

**НОВОСИБИРСКИЙ ГАУ  
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ**

**ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**

**СБОРНИК  
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ФИЗИКЕ**

**НОВОСИБИРСК 2016**

**НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ**

**ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**

**СБОРНИК  
ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ**

**НОВОСИБИРСК 2016**

УДК: 537(075)  
ББК 22.33, Я 73

Кафедра теоретической и прикладной физики

Составители: д.т.н., проф. С.В. Викулов,  
доц. И.М. Дзю,  
ст. преп. А.П. Минаев

Рецензент к.т.н., доц. Е.П. Матус, НГАСУ (Сибстрин)

**Электродинамика.** Сборник индивидуальных заданий по физике /Новосиб.гос.аграр. ун-т. Инженер.ин-т; сост.: С.В. Викулов, И.М.Дзю, А.П. Минаев. – Новосибирск: НГАУ, 2016. – с.

Учебное пособие содержит материал, изучаемый, согласно программе, в курсе общей физики. Предназначено для студентов, обучающихся по всем направлениям и формам обучения, реализуемым в НГАУ.

Утверждено и реализовано к изданию методическим советом Инженерного института (протокол №7, от 1 марта 2016 г.)

# 1. ОСНОВНЫЕ ЗАКОНЫ И ФОРМУЛЫ

- Магнитный момент рамки с током

$$\vec{p}_m = IS \vec{n},$$

где  $S$  – площадь контура;  $\vec{n}$  – единичный вектор, перпендикулярный к площадке.

- Вращающий момент, действующий на рамку с током в магнитном поле

$$\vec{M} = [\vec{p}_m \times \vec{B}]; \quad M = p_m B \sin \alpha,$$

где  $\alpha$  – угол между векторами.

- Связь между индукцией и напряженностью магнитного поля,

$$\vec{B} = \mu\mu_0 \vec{H}, \quad \vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu\mu_0}.$$

где  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Гн}}{\text{м}}$  – магнитная постоянная;  $\mu$  – магнитная проницаемость среды.

- Закон Био – Савара – Лапласа,

$$d\vec{B} = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I[d\vec{l} \times \vec{r}]}{r^3}; \quad dB = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{I dl \sin \alpha}{r^2},$$

где  $dB$  – магнитная индукция поля, создаваемая элементом длины  $dl$  проводника с током  $I$ ;  $r$  – радиус-вектор, проведенный от  $dl$  к точке, в которой определяется магнитная индукция;  $\alpha$  – угол между векторами  $dl$  и  $r$ .

- Магнитная индукция поля, создаваемого прямым проводником с током конечной длины

$$B = \mu\mu_0 \frac{I}{4\pi R} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2),$$

где  $R$  – расстояние от оси проводника;  $\alpha_1, \alpha_2$  – углы между проводником и радиусом-вектором, проведенным из рассматриваемой точки к концам проводника.

- Магнитная индукция поля, создаваемого бесконечно длинным прямым проводником с током

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

- Магнитная индукция в центре кругового проводника с током

$$B = \mu\mu_0 \frac{I}{2R},$$

где  $R$  – радиус кругового проводника.

- Индукция магнитного поля на оси кругового проводника с током

$$B = \mu\mu_0 \frac{R^2 I}{2(R^2 + a^2)^{3/2}},$$

где  $a$  – расстояние от точки, где ищется индукция, до плоскости контура.

- Индукция магнитного поля на оси соленоида конечной длины

$$B = \mu\mu_0 \frac{In}{2} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2),$$

где  $n = N/l$  – число витков на единицу длины;  $\alpha_1, \alpha_2$  – углы между осью соле-

ноида и радиусом-вектором, проведенным из рассматриваемой точки к концам соленоида.

- Индукция магнитного поля внутри тороида и бесконечно длинного соленоида

$$B = \mu\mu_0 In,$$

- Закон Ампера

$$d\vec{F} = I[\vec{dl} \times \vec{B}]; \quad dF = I \cdot B \cdot dl \cdot \sin\alpha,$$

где  $dF$  – сила, действующая на элемент длины  $dl$  проводника с током  $I$ , помещенный в магнитное поле с индукцией  $B$ ;  $\alpha$  – угол между векторами  $dl$  и  $B$ .

- Сила взаимодействия двух прямых бесконечных параллельных проводников с токами  $I_1$  и  $I_2$

$$dF = \frac{\mu\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{R} dl,$$

где  $R$  – расстояние между проводниками;  $dl$  – элемент проводника.

- Модуль магнитной индукции поля точечного заряда  $q$ , свободно движущегося с нерелятивистской скоростью  $v$  ( $v \ll c$ )

$$B = \frac{\mu\mu_0}{4\pi} \frac{qv}{r^2} \sin\alpha,$$

где  $r$  – радиус-вектор, проведенный от заряда до точки наблюдения,  $\alpha$  – угол между векторами  $v$  и  $r$ .

- Сила Лоренца

$$\vec{F} = q[\vec{v} \times \vec{B}]; \quad F = qvB \sin\alpha,$$

где  $F$  – сила, действующая на заряд  $q$ , движущийся в магнитном поле со скоростью  $v$ ;  $\alpha$  – угол между векторами  $v$  и  $B$ .

- Обобщенная формула Лоренца

$$\vec{F} = q\vec{E} + q[\vec{v} \times \vec{B}],$$

где  $F$  – результирующая сила, действующая на движущийся заряд  $q$ , если на него одновременно действуют электрическое поля напряженностью  $E$  и магнитное поле индукцией  $B$ .

