Так как точка O лежит на оси одного из проводов (расположенного вдоль оси Ox), то для него будем иметь $B_3=0$.
Магнитная индукция в центре кругового тока находится по формуле

$$B = \frac{\mu_0 I}{2R}.$$

В нашем случае магнитное поле создается лишь половиной такого кругового тока, поэтому запишем:

$$B_2 = \frac{\mu_0 I}{4R}.$$

Для магнитной индукции, создаваемой прямым проводником конечной длины, имеется выражение:

$$B = \frac{\mu_0 I}{4d} \cdot (\cos\alpha_1 - \cos\alpha_2)$$

Для нашего случая (полубесконечный провод):

$$\alpha_1 = \pi/2,\ \cos\alpha_1 = 0, \qquad \alpha_2 \to \pi,\ \cos\alpha_2 = -1.$$

Кратчайшее расстояние от точки наблюдения до провода d в нашем случае равно R. Поэтому можно переписать предыдущее выражение в

$$B_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}.$$

виде:
Окончательно получим:
Проверим размерности:

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}(\pi + 1).$$

$$[B]=\frac{(Гн/м)(А)}{м}=\frac{Гн\cdot А}{м^2}=\frac{Гн\cdot А^2}{м^2 А}=\frac{Дж}{А\cdot м^2}=\frac{Н\cdot м}{А\cdot м^2}=Тл.$$

Произведем вычисления:

$$B=\frac{4\pi\cdot 10^{-7}\cdot 80}{4\pi\cdot 0{,}1}(\pi+1)=3{,}31\cdot 10^{-3}.$$

Ответ: 331 мкТл.

Пример 2

Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов, стал двигаться в однородном магнитном поле с индукцией 50 мТл по винтовой линии с шагом 5 см и радиусом 1 см. Определить ускоряющую разность потенциалов, которую прошел электрон.

Дано
$B = 5\cdot 10^{-2}$ Тл;
$R = 10^{-2}$ м;
$h = 5\cdot 10^{-2}$ м;
$q = -1{,}6\cdot 10^{-19}$ Кл;
$m = 0{,}91\cdot 10^{-30}$ кг.
Найти: $U = ?$

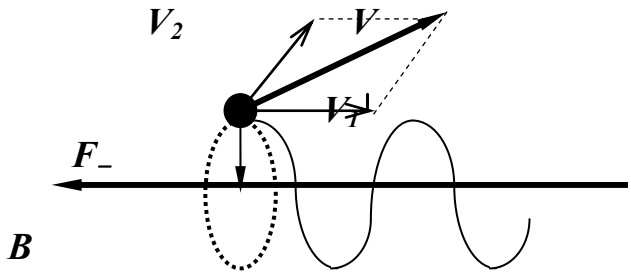


Рисунок к задаче

Решение
Заряженная частица движется в однородном магнитном поле по винтовой линии в том случае, когда вектор скорости направлен к линиям магнитной индукции под углом, не равным прямому. В этом случае имеется компонента скорости, направленная вдоль линий индукции (V_1 на рисунке к задаче), и компонента, направленная под прямым углом к линиям индукции (V_2 на рисунке к задаче). С учетом отрицательного заряда электрона, сила Лоренца будет направлена так, как указано на рисунке к задаче. Скорость V_1 в магнитном поле не будет изменяться, она обеспечивает смещение заряженной частицы вдоль линии индукции. За время одного полного оборота (за период обращения) электрон сместится на величину h шага винтовой линии.
Под действием силы Лоренца непрерывно изменяется направление вто-

рой компоненты скорости электрона V_2 , тогда как ее величина остается неизменной. Иначе говоря, одновременно с равномерным перемещением вдоль линий индукции поля, электрон движется по окружности. Радиус ее можно определить из равенства силы Лоренца и центростремительной силы:

$$qVB\sin\alpha = \frac{mV^2\sin^2\alpha}{R} \quad \Rightarrow \quad R = \frac{mV\sin\alpha}{qB}.$$

Поскольку величина радиуса известна из условия задачи, можно получить выражение для расчета величины компоненты V_2, перпендикулярной линиям индукции магнитного поля:

$$V_2 = V\sin\alpha = \frac{qRB}{m}.$$

Период обращения электрона связан с величиной радиуса и найденной компоненты скорости:

$$T = \frac{2\pi R}{V\sin\alpha} = \frac{2\pi Rm}{qRB} = 2\pi\frac{m}{qB}.$$

Зная из условий задачи величину шага винтовой линии, найдем величину скорости равномерного прямолинейного движения:

$$V\cos\alpha = \frac{h}{T} = \frac{hqB}{2\pi m}.$$

Найдем квадрат полной скорости электрона:

$$V^2\sin^2\alpha + V^2\cos^2\alpha = V^2,$$

$$V^2 = \left(\frac{qRB}{m}\right)^2 + \left(\frac{qhB}{2\pi m}\right)^2.$$

Неизвестную величину разности потенциалов найдем из условия равенства кинетической энергии электрона работе, выполненной электростатическим полем по ускорению заряженной частицы:

$$\frac{mV^2}{2} = qU.$$

В итоге получим следующее конечное выражение:

$$U = \frac{mq^2B^2}{2qm^2}\left(R^2 + \frac{h^2}{4\pi^2}\right) = \frac{qB^2}{2m}\left(R^2 + \frac{h^2}{4\pi^2}\right).$$

Убедимся, что правая часть соответствует размерности разности потенциалов электрического поля. Для этого вспомним, что В = Тл.м^2/с (из уравнения закона электромагнитной индукции). Найдем размерность правой части:

(Кл.Тл.Тл)(м^2)/кг=(Н.с/м)(Тл)(м^2)/кг=(кг.м.с/с^2.м)(Тл)(м^2)/кг =Тл.м^2/с.

Как видно обе части имеют одинаковую размерность.

Произведя расчет, получим:

$$U = \frac{1{,}6.10^{-19}.25.10^{-4}}{2.0{,}91.10^{-30}}(10^{-4} + \frac{25.10^{-4}}{40}) = 10^3\,\frac{0{,}8.25}{0{,}91}(1+\frac{25}{40}) = 36{,}1.10^3\,.$$

Ответ: 36,1 кВ.

Пример 3

Ион, пройдя ускоряющую разность потенциалов 645 В, влетел в скрещенные под прямым углом однородные магнитное (B = 1,5 мТл) и электрическое (E = 200 В/м) поля. Определить отношение заряда иона к его массе, если ион в указанных полях движется прямолинейно.