- Магнитный поток через площадку  $dS$

$$d\Phi = B dS \cos\alpha,$$

где  $B_n = B \cos\alpha$  – проекция вектора  $B$  на направление нормали  $n$  к площадке,  $\alpha$  – угол между векторами  $B$  и  $n$ .

- Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле

$$dA = Id\Phi.$$

- Закон Фарадея (явление электромагнитной индукции)

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}.$$

- Магнитный поток, создаваемый током  $I$  в контуре с индуктивностью  $L$

$$\Phi = LI.$$

- Э.Д.С. самоиндукции

$$\mathcal{E}_c = -L \frac{dI}{dt}.$$

- Индуктивность соленоида

$$L = \mu\mu_0 n^2 V,$$

где  $n$  – число витков на единицу длины,  $V$  – объем соленоида.

- Энергия магнитного поля соленоида

$$W = \frac{1}{2} L \cdot I^2.$$

- Объемная плотность энергии магнитного поля

$$w = \frac{B^2}{2\mu\mu_0} = \frac{\mu\mu_0 H^2}{2} = \frac{BH}{2}.$$

- Дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний заряда в контуре и его решение

$$\ddot{q} + \omega_0^2 q = 0; \quad q(t) = q_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0),$$

где  $q_0$  – амплитуда колебаний заряда,  $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$  – собственная частота контура,

$T = 2\pi\sqrt{LC}$  – период собственных колебаний контура.

- Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний заряда в контуре и его решение

$$\begin{aligned} \ddot{q} + 2\beta\dot{q} + \omega_0^2 q &= 0; \\ q(t) &= q_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0); \\ \beta &= \frac{R}{2L}; \quad \omega = \sqrt{(\omega_0^2 - \beta^2)}, \end{aligned}$$

где  $\beta$  – коэффициент затухания,  $\omega$  – частота затухающих колебаний.

- Логарифмический декремент затухания

$$\theta = \ln \frac{q(t)}{q(t+T)} = \beta T = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{N},$$

где  $\tau$  – время релаксации,  $N$  – число колебаний, совершаемых за время уменьшения амплитуды в  $e$  раз.

## 2. УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

При решении задач необходимо выполнять следующее:

1. Записать столбиком данные задачи. Все величины выразить в единицах системы СИ. Выполнить чертеж или рисунок, поясняющий содержание задачи. Записать основные формулы, на которых базируется решение, дать словесную формулировку этих законов, разъяснить буквенные обозначения формул. В случае, если формула не выражает какой-нибудь физической величины, ее надо вывести.

2. Решение задачи следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями.

3. Решить задачу необходимо в общем виде, т.е. от начала и до конца решение выполняется в буквенном виде, числовые значения подставляются в окончательную рабочую формулу, выражающую искомую величину.

4. Подставить в рабочую формулу размерности величин и убедиться в правильности размерности искомой величины или ее единицы.

5. Произвести вычисление величин, подставленных в формулу, руководствуясь правилами приближения вычислений, записать в ответе числовое значение и сокращенное наименование единицы искомой величины по ГОСТу.

6. При подстановке в рабочую формулу, а также при записи ответа числовые значения величин записать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти.

### 3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

#### Вариант 1

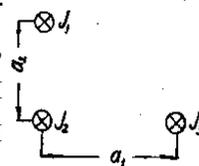
1. В вершинах равностороннего треугольника со стороной 50 см расположены два одинаково направленных прямых тока по 30 А и противоположно направленный ток 10 А. Найти напряженность поля в центре треугольника. Ответ: 17,1 А.

2. Три витка радиусами 10 см расположены параллельно на расстоянии 20 см друг от друга. По виткам текут токи по 5 А. Найти напряженность магнитного поля в точках, расположенных посередине отрезков, соединяющих центры витков. Рассмотреть ситуацию, когда два соседних тока направлены по часовой стрелке, а третий – против. Ответ: 5,4; 3,1 А/м.

3. Найти магнитный поток через «уголок», образованный двумя перпендикулярными прямоугольниками площадью 200 см<sup>2</sup> каждый, если магнитное поле индукцией  $5 \cdot 10^{-2}$  Тл составляет угол 30° с плоскостью одного из прямоугольников и 60° с плоскостью другого. Ответ:  $2,7 \cdot 10^{-3}$  Вб.

4. Замкнутый контур, изготовленный в виде квадрата со стороной 10 см, деформируют, превращая его в прямоугольник с меньшей стороной 6 см. Какая при этом совершается работа? Провода считать нерастяжимыми. Ток постоянен - 1,5 А. Магнитное поле индукцией 0,5 Тл перпендикулярно контуру. Ответ:  $1,2 \cdot 10^{-3}$  Дж.

5. Три проводника длиной 120 см каждый расположены на расстояниях  $a_1=35$  см,  $a_2=20$  см. Токи в проводниках  $J_1=30$  А,  $J_2=75$  А,  $J_3=50$  А. Определить значение и направление результирующей силы, действующей на третий проводник со стороны первого и второго проводников. Ответ:  $3,37 \cdot 10^{-3}$  Н.



6. Электрон, влетев в однородное магнитное поле индукцией 2 мТл, движется по круговой орбите радиусом 15 см. Определить магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока. Ответ:  $0,632$  нА·м<sup>2</sup>.

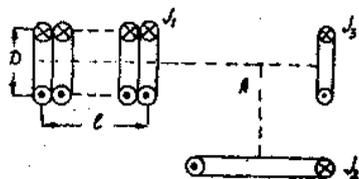
7. В магнитном поле бесконечно длинного прямого проводника с током 10 А со скоростью 2 м/с движется проводник длиной 1 м по направлению, перпендикулярному току. Во время движения проводник остается параллельным проводнику с током. Начальное расстояние между проводниками 0,01 м. Вычислить ЭДС индукции в движущемся проводнике через 2 с после начала движения. Ответ:  $10^{-6}$  В.

8. Катушка длиной 20 см и диаметром 3 см имеет 400 витков. По катушке идет ток силой 2 А. Найти индуктивность катушки и магнитный поток, пронизывающий площадь ее поперечного сечения. Ответ:  $7,1 \cdot 10^{-4}$  Гн,  $3,55 \cdot 10^{-6}$  Вб.

9. Обмотка тороида имеет 8 витков на каждый сантиметр длины (по средней линии). Вычислить объемную плотность энергии магнитного поля при силе тока 20 А. Ответ:  $160$  Дж/м<sup>3</sup>.

#### Вариант 2

1. Прямой соленоид, имеющий длину 20 см и диаметр 10 см ( $n=200$  м<sup>-1</sup>) и два круговых витка радиусами



$R_3=R_2=20$  см расположены так, как изображено на рисунке. Определить индукцию поля в точке  $A$ , если соленоид расположен от точки на расстоянии 2 см, виток с током  $J_2$  - на расстоянии 6 см и последний виток - на расстоянии 5 см. По соленоиду течет ток  $J_1=2$  А,  $J_2=100$  А,  $J_3=1$  А (число витков контура 100).

Ответ:  $3 \cdot 10^{-4}$  Тл.

2. В двух вершинах равностороннего треугольника со стороной 40 см расположены прямые токи по 20 А. Найти напряженность магнитного поля в третьей вершине. Рассмотреть случаи одинакового и противоположного направления токов.

Ответ: 13,79 А/м; 7,96 А/м.

3. Рамка, имеющая форму квадрата со стороной 10 см, находится в магнитном поле индукцией 0,3 Тл. Найти магнитный поток через рамку, если угол между вектором индукции и плоскостью рамки равен  $60^\circ$ .

Ответ:  $2,55 \cdot 10^{-3}$  Вб.

4. Замкнутый контур, изготовленный в виде окружности радиусом 5 см, деформируют, превращая его в квадрат. Найти совершаемую при этом работу, если магнитное поле перпендикулярно плоскости контура, а его индукция равна 0,4 Тл. Ток в контуре 2 А. Провода считать нерастяжимыми.

Ответ:  $1,7 \cdot 10^{-3}$  Дж.

5. Прямоугольная рамка со сторонами  $a=40$  см и  $b=30$  см расположена в одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током  $J=6$  А так, что длинные стороны рамки параллельны проводу. Сила тока в рамке  $J_1=1$  А. Определить силы, действующие на каждую из сторон рамки, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии  $c=10$  см, а ток в ней со направлен току  $J$ .

Ответ:  $F_1=4,8$  мкН;  $F_2=F_4=1,66$  мкН;  $F_3=1,2$  мкН.

6. Электрон, обладая скоростью 1 Мм/с, влетает в однородное магнитное поле под углом  $60^\circ$  к направлению поля и начинает двигаться по спирали. Напряженность магнитного поля 1,5 кА/м. Определить: 1) шаг спирали; 2) радиус витка спирали.

Ответ: 9,49 мм; 2,62 мм.

7. Кольцо из медного провода массой 10 г помещено в однородное магнитное поле индукцией 0,5 Тл так, что плоскость кольца составляет угол  $60^\circ$  с линиями магнитной индукции. Определить заряд, который пройдет по кольцу, если снять магнитное поле.

Ответ: 4,27 Кл.

8. Цепь, состоящую из катушки с сопротивлением 10 Ом и катушки индуктивностью 1 Гн, разомкнули. Через сколько времени сила тока уменьшится до 0,001 начального значения?

Ответ: 0,69 с.

9. Магнитный поток соленоида сечением  $10$  см<sup>2</sup> равен 10 мкВб. Определить объемную плотность энергии магнитного поля соленоида.

Ответ: 40 Дж/м<sup>3</sup>.

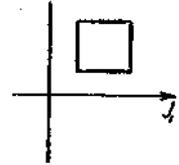
### Вариант 3

1. Два прямых тока по 10 А, расположенные по диагоналям квадрата со стороной 30 см, текут в одном направлении. Ток 20 А, помещенный в третьей вершине,

имеет противоположное направление. Найти напряженность магнитного поля в четвертой вершине квадрата. Ответ:  $0 \text{ А/м}$ .

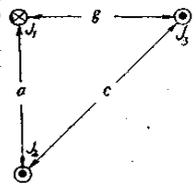
2. Два concentрических кольца радиусами  $R_1$  и  $R_2$  лежат в одной плоскости. По ним текут токи  $J$  и  $2J$  соответственно. Каким должен быть радиус внешнего кольца  $R_2$ , чтобы магнитное поле в центре равнялось нулю? Ответ:  $2R_1$ .