Дано
U=645 В;
B=1,5.10-3 Тл;
E=200 В/м;
α=90°
Найти: *q/m=?*

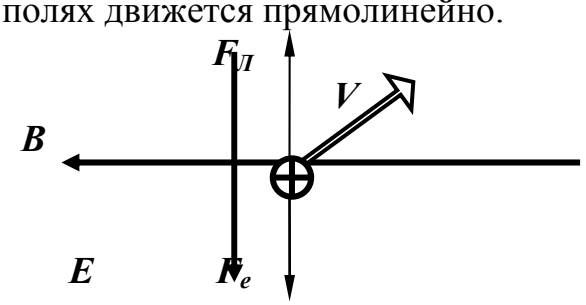


Рисунок к задаче

Решение

Примем для определенности, что заряд иона положителен и сделаем рисунок к задаче в следующей последовательности. Выберем направление линий индукции справа - налево, вектор скорости иона направим от нас к плоскости рисунка. По правилу левой руки сила Лоренца будет направлена вверх: ладонь левой руки подставим под вектор ***B***, вытянув руку к плоскости рисунка. Большой палец будет направлен вверх. Чтобы сила, действующая со стороны электрического поля на положительный заряд, могла уравновесить силу Лоренца, она должна иметь направление противоположное направлению магнитной силы. Это возможно, если линии напряженности электрического поля будут направлены вниз.

(По определению направление вектора ***E*** совпадает с направлением силы, действующей на положительный пробный заряд).
Условием прямолинейного движения является равенство двух рассматриваемых сил:

$$qVB = qE\ .$$

Из него следует выражение для скорости, при которой движение в скрещенных под прямым углом полях будет равномерным и прямолинейным:

$$V = \frac{E}{B}.$$

Величину отношения заряда частицы к ее массе можно получить из соотношения

$$\frac{mV^2}{2} = qU,$$

где правая часть представляет величину кинетической энергии, а левая - работу сил электростатического поля по ускорению заряженной частицы. Произведем преобразования и заменим квадрат скорости отношением квадратов напряженности E^2 и магнитной индукции B^2:

$$\frac{q}{m} = \frac{V^2}{2U} = \frac{E^2}{2UB^2}.$$

При проверке равенства размерностей полезно иметь в виду следующие соотношения между единицами измерения электрических и магнитных величин.

1. Из выражения для силы Лоренца следует, что Тл = (Н.с)/(Кл.м).
2. Закон электромагнитной индукции, связывающий величину ЭДС с величиной скорости изменения магнитного потока, позволяет записать: Тл =(В.с)/м^2 .

С учетом этих соотношений, убедимся, что правая часть полученной формулы соответствует размерности Кл/кг.

Для знаменателя будем иметь:

$$В(Н.с/Кл.м)(В.с/м^2) = (В^2.с^2.Н)/(Кл.м^3) =$$
$$= (В^2.с^2.кг.м)/(Кл.м^3.с^2) = (В^2.кг)/(Кл.м^2).$$

Для числителя имеем: (В^2)/(м^2).

Производя сокращения получаем: [q/m] = Кл/кг.

Произведем вычисления:

$$q/m = \frac{4.10^4}{2{,}25.10^{-6}.2.645} = \frac{2.10^{10}}{2{,}25.645} = 1{,}38.10^7.$$

Ответ: 1,38·10^7 Кл/кг.

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №3

Вариант 1

1.1. Электрон находится в однородном электрическом поле напряженностью E = 200 кВ/м. Какой путь пройдет электрон за время t = 1 нс, если его начальная скорость был равна нулю? Какой скоростью будет обладать электрон в конце этого промежутка времени?

1.2. Точечные заряды Q_1 = 20 мкКл, Q_2 = –10 мкКл находятся на расстоянии d = 5 см друг от друга. Определить напряженность поля в точке, удаленной на r_1 = 3 см и на r_2 = 4 см от второго заряда. Определить также силу $\boldsymbol{F}$, действующую в этой точке на точечный заряд Q = 1 мкКл.

1.3. Тонкий стержень длиной l = 20 см несет равномерно распределенный заряд q = 0,1 мкКл. Определить напряженность $\boldsymbol{E}$ электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке A, лежащей на оси стержня на расстоянии a = 20 см от его конца.

1.4. Два точечных заряда Q_1 = 6 нКл, Q_2 = 3 нКл находятся на расстоянии d = 60 см друг от друга. Какую работу необходимо совершить внешним силам, чтобы уменьшить расстояние между зарядами вдвое?

1.5. Пылинка массой m = 200 мкг, несущая на себе заряд Q = 40 нКл, влетела в электрическое поле в направлении силовых линий. После прохождения разности потенциалов U = 200 В пылинка имела скорость V = 10 м/с. Определить скорость V_0 пылинки до того, как она влетела в поле.

1.6. Конденсаторы емкостью C_1 = 5 мкФ и C_2 = 10 мкФ заряжены до напряжений U_1 = 60 В и U_2 = 100 В соответственно. Определить напряжение на обкладках конденсаторов после их соединения обкладками, имеющими одноименные заряды.

1.7. Катушка и амперметр соединены последовательно и подключены к источнику тока. К клеммам катушки присоединен вольтметр с сопротивлением R = 4кОм. Амперметр показывает силу тока I = 0,3 А, вольтметр – напряжение U = 120 В. Определить сопротивление R катушки. Определить относительную погрешность ε, которая будет допущена при измерении сопротивления, если пренебречь силой тока, текущего через вольтметр.

1.8. За время t = 20 с, при равномерно возрастающей силе тока от нуля до некоторого максимума, в проводнике сопротивлением R = 5 Ом выделилось количество теплоты Q = 4 кДж. Определить скорость нарастания силы тока, если сопротивление проводника R = 5 Ом.

Вариант 2

2.1. Вычислить напряженность поля E протона на расстоянии $a_0 = 0{,}53\cdot10^{-10}$ м от него (a_0 – радиус первой боровской орбиты). Сравнить ее с напряженностью поля $E' = 3\cdot10^6$ В/м, при которой наступает пробой воздуха.

2.2. Три одинаковых точечных заряда $Q_1 = Q_2 = Q_3$ = 2 нКл находятся в вершинах равностороннего треугольника со сторонами a = 10

см. Определить модуль и направление силы $\boldsymbol{F}$, действующей на один из зарядов, со стороны двух других.

2.3. По тонкому полукольцу радиуса R = 10 см равномерно распределен заряд с линейной плотностью τ = 1 мкКл/м. Определить напряженность E электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке O, совпадающей с центром кольца.

2.4. Электрическое поле создано заряженным проводящим шаром, потенциал φ которого 300 В. Определить работу сил поля по перемещению заряда Q = 0,2 мкКл из точки 1 в точку *2*. Точка 1 расположена на расстоянии 1R от центра шара, точка 2 – на расстоянии 2R (R- радиус шара).

2.5. Электрон, обладавший кинетической энергией T = 10 эВ, влетел в однородное электрическое поле в направлении силовых линий поля. Какой скоростью будет обладать электрон, пройдя в этом поле разность потенциалов U = 8 В?

2.6. Конденсатор емкостью C_1 = 10 мкФ заряжен до напряжения U = 10 В. Определить заряд на обкладках этого конденсатора после того, как параллельно ему был подключен другой, незаряженный, конденсатор емкостью C_2 = 20 мкФ.