3. Квадратная рамка со стороной  $12 \text{ см}$  расположена в плоскости, образованной двумя проводниками с токами по  $7 \text{ А}$  в каждом. Квадрат расположен на расстоянии  $5 \text{ см}$  от проводников. Найти магнитный поток, пронизывающий квадрат. Ответ:  $3,4 \text{ Вб}$



4. Замкнутый контур площадью  $50 \text{ см}^2$  и током  $4 \text{ А}$  начал вращаться с угловым ускорением  $0,5 \text{ рад/с}^2$ . Какую работу нужно совершить к  $5$ -й секунде вращения, если поле перпендикулярно оси вращения и имеет индукцию  $0,5 \text{ Тл}$ ? Ответ:  $2 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}$ .

5. Три бесконечно длинных прямых проводника расположены параллельно друг другу согласно рисунку.  $J_1=15 \text{ А}$ ;  $J_2=20 \text{ А}$ ;  $J_3=30 \text{ А}$ ;  $a=20 \text{ см}$ ;  $b=15 \text{ см}$ ;  $c=30 \text{ см}$ . Определить силу, действующую на единицу длины третьего проводника со стороны двух других. Ответ:  $4,8 \cdot 10^{-4} \text{ Н/м}$ .



6. Электрон движется в однородном магнитном поле индукцией  $0,2 \text{ мТл}$  по винтовой линии. Определить скорость электрона, если радиус винтовой линии  $3 \text{ см}$ , а шаг  $9 \text{ см}$ . Ответ:  $1,17 \text{ Мм/с}$ .

7. В однородном магнитном поле с индукцией  $0,1 \text{ Тл}$  равномерно вращается рамка, содержащая  $1000$  витков. Площадь рамки  $150 \text{ см}^2$ . Рамка делает  $10$  об/с. Определить мгновенное значение ЭДС, соответствующее углу поворота рамки  $30^\circ$ . Ответ:  $47,1 \text{ В}$ .

8. Определить силу тока в цепи через  $0,01 \text{ с}$  после ее размыкания. Сопротивление цепи  $20 \text{ Ом}$  и индуктивность  $0,1 \text{ Гн}$ . До размыкания по цепи шел ток  $50 \text{ А}$ . Ответ:  $6,75 \text{ А}$ .

9. Соленоид имеет длину  $1 \text{ м}$  и сечение  $20 \text{ см}^2$ . При некоторой силе тока, протекающего по обмотке, в соленоиде создается магнитный поток  $80 \text{ мкВб}$ . Чему равна энергия магнитного поля соленоида? Ответ:  $1,27 \text{ Дж}$ .

#### Вариант 4

1. Четыре прямых бесконечно длинных проводника с одинаково направленными токами по  $10 \text{ А}$  расположены в вершинах квадрата со стороной  $20 \text{ см}$ . Найти напряженность поля в центре одной из сторон. Ответ:  $12,74 \text{ А/м}$ .

2. Три concentрических круговых тока радиусами  $R$ ,  $2R$  и  $3R$  лежат в одной плоскости. По ним текут токи  $3J$ ,  $2J$  и  $J$  соответственно. Найти напряженность магнит-

ного поля в центре, если два внутренних тока направлены по часовой стрелке, а внешний - против. Ответ:  $1,83/R$ .

3. С какой скоростью движется стержень в магнитном поле, перпендикулярном плоскости движения, если за  $15\text{ с}$  он пересекает поток  $1,5\text{ Вб}$ ? Длина стержня  $50\text{ см}$ . Магнитное поле имеет индукцию  $0,05\text{ Тл}$ . Направление движения перпендикулярно стержню. Ответ:  $4\text{ м/с}$ .

4. Замкнутый контур, изготовленный в виде квадрата со стороной  $8\text{ см}$ , деформируют, превращая его в окружность. Найти совершаемую при этом работу, если магнитное поле перпендикулярно плоскости контура, а его индукция равна  $0,8\text{ Тл}$ . Ток в контуре  $5\text{ А}$ . Провода считать нерастяжимыми. Ответ:  $7 \cdot 10^{-3}\text{ Дж}$ .

5. Между горизонтальными полюсами магнита на двух тонких проволочках подвешен горизонтально линейный проводник весом  $0,1\text{ Н}$  и длиной  $20\text{ см}$ . Индукция однородного магнитного поля направлена вертикально и равна  $0,25\text{ Тл}$ . Весь проводник находится в магнитном поле. На какой угол от вертикали отклонятся проволочки, поддерживающие проводник, если по нему пропустить ток силой  $2\text{ А}$ ? Весом проволочек пренебречь. Ответ:  $45^\circ$ .

6. Электрон, ускоренный разностью потенциалов  $0,5\text{ кВ}$ , движется параллельно прямолинейному длинному проводнику на расстоянии  $6,25\text{ см}$  от него. Определить силу, действующую на электрон, если через проводник пропускать ток  $10\text{ А}$ . Ответ:  $4,24\text{ Н}$ .

7. Прямой проводник длиной  $10\text{ см}$  помещен в однородное магнитное поле с индукцией  $1\text{ Тл}$ . Концы проводника замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление всей цепи  $0,4\text{ Ом}$ . Какая мощность потребуется для того, чтобы двигать проводник перпендикулярно линиям индукции со скоростью  $20\text{ м/с}$ ? Ответ:  $10\text{ Вт}$ .

8. Определить, через сколько времени сила тока замыкания достигнет  $0,95$  предельного значения, если источник тока замыкают на катушку сопротивлением  $12\text{ Ом}$  и индуктивностью  $0,5\text{ Гн}$ . Ответ:  $125\text{ мс}$ .