2.7. ЭДС батареи E = 80 В, внутреннее сопротивление R_i = 5 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность P= 100 Вт. Определить силу тока I в цепи, напряжение U, под которым находится внешняя цепь, и ее сопротивление R.

2.8. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I=I_0e^{-\alpha t}$, где I_0 = 20 А, $\alpha = 10^2$ с$^{-1}$. Определить количество теплоты, выделившееся в проводнике за время $t = 10^{-2}$ с.

Вариант 3

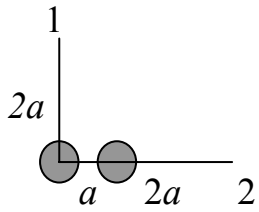
3.1. Электрон находится в однородном электрическом поле напряженностью E = 200 кВ/м. Какой энергией будет обладать электрон в конце промежутка времени Δt = 5 мс, если его начальная скорость был равна нулю?

3.2. Два положительных точечных заряда Q и 9Q закреплены на расстоянии d = 100 см друг от друга. Определить, в какой точке на прямой, проходящей через заряды, следует поместить третий заряд так, чтобы он находился в равновесии. Указать, какой знак должен иметь этот заряд для того, чтобы равновесие было устойчивым, если перемещения зарядов возможны только вдоль прямой, проходящей через закрепленные заряды.

3.3. Тонкое кольцо несет распределенный заряд Q = 0,2 мкКл. Определить напряженность E электрического поля, создаваемого рас-

пределенным зарядом в точке A, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние r = 20 см. Радиус кольца R = 10 см.

3.4. Электрическое поле создано зарядами Q_1=2 мкКл и Q_2 = –2 мкКл, находящимися на расстоянии a =10 см друг от друга. Определить работу сил поля, совершаемую при перемещении заряда Q = 0,5мкКл из точки 1 в точку 2.



3.5. Найти отношение скоростей ионов Cu^{++} и K^{+}, прошедших одинаковую разность потенциалов.

3.6. Конденсаторы емкостями C_1 = 2 мкФ, C_2 = 5 мкФ и C_3 = 10 мкФ соединены последовательно и находятся под напряжением U = 850 В. Определить напряжение и заряд на каждом из конденсаторов.

3.7. От батареи, ЭДС которой E = 600 В, требуется передать энергию на расстояние l = 1 км. Потребляемая мощность P = 5 кВт. Найти минимальные потери мощности в сети, если диаметр медных подводящих проводов d == 0,5 см.

3.8. Сила тока в проводнике сопротивлением R = 10 Ом за время t = 50 с равномерно нарастает от I_1 = 5 А до I_2 = 10 А. Определить количество теплоты Q**,** выделившееся за это время в проводнике.

Вариант 4

4.1. Электрон с начальной скоростью V = 3 Мм/с, влетел в однородное электрическое поле с напряженностью E = 150 В/м. Вектор начальной скорости перпендикулярен линиям напряженности электрического поля. Найти: 1) силу, действующую на электрон; 2) ускорение, приобретаемое электроном; 3) скорость электрона через t = 0,1 мкс.

4.2. В вершинах квадрата со стороной 5 см находятся одинаковые, положительные заряды Q = 2 нКл. Определите напряженность электростатического поля: 1) в центре квадрата; 2) в середине одной из сторон квадрата.

4.3. Треть тонкого кольца радиусом R = 10 см несет распределенный заряд Q = 50 нКл. Определить напряженность $\boldsymbol{E}$ электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке O, совпадающей с центром кольца

4.4. Две параллельные заряженные плоскости, поверхностные плотности заряда которых σ_1 = 2 мкКл/м^2 и σ_2 = -0,8 мкКл/м^2, находятся на расстоянии d = 0,6 см друг от друга. Определить разность потенциалов U между плоскостями.

4.5. Электрон с энергией T = 400 эВ (в бесконечности) движется вдоль силовой линии по направлению к поверхности металлической за-

ряженной сферы радиусом R = 10 см. Определить минимальное расстояние a, на которое приблизится электрон к поверхности сферы, если заряд ее равен $Q = -10$ нКл.

4.6. Два конденсатора емкостями C_1 = 2 мкФ и C_2 = 5 мкФ заряжены до напряжений U_1 = 100 В и U_2 = 150 В соответственно. Определить напряжение на обкладках конденсаторов после их соединения обкладками, имеющими разноименные заряды.

4.7. При внешнем сопротивлении R_1 = 8 Ом сила тока в цепи равна I_1 = 0,8 А, при сопротивлении R_2 = 15 Ом сила тока I_2 = 0,5 А. Определить силу тока $I_{к.з.}$ короткого замыкания источника ЭДС.

4.8. В проводнике за время t = 10 с при равномерном возрастании силы тока от I_1 = 1 А до I_2 = 2 А выделилось количество теплоты Q = 5 кДж. Найти сопротивление R проводника.

Вариант 5

5.1. Электростатическое поле создается положительно заряженной бесконечной нитью с линейной плотностью заряда τ = 1 нКл/см. Какую скорость приобретет электрон, приблизившись к нити вдоль линии напряженности поля с расстояния r_1 = 1,5 см до r_2 = 1 см?

5.2. Четыре одинаковых заряда $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4$ = 40 нКл закреплены в вершинах квадрата со стороной a = 10 см. Найти силу $\boldsymbol{F}$, действующую на один из этих зарядов со стороны трех остальных.

5.3. Бесконечный тонкий стержень, ограниченный с одной стороны, несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью τ = 0,5 мкКл/м. Определить напряженность $\boldsymbol{E}$ электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке A, лежащей на оси стержня на расстоянии a =20 см от его начала.

5.4. Диполь с электрическим моментом p = 100 пКл·м свободно установился в свободном электрическом поле напряженностью E = 200 кВ/м. Определить работу внешних сил, которую необходимо совершить для поворота диполя на угол α = 180°.

5.5. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины до другой, приобрел скорость $V = 10^5$ м/с. Расстояние между пластинами d = 8 мм. Найти: 1) разность потенциалов U между пластинами; 2) поверхностную плотность заряда σ на пластинах.

5.6. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора емкостью C = 100 пФ каждый соединены в батарею последовательно. Определить, на сколько изменится емкость батареи, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнить парафином.

5.7. ЭДС батареи E = 24 В. Наибольшая сила тока, которую может дать батарея, I_{max} = 10 А. Определить максимальную мощность P_{max}, которая может выделяться во внешней цепи.

5.8. Сила тока в проводнике изменяется со временем по закону $I = I_0 \sin\omega t$. Найти заряд Q, проходящий через поперечное сечение проводника за время t, равное половине периода T, если начальная сила тока I_0 = 10 А, циклическая частота $\omega = 50\pi$ с$^{-1}$.

Вариант 6

6.1. Сила взаимного гравитационного притяжения двух водяных, одинаково заряженных капель, уравновешивается силой электростатического отталкивания. Определить заряд капель, если их радиусы равны $1{,}5\cdot10^{-14}$ м.

6.2. Точечные заряды Q_1 = 30 мкКл, Q_2 = -20 мкКл находятся на расстоянии d = 20 см друг от друга. Определить напряженность электрического поля в точке, удаленной от первого заряда на расстояние r_1 = 30 см, а от второго - на r_2 = 15 см.

6.3. По тонкому кольцу радиусом R = 20 см равномерно распределен с линейной плотностью τ = 0, 2 мкКл/м заряд. Определить напряженность E электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке A, находящейся на оси кольца на расстоянии $h = 2R$ от его центра.

6.4. Четыре одинаковых капли ртути, заряженных до потенциала φ = 10 В, сливаются в одну. Каков потенциал φ_1 образовавшейся капли?

6.5. Пылинка массой m == 5 нг, несущая на себе N = 10 электронов, прошла в вакууме ускоряющую разность потенциалов U = 1 МВ. Какова кинетическая энергия T пылинки? Какую скорость V приобрела пылинка?

6.6. Два конденсатора емкостями C_1 = 5 мкФ и C_2 = 8 мкФ соединены последовательно и присоединены к батарее с ЭДС ε = 80 В. Определить заряды Q_1 и Q_2 конденсаторов и разности потенциалов U_1 и U_2 между их обкладками.

6.7. Аккумулятор с ЭДС ε = 12 В заряжается от сети постоянного тока с напряжением U = 15 В. Определить напряжение на клеммах аккумулятора, если его внутреннее сопротивление R_i = 10 Ом.

6.8. За время t = 10 с при равномерно возрастающей силе тока, от нуля до некоторого максимума, в проводнике выделилось количество теплоты Q = 40 кДж. Определить среднюю силу тока $\langle I \rangle$ в проводнике, если его сопротивление R = 25 Ом.

Вариант 7

7.1. Электростатическое поле создается положительным точечным зарядом. Определите числовое значение и направление градиента потенциала этого поля на расстоянии r = 10 см от заряда, если значение потенциала здесь равно φ = 100 В.

7.2. Длинный прямой провод, расположенный в вакууме, несет заряд, равномерно распределенный по всей длине провода с линейной плотностью 2 нКл/м. Определите напряженность E электростатического поля на расстоянии r = 1 м от провода.

7.3. По тонкому полукольцу равномерно распределен заряд Q = 20 мкКл с линейной плотностью τ = 0,1 мкКл/м. Определить напряженность $\boldsymbol{E}$ электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке O, совпадающей с центром кольца.

7.4. Тонкий стержень согнут в кольцо радиусом R=10 см. Он равномерно заряжен с линейной плотностью заряда τ = 800 нКл/м. Определить потенциал φ в точке, расположенной на оси кольца на расстоянии h = 10 см от его центра.

7.5. Какой минимальной скоростью V_{min} должен обладать протон, чтобы он мог достигнуть поверхности заряженного до потенциала φ=400 В металлического шара, радиус которого равен R?

7.6. Плоский конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом R = 10 см каждая. Расстояние между пластинами d = 2 мм. Конденсатор присоединен к источнику напряжения (U = 80 В). Определить заряд Q и напряженность E поля конденсатора в двух случаях: а) диэлектрик - воздух; б) диэлектрик - стекло.

7.7. От источника с напряжением U = 800 В необходимо передать потребителю мощность P = 10 кВт на некоторое расстояние. Какое наибольшее сопротивление может иметь линия передачи, чтобы потери энергии в ней не превышали 10% от передаваемой мощности?

7.8. За время t = 8 с при равномерно возраставшей силе тока в проводнике сопротивлением R = 8 Ом выделилось количество теплоты Q = 500 Дж. Определить заряд q, проходящий в проводнике, если сила тока в начальный момент времени равна нулю.

Вариант 8

8.1. Электростатическое поле создается бесконечной прямой нитью, заряженной равномерно с линейной плотностью τ = 50 пКл/см. Определите числовое значение и направление градиента потенциала в точке на расстоянии r = 0,5 м от нити.

8.2. В вершинах квадрата находятся одинаковые заряды $Q_1 = Q_2 = Q_3 = Q_4 = 8\cdot10^{-10}$ Кл. Какой отрицательный заряд Q нужно поместить в центре квадрата, чтобы сила взаимного отталкивания положительных зарядов была уравновешена силой притяжения отрицательного заряда?

8.3. Четверть тонкого кольца радиусом R = 10 см несет равномерно распределенный заряд Q = 0,05 мкКл. Определить напряженность $\boldsymbol{E}$ электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке O, совпадающей с центром кольца.

8.4. Поле образовано точечным диполем с электрическим моментом p = 200 пКл·м. Определить разность потенциалов U двух точек поля, расположенных симметрично относительно диполя на его оси на расстоянии r = 40 см от центра диполя.

8.5. В однородное электрическое поле напряженностью E = 200 В/м влетает (вдоль силовой линии) электрон со скоростью V_o=2 Мм/с. Определить расстояние l, которое пройдет электрон до точки, в которой его скорость будет равна половине начальной.

8.6. Два металлических шарика радиусами R_1 = 5 см и R_2 = 10 см имеют заряды Q_1 = 40 нКл и Q_2 = –20 нКл соответственно. Найти энергию W, которая выделится при разряде, если шары соединить проводником.

8.7. При включении электромотора в сеть с напряжением U= 220 В, он потребляет ток I = 5 А. Определить мощность, потребляемую мотором, и его КПД, если сопротивление R обмотки мотора равно 6 Ом.

8.8. Определить количество теплоты Q, выделившееся за время t = 10 с в проводнике сопротивлением R = 10 Ом, если сила тока в нем, равномерно уменьшаясь, изменилась от I_1 = 10 А до I_2 = 0.

Вариант 9

9.1. Шарик массой m = 40 мг, имеющий положительный заряд q = 1 нКл, движется со скоростью V = 10 см/с. На какое расстояние r может приблизиться шарик к положительному точечному заряду q_0 = 1, 33 нКл?

9.2. Вычислить напряженность поля E протона на расстоянии $a_0 = 0{,}53\cdot10^{-10}$ м от него (a_0 – радиус первой боровской орбиты). Сравнить ее с напряженностью поля $E^* = 3\cdot10^6$ В/м, при которой наступает пробой воздуха.

9.3. По тонкому кольцу равномерно распределен заряд Q = 10 нКл с линейной плотность τ = 0,01 мкКл/м. Определить напряженность $\boldsymbol{E}$ электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке A, лежащей на оси кольца и удаленной от его центра на расстояние, равное радиусу кольца.

9.4. Электрическое поле образовано бесконечно длинной заряженной нитью, линейная плотность заряда которой τ = 20 пКл/м. Определить разность потенциалов U двух точек поля, отстоящих от нити на расстоянии r_1 = 8 см и r_2 = 12 см.