9. На длинный железный сердечник радиусом  $1\text{ см}$  намотан однослойный соленоид, содержащий  $10$  витков на каждый сантиметр длины. Обмотка выполнена из медного провода сечением  $1\text{ мм}^2$ . Через сколько времени в обмотке соленоида выделится количество Теплоты, равное энергии магнитного поля в сердечнике, если она подключена к источнику постоянного напряжения? Магнитная проницаемость сердечника  $\mu=400$ . Ответ:  $0,07\text{ с}$ .

### Вариант 5

1. В трех вершинах равностороннего треугольника со стороной  $0,5\text{ м}$  расположены прямые токи по  $30\text{ А}$ . Найти напряженность магнитного поля в середине одной из сторон, если один ток направлен противоположно двум другим. Рассмотреть воз-

возможные ситуации.

Ответ: 8,85 А/м; 39,15 А/м.

2. Три витка радиусами 10 см расположены параллельно на расстоянии 20 см друг от друга. По виткам текут токи по 5 А. Найти напряженность магнитного поля в точках, расположенных посередине отрезков, соединяющих центры витков. Рассмотреть ситуацию, когда два крайних тока направлены по часовой стрелке, а внутренний - против.

Ответ: 0,5 А/м.

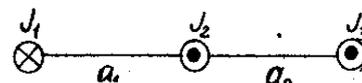
3. Магнитный поток через рамку площадью  $170 \text{ см}^2$ , находящуюся в однородном магнитном поле, меняется по закону  $\Phi(t) = 1,50 \cdot 10^{-4} \cdot \cos(0,25t) \text{ Вб}$ . Найти величину индукции магнитного поля и период обращения рамки, если магнитное поле перпендикулярно оси вращения.

Ответ:  $0,88 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$ ; 25 с.

4. Плоский контур с током 5 А свободно расположен в однородном магнитном поле ( $B = 0,4 \text{ Тл}$ ). Площадь контура  $200 \text{ см}^2$ . Определить работу, совершаемую силами поля при медленном повороте контура около оси, лежащей в плоскости контура, на угол  $30^\circ$ .

Ответ:  $5,36 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ .

5. Три проводника длиной  $\ell = 50 \text{ см}$  каждый расположены в одной плоскости. По ним проходят токи  $J_1 = 18 \text{ А}$ ,  $J_2 = 24 \text{ А}$ ,  $J_3 = 35 \text{ А}$ . Расстояние между проводниками  $a_1 = 2,5 \text{ см}$ ,  $a_2 = 2 \text{ см}$ . Определить значение и направление результирующей силы, действующей на третий проводник со стороны первого и второго проводников.



Ответ:  $5,6 \cdot 10^{-3} \text{ Н}$ .

6. Определить кинетическую энергию  $\alpha$ -частицы, вращающейся по окружности радиусом 20 см в однородном магнитном поле с периодом обращения  $10^{-12} \text{ с}$ .

Ответ:  $5,27 \cdot 10^{-3}$

7. Обмотка соленоида состоит из одного слоя плотно прилегающих друг к другу витков медного провода. Диаметр провода 0,2 мм, диаметр соленоида 5 см. По соленоиду течет ток 1 А. Определить какое количество электричества протечет через обмотку, если ее концы замкнуть накоротко.

Ответ:  $1,45 \cdot 10^4 \text{ К}$

8. Найти индуктивность катушки, имеющей 400 витков на длине 20 см. Площадь поперечного сечения катушки  $9 \text{ см}^2$ . Найти индуктивность этой катушки в том случае, если внутрь катушки введен железный сердечник. Магнитная проницаемость сердечника в условиях работы равна 400.

Ответ: 0,9 мГн; 0,38 Гн.

9. Торойд со стальным сердечником ( $\mu = 1000$ ) имеет индуктивность 0,5 Гн. Энергия магнитного поля тороида равна 5,6 Дж. Определить число витков и ток в катушке, если внешний диаметр тороида 4 см, сечение круглое диаметром 5 мм.

Ответ: 1500; 4,73 А.

### Вариант 6

1. В трех вершинах квадрата со стороной 40 см расположены прямые токи 20, 30 и 20 А, текущие в одну сторону. Найти напряженность поля в четвертой вершине.

Ответ: 19,7 А/м.

2. Два concentрических проволочных кольца расположены так, что угол между их плоскостями составляет  $60^\circ$ . Найти напряженность поля в центре, если радиусы колец 15 см, а токи направлены против часовой стрелки и равны 5 А.

Ответ: 28,8 А/м.

3. На какой угол нужно повернуть рамку в магнитном поле, чтобы поток через нее уменьшился вдвое? Первоначально поле было перпендикулярно плоскости рамки.

Ответ:  $30^\circ$ .

4. Какую работу надо совершить, чтобы внести в длинный соленоид с 1000 витками на метр и током 7 А квадратную рамку со стороной 2 см и током 3 А и поставить ее перпендикулярно полю соленоида?

Ответ:  $1,06 \cdot 10^{-5}$  Дж.

5. По прямому горизонтально расположенному проводу проходит ток  $J_1=1100$  А. Под ним находится второй, параллельный провод, по которому пропускают ток  $J_2$ . Расстояние между проводами 6 см. Определить величину тока во втором проводнике, чтобы он находился в состоянии равновесия незакрепленным, если вес 1 м проводника равен 0,2 Н.

Ответ: 54,5 А.

6. Пройдя ускоряющую разность потенциалов 2 кВ, электрон влетел в однородное магнитное поле с индукцией 1,6 мТл перпендикулярно линиям индукции поля. Определить радиус окружности, по которой будет двигаться электрон, и его момент импульса.