9.5. Электрическое поле создано бесконечной заряженной прямой линией с равномерно распределенным зарядом (τ = 10 нКл/м). Определить кинетическую энергию T_2 электрона в точке 2, если в точке 1 его кинетическая энергия T_1 = 200 эВ. Точка 1 расположена на расстоянии $2a$ от нити, точка 2 – на расстоянии a. Электрон движется перпендикулярно нити.

9.6. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя слоями диэлектрика: стекла толщиной d_1 = 0,2 см и слоем парафина толщиной d_2 = 0,3 см. Разность потенциалов между обкладками U = 300 В. Определить напряженность E поля и падение потенциала в каждом из слоев.

9.7. В сеть с напряжением U = 100 В подключили катушку с сопротивлением R_1 = 2 кОм и вольтметр, соединенные последовательно. Показание вольтметра U_1 = 80 В. Когда катушку заменили другой, вольтметр показал U_2 = 60 В. Определить сопротивление R_2 другой катушки.

9.8. Сила тока в цепи изменяется по закону $I = I_0 \sin\omega t$. Определить количество теплоты, которое выделится в проводнике сопротивлением $R=10$ Ом за время, равное четверти периода (от t_1 = 0 до $t_2 = T/4$, где T = 10 с).

Вариант 10

10.1. Электрон с начальной скоростью V = 3 Мм/с, влетел в однородное электрическое поле с напряженностью E = 150 В/м. Вектор начальной скорости перпендикулярен линиям напряженности электрического поля. Найти: 1) силу, действующую на электрон; 2) ускорение, приобретаемое электроном; 3) скорость электрона через t = 0,1 мкс.

10.2. Расстояние d между двумя точечными зарядами Q_1 = 2 нКл и Q_2 = 4 нКл равно 60 см. Определить точку, в которую нужно поместить третий заряд Q_3 так, чтобы система зарядов находилась в равновесии. Определить заряд Q_3 и его знак. Устойчивое или неустойчивое будет равновесие?

10.3. Две трети тонкого кольца радиусом R = 10 см несут равномерно распределенный с линейной плотностью τ = 0,2 мкКл/м заряд. Определить напряженность $\boldsymbol{E}$ электрического поля, создаваемого распределенным зарядом в точке O, совпадающей с центром кольца.

10.4. Тонкая квадратная рамка равномерно заряжена с линейной плотностью заряда τ = 200 пКл/м. Определить потенциал φ поля в точке пересечения диагоналей.

10.5. Электрон движется вдоль силовой линии однородного электрического поля. В некоторой точке поля с потенциалом φ_1 = 100 В электрон имел скорость V_1 = 6 Мм/с. Определить потенциал φ_2 точки поля, дойдя до которой электрон потеряет половину своей скорости.

10.6. Плоский конденсатор с площадью пластин S = 200 см^2 каждая заряжен до разности потенциалов U = 2 кВ. Расстояние между пластинами d = 2 см. Диэлектрик - стекло. Определить энергию W поля конденсатора и плотность энергии ω поля.

10.7. Величина ЭДС батареи ε = 12 В. При силе тока I = 4 А, КПД батареи η = 0,6. Определить внутреннее сопротивление R_i батареи.

10.8. Сила тока в цепи изменяется со временем по закону $I = I_0 e^{-\alpha t}$. Определить количество теплоты, которое выделится в проводнике сопротивлением R = 20 Ом за то время, в течение которого ток уменьшится в e раз. Коэффициент α принять равным $2\cdot10^{-2}$ с$^{-1}$. (e – основание натуральных логарифмов).

ВАРИАНТЫ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ №4

Вариант 1

1.1. Два электрона движутся параллельно с одинаковыми скоростями, равными 0,5c (c -скорость света). Найти величину силы их магнитного взаимодействия и сравнить ее с величиной силы гравитационного взаимодействия, если кратчайшее расстояние между электронами равно 100 нм.

1.2. Бесконечно длинный провод с током I = 100 А изогнут так, как это показано на рис.1. Определить величину магнитной индукции $\boldsymbol{B}$ в точке O. Радиус дуги R = 10см.

1.3. По двум параллельным проводникам длиной 3 м каждый текут одинаковые токи I = 500 А. Определить силу магнитного взаимодействия проводов, если расстояние между ними равно 10 см.

1.4. Два иона разных масс с одинаковыми зарядами влетели в однородное магнитное поле и стали двигаться по окружностям с радиусами 3 см и 1,73 см. Определить отношение масс ионов, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

1.5. Протон влетел в скрещенные под углом 120 градусов магнитное (B = 50 мТл) и электрическое (E = 20 кВ/м) поля. Определить ускорение протона в момент вхождения его в область полей, если он дви-

жется перпендикулярно векторам ***E*** и ***B*** и его скорость равна 400 км/с.

1.6. Квадратный проводящий контур со стороной l = 20 см и током I =10 А свободно подвешен в однородном магнитном поле с магнитной индукцией B =0,2 Тл. Определите работу, которую необходимо совершить, чтобы повернуть контур на угол 180° вокруг оси, перпендикулярной линиям индукции.

1.7. В однородном магнитном поле (B = 0,1 Тл) равномерно, с частотой n =5 1/с, вращается стержень длиной 50 см так, что плоскость его вращения перпендикулярна линиям напряженности, а ось вращения проходит через один из его концов. Определить индуцируемую на концах стержня разность потенциалов.

1.8. Соленоид сечением S = 10см^2 содержит тысячу витков. При силе тока I = 5 А магнитная индукция поля на оси соленоида равна 0,05 Тл. Определить величину индуктивности соленоида.

Вариант 2

2.1. Два протона движутся параллельно с одинаковыми скоростями, равными 0,2c (c -скорость света). Найти величину силы их магнитного взаимодействия и сравнить ее с величиной силы гравитационного взаимодействия, если кратчайшее расстояние между частицами равно 100 нм.