Ответ: 9 см;  $2,3 \cdot 10^{-24}$  кг·м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>

7. Виток из проволоки площадью  $1$  м<sup>2</sup> расположен перпендикулярно магнитному полю, индукция которого изменяется по закону  $B=0,5 \cdot (1 - e^{-t})$  Тл. Определить ЭДС индукции в витке через 3 с.

Ответ: 0,075 В.

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

Ответ: 0,23 с.

9. По соленоиду проходит ток  $J=5$  А. Соленоид имеет длину 1 м, число витков 500 и площадь поперечного сечения  $50$  см<sup>2</sup>. Найти энергию магнитного поля соленоида.

Ответ:  $1,96 \cdot 10^{-2}$  Дж.

### Вариант 7

1. На расстоянии 8 см друг от друга расположены два противоположно направленных тока по 5 А. Найти напряженность поля в точке, находящейся в 6 см от первого и 10 см от второго тока.

Ответ: 1,06 А/м.

2. В пяти вершинах правильного шестиугольника находятся одинаково направленные прямые токи по  $10\text{ А}$ . Найти напряженность магнитного поля в шестой вершине, если сторона шестиугольника  $20\text{ см}$ . Ответ:  $19,9\text{ А/м}$ .

3. Какой поток пронизывает квадратную рамку со стороной  $1\text{ м}$ , если через центр квадрата параллельно его двум сторонам течет ток  $5\text{ А}$ ? Ответ:  $0$ .

4. Найти работу по перемещению проводника с током длиной  $2,5\text{ м}$  в однородном магнитном поле индукцией  $0,5\text{ Тл}$  перпендикулярно полю на расстояние  $2\text{ м}$  со скоростью  $0,2\text{ м/с}$ . Ток изменяется от начала движения по закону  $I(t)=4e^{-2t}$ . Ответ:  $1,73\text{ Дж}$ .

5. В однородное магнитное поле, имеющее горизонтальное направление вектора напряженности ( $H=9,4\cdot 10^4\text{ А/м}$ ), внесен прямолинейный проводник длиной  $10\text{ см}$  и весом  $0,08\text{ Н}$ . Проводник подвешен на двух нитях и расположен перпендикулярно линиям поля. Определить наименьшее значение силы тока в проводнике для разрыва нитей, если каждая нить разрывается при  $F_{\text{нат}}=0,06\text{ Н}$ . Ответ:  $3,4\text{ А}$ .

6. Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $10^4\text{ В}$ , влетел в однородное магнитное поле. Определить значение индукции магнитного поля, если радиус окружности вращения  $10\text{ см}$ . Ответ:  $0,2\text{ Тл}$ .

7. К источнику тока с ЭДС  $0,5\text{ В}$  и ничтожно малым внутренним сопротивлением присоединены два металлических стержня, расположенных горизонтально и параллельно друг другу. Расстояние между стержнями  $20\text{ см}$ . Стержни находятся в однородном магнитном поле, направленном вертикально. Индукция поля  $1,5\text{ Тл}$ . По стержням скользит под действием сил поля прямолинейный проводник со скоростью  $1\text{ м/с}$ . Сопротивление проводника  $0,02\text{ Ом}$ , сопротивление стержней пренебрежимо мало. Определить: 1) ЭДС индукции; 2) силу тока в цепи. Ответ:  $0,3\text{ В}$ ;  $10\text{ А}$ .

8. Две катушки имеют взаимную индуктивность, равную  $0,005\text{ Гн}$ . В первой катушке сила тока изменяется по закону  $J=J_0\cdot \sin\omega t$ , где  $J_0=10\text{ А}$ ,  $t=0,02\text{ с}$ . Найти наибольшее значение этой ЭДС. Ответ:  $15,7\text{ В}$ .

9. Размеры соленоида изменили так, что его индуктивность увеличилась в  $2\text{ раза}$ . Ток в соленоиде уменьшили в  $2\text{ раза}$ . Как изменилась энергия магнитного поля соленоида? Ответ: уменьшилась в  $2\text{ раза}$ .

### Вариант 8

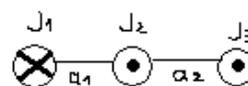
1. Три concentрических круговых тока радиусами  $R$ ,  $2R$  и  $3R$  лежат в одной плоскости. По ним текут токи  $3J$ ,  $2J$ ,  $J$  соответственно. Найти напряженность магнитного поля в центре, если крайние токи направлены по часовой стрелке, а средний - против. Ответ:  $1,17J/R$ .

2. В двух вершинах прямоугольного треугольника со сторонами 6, 8 и 10 см расположены прямые токи по 5 А. Найти напряженность поля в третьей вершине, если токи направлены в противоположные стороны и находятся в вершинах при малом катете. Ответ: 0,59 А/м.

3. Период обращения рамки в магнитном поле равен 2 с. Найти магнитный поток через рамку через 1; 1,5; 2 с после начала движения, если вначале магнитное поле было параллельно плоскости рамки и перпендикулярно оси вращения. Площадь рамки 0,02 м<sup>2</sup>. Индукция 0,1 Тл. Ответ: 0; 0,002; 0 Вб.

4. Чему равен ток в проволочном витке площадью 0,11 м<sup>2</sup>, если при его повороте в магнитном поле на угол 90° (первоначально он был ему перпендикулярен магнитному полю) совершается работа 0,5 Дж? Индукция магнитного поля 1,5 Тл. Ответ: 3 А.