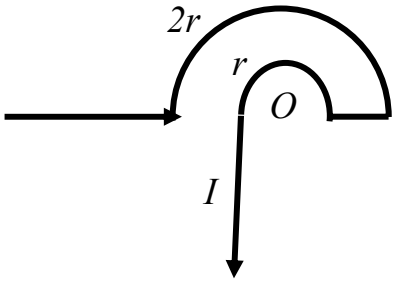


Рис. 1

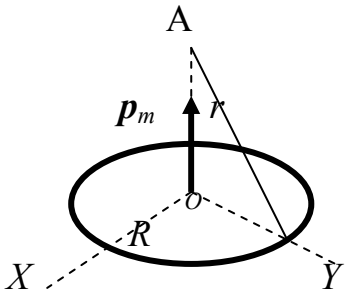


Рис. 2

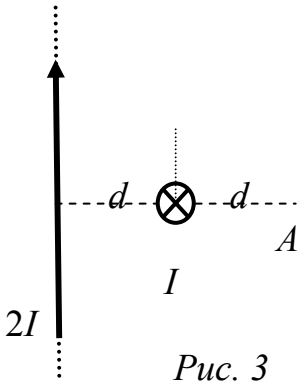


Рис. 3

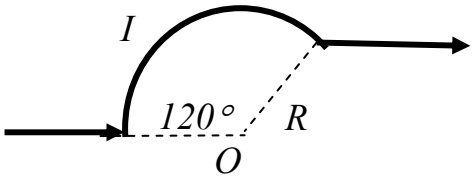


Рис. 4

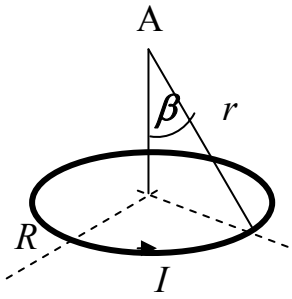


Рис. 5

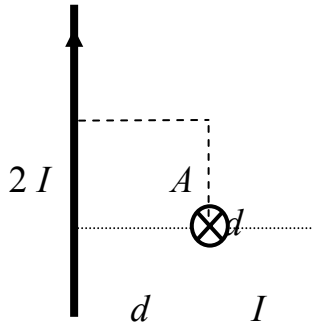


Рис. 6

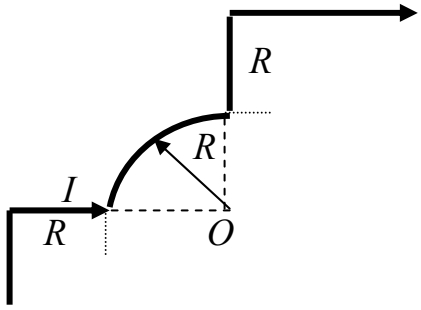


Рис. 7

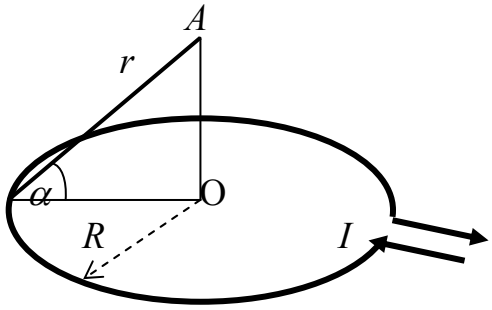


Рис. 8

Рисунки к задачам

2.2. Магнитный момент тонкого проводящего кольца равен 5 А·м^2. Определить магнитную индукцию ***B*** в точке *A* кольца, находящейся на оси кольца и удаленной от точек кольца на расстояние 20 см (рис. 2).

2.3. По трем параллельным, прямым проводам, находящимся на одинаковом расстоянии $d = 20$ см друг от друга, текут одинаковые токи $I = 500$ А. В двух проводах направления токов совпадают. Вычислить для каждого из проводов отношение силы, действующей на него, к его длине.

2.4. Однозарядный ион натрия прошел ускоряющую разность потенциалов $U = 1$ кВ и влетел перпендикулярно линиям магнитной индукции в однородное поле ($B = 0{,}5$ Тл). Определить относительную атомную массу иона, если он описал окружность радиусом $R = 4{,}37$ см.

2.5. Ион, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U = 645$ В, влетел в скрещенные под прямым углом однородные электрическое ($E = 200$ В/м) и магнитное ($B = 1{,}5$ мТл) поля. Определить отношение заряда иона к его массе, если ион в этих полях движется прямолинейно.

2.6. В однородном магнитном поле с магнитной индукцией $B = 0{,}2$ Тл находится квадратный проводящий контур со стороной $l = 20$ см и током $I = 10$ А. Плоскость контура составляет с линиями индукции угол 30°. Определите работу удаления контура за пределы магнитного поля.

2.7. В однородном магнитном поле с индукцией B = 0,5 Тл вращается стержень длиной 20 см. Ось вращения параллельна линиям индукции и проходит через один из концов стержня перпендикулярно его оси. Определит разность потенциалов на концах стержня при частоте вращения $n = 10\ c^{-1}$.

2.8. Через катушку, индуктивность которой равна L = 200 мГн, протекает ток, изменяющийся по закону $I = 2\cos 3t$. Определите: 1) закон изменения ЭДС самоиндукции; 2) максимальное значение ЭДС самоиндукции.

Вариант 3

3.1. Электрон в атоме водорода движется вокруг протона по окружности радиусом R = 53 пм. Определить магнитный момент эквивалентного кругового тока.

3.2. По двум скрещенным под прямым углом бесконечно длинным проводам текут токи I и $2I$ (I = 100 А). Определить магнитную индукцию $\boldsymbol{B}$ в точке A (рис. 3), если величина d = 10 см.

3.3. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи I = 200 А. Определить величину силы $\boldsymbol{F}$, действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки расположена от него на расстоянии, равном ее длине.

3.4. Электрон прошел ускоряющую разность потенциалов U = 800 В и, влетев в однородное магнитное поле B = 47 мТл, стал двигаться по винтовой линии с шагом h = 6см. Определить радиус винтовой линии.

3.5. Альфа-частица влетела в скрещенные под прямым углом магнитное (B =30 кВ/м) и электрическое (E =30 кВ/м) поля. Определить ускорение частицы в момент вхождения в область скрещенных полей, если вектор ее скорости перпендикулярен векторам $\boldsymbol{B}$ и $\boldsymbol{E}$, причем силы, действующие со стороны этих полей, противонаправлены. Скорость V = 2 Мм/с.

3.6. Круговой проводящий контур радиусом r = 5 см и током I = 1 А находится в магнитном поле, причем плоскость контура перпендикулярна линиям вектора напряженности поля (H = 10 кА/м). Определите работу, которую необходимо совершить, чтобы повернуть контур на 90° вокруг оси, совпадающей с диаметром контура.

3.7. В проволочное кольцо, присоединенное к баллистическому гальванометру, вставили прямой магнит. При этом по цепи прошел заряд Q = 50 мкКл. Определить изменение магнитного потока через коль-

цо, если сопротивление цепи гальванометра равно 10 Ом.

3.8. Имеется катушка индуктивностью L = 0,1 Гн с активным сопротивлением R = 0,8 Ом. Определите, во сколько раз уменьшится сила тока в катушке через 30 мс, если источник тока отключить и катушку замкнуть накоротко.

Вариант 4

4.1. Электрон в возбужденном атоме водорода движется вокруг ядра по окружности радиуса 0,2 нм. Вычислить силу эквивалентного тока и индукцию создаваемого магнитного поля в центре окружности.

4.2. По бесконечно длинному проводу, изогнутому так, как это показано на рис. 4, течет ток I = 200 А. Определить магнитную индукцию B в точке O. Радиус дуги R =10 см.

4.3. Короткая катушка площадью поперечного сечения S = 250 см^2, содержащая N = 500 витков провода, по которому течет ток I = 5 А, помещена в однородное магнитное поле напряженностью H = 1 кА/м. Найти: 1) магнитный момент катушки; 2) вращающий момент M, действующий на катушку, если ось катушки составляет угол 30° с линиями поля.

4.4. Протон движется по окружности радиусом R = 0,5 см с линейной скоростью V = 1 Мм/с. Определить магнитный момент $p_м$, создаваемый эквивалентным круговым током.

4.5. Альфа-частица прошла ускоряющую разность потенциалов U =300 В и, попав в однородное магнитное поле, стала двигаться по винтовой линии радиусом R =1 см и шагом h = 6,5 см. Определить магнитную индукцию B поля.

4.6. Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов U = 1,2 кВ, попал в скрещенные под прямым углом однородные магнитное и электрическое поля, и движется прямолинейно. Определить напряженность E электрического поля, если магнитная индукция B = 6 мТл.

4.7. Круговая рамка с током (S = 15 см^2) закреплена параллельно линиям индукции манитного поля (B = 0,1 Тл), и на нее действует вращающий момент M = 0,45 мН·м. Определите силу тока, текущего по рамке.

4.8. Определите, через сколько времени сила тока замыкания достигнет 0,95 предельного значения, если источник тока замыкают на катушку сопротивлением R = 12 Ом и индуктивностью L = 0,5 Гн.

Вариант 5

5.1. Определить максимальную магнитную индукцию поля, созда-

ваемого электроном, движущимся прямолинейно со скоростью 10 Мм/с, в точке, отстоящей от траектории на расстояние 1 нм.

5.2. По тонкому кольцу радиусом R = 20 см течет ток I = 100 А. Определить магнитную индукцию B на оси кольца в точке A (рис. 5). Угол $\beta = 60°$.

5.3. Тонкий провод длиной 20 см изогнут в виде полукольца и помещен в магнитное поле (B =10 мТл) так, что площадь полукольца перпендикулярна линии магнитной индукции. По проводу пропустили ток I =50 А. Определить величину силы, действующей на провод. Подводящие провода направлены вдоль линии магнитной индукции.

5.4. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов U = 100 В и, влетев в однородное магнитное поле (B = 0,1 Тл), стала двигаться по винтовой линии с шагом h = 6.4 см и радиусом R = 1 см. Определить отношение заряда частицы к ее массе.

5.5. Однородные магнитное (B = 2,5 мТл) и электрическое (E =10 кВ/м) поля скрещены под прямым углом. Электрон, скорость которого равна 4 Мм/с, влетает в эти поля так, что силы, действующие на него со стороны магнитного и электрического полей, сонаправлены. Определить ускорение электрона в момент влета в скрещенные поля.

5.6. Квадратный контур со стороной a = 10 см, в котором течет ток I = 6 А, находится в магнитном поле (B = 0,8 Тл) под углом 50° к линиям индукции. Какую работу нужно совершить, чтобы при неизменной силе тока в контуре изменить его форму на окружность?

5.7. Рамка из провода сопротивлением R = 0,004 Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле (B = 0,6 Тл). Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки S = 200 см^2. Определить заряд Q, который протечет по рамке при изменении угла между нормалью к рамке и линиями индукции от 45 до 90 градусов.

5.8. Соленоид содержит 800 витков. Сечение сердечника (из немагнитного материала) S = 10 см^2. По обмотке течет ток, создающий поле с индукцией B = 8 мТл. Определить среднее значение ЭДС $\langle E_s \rangle$ самоиндукции, которая возникает на зажимах соленоида, если сила тока уменьшается практически до нуля за время Δt = 0,8 мс.

Вариант 6

6.1. На расстоянии 10 нм от траектории прямолинейно движущегося электрона максимальное значение магнитной индукции равно 160 мкТл. Определите скорость электрона.

6.2. По двум бесконечно длинным проводам, скрещенным под прямым углом, текут токи I_1 = 100А и I_2 = 200 А. Определить магнитную

индукцию ***B*** в точке *A*, равноудаленной от проводов на расстояние *d* = 10 см (рис. 6).

6.3. Шины генератора длиной 4 м находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Найти силу взаимодействия шин при коротком замыкании, если ток короткого замыкания равен 5 кА.

6.4. Электрон влетел в однородное магнитное поле (*B* = 200 мТл) перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определить силу эквивалентного кругового тока, создаваемого движением электрона в магнитном поле.

6.5. Однозарядный ион лития массой *m* = 7 а.е.м. прошел ускоряющую разность потенциалов *U* = 300 В и влетел в скрещенные под прямым углом однородные магнитное и электрическое поля. Определить магнитную индукцию ***B*** поля, если траектория иона в скрещенных полях прямолинейна при напряженности *E* = 2 кВ/м.

6.6. Плоский контур с током *I* = 5 А свободно установился в однородном магнитном поле (*B* = 0,4 Тл). Площадь контура $S = 200$ см^2. Поддерживая ток в контуре неизменным, его повернули относительно оси, лежащей в плоскости контура. на угол 40°. Определить совершенную при этом работу.

6.7. Проволочный виток диаметром 5 см и сопротивлением *R* = 0,2 Ом находится в однородном магнитном поле (*B* = 0,3 Тл). Плоскость витка составляет угол 40° с линиями индукции. Какой заряд протечет по витку при выключении магнитного поля?

6.8. По катушке индуктивности *L* = 8 мкГн течет ток *I* = 6 А. Определить средне значение ЭДС <*Es*> самоиндукции, которая возникает на зажимах катушки, если сила тока изменяется практически до нуля за время Δt = 5 мс.

Вариант 7

7.1. По бесконечно длинному проводу, изогнутому так, как это показано на рис. 4, течет ток *I* = 200 А. Определить магнитную индукцию *B* в точке *O*. Радиус дуги *R* =10 см.

7.2. Квадратный контур со стороной *a* = 10 см, в котором течет ток *I* = 50 А, свободно установился в однородном магнитном поле (*B* = 10 мТл). Определить изменение потенциальной энергии контура при его повороте вокруг оси, лежащей в плоскости контура, на угол 180°.

7.3. Электрон движется в атоме водорода вокруг ядра (протона) по окружности радиуса 53 пм. Определить магнитный момент эквивалентного кругового тока.

7.4. Протон прошел ускоряющую разность потенциалов *U* = 300 В и влетел в однородное магнитное поле *B* = 20 мТл под углом 30° к ли-

ниям магнитной индукции. Определить величины шага и радиуса винтовой линии, по которой будет двигаться протон в магнитном поле.

7.5. Альфа-частица, имеющая скорость $V = 2$ Мм/с, влетает под углом 30° к сонаправленым магнитному ($B = 1$ мТл) и электрическому ($E = 1$ кВ/м) полям. Определить ускорение альфа-частицы в момент ее влета в область полей.

7.6. Виток, в котором поддерживается постоянная сила тока $I = 60$ А, свободно установился в однородном магнитном поле ($B = 20$ мТл). Диаметр витка равен 10 см. Какую работу необходимо совершить, чтобы повернуть виток относительно оси, совпадающей с диаметром, на угол 60°?.