5. Три проводника длиной 120 см каждый расположены друг относительно друга на расстоянии  $a_1=35$  см,  $a_2=20$  см. Токи в проводниках  $J_1=18$  А,  $J_2=24$  А,  $J_3=35$  А. Определить значение и направление результирующей силы, действующей на третий проводник со стороны первого и второго проводников. Ответ:  $1,28 \cdot 10^{-3}$  Н.



6.  $\alpha$ -частица влетела в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору индукции магнитного поля и начала вращаться по окружности радиусом 1 м с периодом  $5 \cdot 10^{-6}$  с. Определить момент импульса частицы и ее скорость. Ответ:  $8,4 \cdot 10^{-21}$  кг·м<sup>2</sup>·с<sup>-1</sup>;  $1,25 \cdot 10^6$  м/с

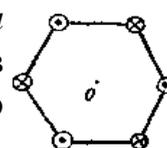
7. В однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл поступательно и равномерно движется проводник длиной 4 см со скоростью 2 м/с. Вектор скорости направлен под углом 30° к вектору индукции. Проводник при своем движении остается перпендикулярным направлению поля. Найти разность потенциалов на концах проводника. Ответ:  $4 \cdot 10^{-2}$  В.

8. Обмотка соленоида состоит из N витков медной проволоки, поперечное сечение которой 1 мм<sup>2</sup>. Длина соленоида 25 см, его сопротивление 0,2 Ом. Найти индуктивность соленоида. Ответ:  $5,5 \cdot 10^{-5}$  Гн.

9. Соленоид содержит 1000 витков. Сила тока в его обмотке 1 А, магнитный поток через поперечное сечение соленоида равен 0,1 мВб. Вычислить энергию магнитного поля. Ответ: 50 Дж.

### Вариант 9

1. В вершинах правильного шестиугольника со стороной 30 см расположены прямые токи по 20 А. Найти напряженность поля в центре шестиугольника, если токи направлены так, как показано на рисунке. Ответ: 42,5 А/м.



2. Два круговых витка радиусами 10 и 15 см расположены параллельно на расстоянии 0,5 м друг от друга. По ним текут противоположно направленные токи 20 и 5 А соответственно. Найти напряженность магнитного поля по середине отрезка, соединяющего центры витков. Ответ: 6,02 А/м.

3. На сколько изменится поток через квадратную рамку со стороной 2 см, если ее перенести с расстояния 5 см на расстояние 2 м к длинному проводнику, лежащему в плоскости квадрата, по которому течет ток 2 А? Сторона квадрата параллельна проводу. Расстояние отсчитывается от середины квадрата. Ответ:  $3,2 \cdot 10^{-9}$  Вб.

4. Замкнутый контур площадью  $100 \text{ см}^2$  расположен параллельно магнитному полю индукцией 0,1 Тл так, что индукция составляет угол  $60^\circ$  с осью вращения контура. Контур поворачивают на угол  $90^\circ$  и при этом совершается работа  $6,8 \cdot 10^3$  Дж. Какой ток течет по контуру? Ответ: 8 А.

5. Два прямолинейных длинных проводника расположены параллельно на расстоянии  $d_1 = 10$  см друг от друга. По проводникам текут токи  $J_1 = 20$  А и  $J_2 = 30$  А в одном и том же направлении. Какую работу нужно совершить (на единицу длины проводника), чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния  $d_2 = 20$  см? Ответ:  $8,3 \cdot 10^{-5}$  Дж/м.

6. Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого  $10^{-3}$  Тл, со скоростью 6000 км/с. Направление скорости составляет угол  $30^\circ$  с направлением поля. Определить радиус окружности и шаг траектории движения электрона в магнитном поле. Ответ: 1,7 см; 0,186 м.

7. Однородное магнитное поле перпендикулярно плоскости медного кольца ( $\rho = 1,75 \cdot 10^{-8}$  Ом м), имеющего диаметр 20 см и толщину 2 мм. С какой скоростью должна изменяться во времени магнитная индукция, чтобы ток в кольце равнялся 10 А? Ответ: 1,12 Тл/с.

8. Катушка, намотанная на немагнитный цилиндрический каркас, имеет 750 витков и индуктивность 25 мГн. Чтобы увеличить индуктивность катушки до 36 мГн, обмотку с катушки сняли и заменили обмоткой из более тонкой проволоки с таким расчетом, чтобы длина катушки осталась прежней. Сколько витков оказалось в катушке после перемотки? Ответ: 900.

9. Катушка обладает индуктивностью 1,2 Гн. Определить изменение энергии, запасенной в магнитном поле катушки; наведенную ЭДС при линейном изменении тока в ней от 16 до 10 А за 0,4 с; энергию магнитного поля при указанных значениях токов. Ответ: 93,6 Дж; 18 В; 153,6 Дж; 60 Дж.

1. Два прямых бесконечно длинных тока силой 20 и 30 А находятся на расстоянии 5 м друг от друга. Найти напряженность магнитного поля в точке, расположенной в 4 м от первого и в 3 м от второго тока. Ответ: 1,78 А/м.

2. Длинный прямой провод согнули так, что на нем образовалась плоская петля радиусом 5 см. Найти напряженность магнитного поля в центре петли, если ее плоскость параллельна проводу, а ток, текущий в системе, равен 2 А. Ответ: 26,37 А/м.