7.7. В однородное магнитное поле помещена прямоугольная рамка с подвижной стороной, длина которой равна 15 см. Определите величину ЭДС индукции, возникающей в контуре, если подвижная сторона перемещается перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью 10 м/с.

7.8. В электрической цепи, содержащей резистор сопротивлением $R = 20$ Ом и катушку индуктивности $L = 0{,}06$ Гн, течет ток $I = 20$ А. Определить силу тока в цепи через $\Delta t = 0{,}2$ мс после ее размыкания.

Вариант 8

8.1. По тонкому кольцу течет ток $I = 80$ А. Определить магнитную индукцию $\boldsymbol{B}$ в точке A, удаленной от точек кольца на расстояние $r = 10$ см (рис. 8). Угол $\alpha = \pi/6$.

8.2. Тонкое проводящее кольцо с током $I = 40$ А помещено в магнитное поле ($B = 80$ мТл). Плоскость кольца перпендикулярна линиям магнитной индукции. Радиус $R = 20$ см. Найти силу, растягивающую провод кольца.

8.3. Протон движется по окружности радиуса $R = 0{,}5$ см с линейной скоростью $V = 106$ м/с. Определить величину магнитного момента, создаваемого эвивалентным круговым током.

8.4. Альфа-частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов U, стала двигаться в однородном магнитном поле ($B = 50$ мТл) по винтовой линии с шагом $h = 5$ см и радиусом $R = 1$ см. Определить ускоряющую разность потенциалов, которую прошла альфа-частица.

8.5. Протон прошел некоторую ускоряющую разность потенциалов U и влетел в скрещенные под прямым углом однородные поля: магнитное ($B = 5$ мТл) и электрическое ($E = 20$ кВ/м). Определить разность потенциалов U, если протон в скрещенных полях движется прямолинейно.

8.6. В однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции расположен плоский контур площадью $S = 100$ см^2. Поддерживая в кон-

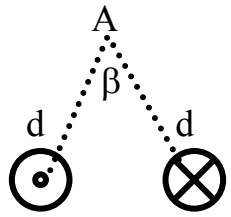
туре постоянную силу тока I = 50 А, его переместили из поля в область, где поле отсутствует. Определить магнитную индукцию B поля, если при перемещении контура была совершена работа A = 0,4 Дж.

8.7. Прямой проводящий стержень длиной l = 40 см находится в однородном магнитном поле (B = 0,1 Тл). Концы стержня замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление всей цепи R = 0,5 Ом. Какая мощность потребуется для равномерного перемещения стержня перпендикулярно линиям индукции со скоростью 10 м/с.

8.8. Цепь состоит из катушки индуктивностью L = 0,1 Гн и источника тока. Источник тока отключили, не разрывая цепи. Время, через которое сила тока уменьшилась до 0,001 первоначального значения, равно t = 0,07 с. Определить сопротивление катушки.

Вариант 9

9.1. По двум бесконечно длинным, прямым параллельным проводам текут одинаковые токи I = 60 А. Определить магнитную индукцию $\boldsymbol{B}$ в точке A, равноудаленной от проводов на расстояние d = 10 см. Угол $\beta = \pi/3$.



9.2. Квадратная рамка из тонкого провода может свободно вращаться вокруг горизонтальной оси, совпадающей с одной из сторон. Масса m рамки равна 20 г. Рамку поместили в однородное магнитное поле (B = 0,1 Тл), направленное вверх. Определить угол α, на который отклонилась рамка от вертикали, когда по ней пропустили ток I = 50 А.

9.3. Электрон в атоме водорода движется вокруг ядра (протона) по окружности радиусом R = 53 пм. Определить магнитный момент эквивалентного кругового тока.

9.4. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов U = 100 В и, влетев в однородное магнитное поле (B = 0,1 Тл), стала двигаться по винтовой линии с шагом h = 6,4 см и радиусом R = 1 см. Определить отношение заряда частицы к ее массе.

9.5. Магнитное поле (B = 2 мТл) и электрическое (E = 1,6 кВ/м) поля сонаправлены. Перпендикулярно векторам $\boldsymbol{B}$ и $\boldsymbol{E}$ влетает электрон со скоростью V = 0,8 мм/с. Определить ускорение электрона в момент его влета в область полей.

9.6. Плоский контур с током I = 50 А расположен в однородном магнитном поле (B = 0,6 Тл) так, что нормаль к контуру перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определить работу, совершаемую силами поля при медленном повороте контура вокруг оси, лежащей в

плоскости контура на угол 30°.

9.7. Проволочный контур площадью $S = 500$ см^2 и сопротивлением $R = 0{,}1$ Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле ($B = 0{,}5$ Тл). Ось вращения лежит в плоскости кольца и перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определить максимальную мощность, необходимую для вращения контура с угловой скоростью $\omega = 50$ рад/с.

9.8. Источник тока замкнули на катушку сопротивлением $R = 10$ Ом и индуктивностью $L = 0{,}2$ Гн. Через какое время сила тока в цепи достигнет 50% максимального значения?

Вариант 10

10.1. На расстоянии 10 нм от траектории прямолинейно движущегося электрона максимальное значение магнитной индукции равно 160 мкТл. Определите скорость электрона.

10.2. Бесконечно длинный провод с током $I = 50$ А изогнут под прямым углом. Определить магнитную индукцию B в точке A, лежащей на биссектрисе прямого угла на расстоянии $l = 10$ см от его вершины.

10.3. По круговому витку радиусом $R = 5$ см течет ток $I = 20$ А. Виток расположен в однородном магнитном поле ($B = 40$ мТл) так, что нормаль к плоскости контура составляет угол $\alpha = \pi/6$ с вектором $\boldsymbol{B}$. Определить изменение потенциальной энергии контура при его повороте на угол $\beta = \pi/2$ в направлении увеличения угла α.

10.4. Ион, попав в магнитное поле ($B = 0{,}01$ Тл), стал двигаться по окружности. Определить кинетическую энергию T (в эВ) иона, если магнитный момент эквивалентного кругового тока равен $1{,}6 \cdot 10^{-14}$ А·м^2.

10.5. В скрещенные под прямым углом однородные магнитное ($B = 0{,}1$ Тл) и электрическое ($E = 50$ кВ/м) поля влетел ион. При какой скорости иона (по модулю и по направлению) он будет двигаться в скрещенных полях прямолинейно?

10.6. Определить магнитный поток Φ, пронизывающий соленоид, если его длина $l = 50$ см и магнитный момент $p_м = 0{,}4$ Вб.

10.7. Кольцо из алюминиевого провода (удельное сопротивление $\rho = 26$ нОм·м) помещено в магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Диаметр кольца равен 30 см, диаметр провода равен 2 мм. Определите скорость изменения магнитного поля, если ток в кольце равен 1 А.

10.8. Источник тока замкнули на катушку сопротивлением $R = 20$ Ом. Через время $t = 0{,}1$ с сила тока в катушке достигла 0,95 предельного значения. Определите величину индуктивности L катушки.