3. Найти зависимость от времени магнитного потока через квадратную рамку со стороной 5 см, вращающуюся в магнитном поле с частотой 5 об/с. Индукция поля 0,001 Тл. Угол между индукцией и осью вращения  $45^\circ$ . Ответ:  $\Phi = 1,7510^{-6} \cdot \cos(31,4 \cdot t)$  Вб.

4. Найти работу по перемещению проводника с током 4 А длиной 2,5 м в однородном магнитном поле индукцией 0,5 Тл перпендикулярно полю на расстояние 2 м. Ответ: 10 Дж.

5. Провод в виде тонкого полукольца радиусом 10 см находится в однородном магнитном поле с индукцией 50 мТл. По проводу течет ток силой 10 А. Найти силу, действующую на провод, если плоскость полукольца перпендикулярна линиям индукции, а проводящие провода находятся вне поля. Ответ: 0,1 Н.

6. Определить энергию протона, вращающегося в однородном магнитном поле с индукцией 100 Тл по окружности радиусом 0,5 м. Ответ:  $1,910^8$  Дж.

7. Два металлических стержня расположены вертикально и замкнуты сверху проводником. По этим стержням без трения и нарушения контакта скользит перемычка длиной 0,5 см и массой 1 г. Вся система находится в однородном магнитном поле с индукцией  $10^{-2}$  Тл, перпендикулярной плоскости рамки. Установившаяся скорость 1 м/с. Найти сопротивление перемычки. Сопротивлением стержней и провода пренебречь. Ответ:  $2,5 \cdot 10^{-7}$  Ом.

8. Соленоид сечением  $5 \text{ см}^2$  содержит 1200 витков. Индукция магнитного поля внутри соленоида при токе 2 А равна 0,01 Тл. Определить индуктивность соленоида. Ответ: 3 мГн.

9. Энергия, запасенная в магнитном поле контура, равна 1,8 Дж. Потокосцепление 0,54 Вб. Определить ток в контуре и его индуктивность. Ответ: 6,7 А;  $8 \cdot 10^{-2}$  Гн.

### Вариант 11

1. Концы четырех параллельных проводов достаточно большой длины образуют квадрат со стороной 0,2 м. По каждому проводу течет ток 20 А, причем два тока направлены в одну сторону, а два другие - в противоположную. Какова величина и направление вектора индукции магнитного поля в центре квадрата? Рассмотреть

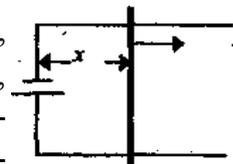
возможные ситуации расположения токов.

Ответ:  $0 \text{ Тл}; 8 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$ .

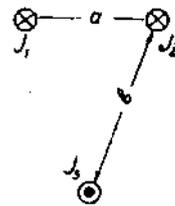
3. Даны два концентрических кольца ( $R_1=R_2=30 \text{ см}$ ) с токами  $J_1=J_2=60 \text{ А}$ . В одном случае плоскости витков параллельны, в другом - перпендикулярны. В каком из случаев магнитное поле в центре витков максимально? Чему равно отношение  $H_{\parallel}/H_{\perp}$ ?  
Ответ:  $H_{\parallel}=200 \text{ А/м}; H_{\parallel}/H_{\perp}=1,4$ .

4. Плоскость контура площадью  $0,04 \text{ м}^2$  составляет угол  $45^\circ$  с направлением индукции магнитного поля, в котором она находится. Найти магнитный поток через контур, если напряженность магнитного поля равна  $9,55 \cdot 10^3 \text{ А/м}$ . Считать, что контур находится в вакууме.  
Ответ:  $3,36 \cdot 10 \text{ Вб}$ .

4. Замкнутый контур представляет собой прямоугольник, одна из сторон которого может перемещаться без трения, как показано на рисунке. Ее длина  $1,5 \text{ м}$ . Найти работу, совершенную при перемещении скользящего контакта с расстояния  $x_1=1 \text{ м}$  до  $x_2=2 \text{ м}$  от противоположной стороны, если ток не изменяется и равен  $5 \text{ А}$ . Магнитное поле направлено под углом  $60^\circ$  к плоскости контура и равно  $1,9 \text{ Тл}$ .  
Ответ:  $12,1 \text{ Дж}$ .



5. Три бесконечно длинных прямых проводника расположены в вершинах равнобедренного треугольника, как это изображено на рисунке. Токи в проводниках:  $J_1=J_3=10 \text{ А}$ ,  $J_2=20 \text{ А}$ ;  $a=10 \text{ см}$ ,  $b=20 \text{ см}$ . Определить силу, действующую на единицу длины проводника с током  $J_3$ .  
Ответ:  $14,5 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}$ .



6. Заряженная частица с двойным элементарным зарядом, пройдя в электрическом поле разность потенциалов  $500 \text{ В}$ , приобрела импульс  $10^{-2} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$  и влетела в однородное магнитное поле с индукцией  $100 \text{ Тл}$  перпендикулярно вектору  $\mathbf{B}$ . Определить силу Лоренца, действующую на частицу.  
Ответ:  $10^{-33} \text{ Н}$ .

7. Металлическое кольцо, охватывающее площадь  $10 \text{ см}^2$ , расположено внутри соленоида, имеющего на каждом сантиметре  $5$  витков. Через соленоид пропускают ток, меняющийся по закону  $J=J_0-kt$ , где  $J_0=10 \text{ А}$ ,  $k=0,1 \text{ А/с}$ . Найти величину ЭДС индукции в витке и силу индукционного тока. Сопротивление кольца  $10^{-3} \text{ Ом}$ .  
Ответ:  $6,28 \cdot 10^{-8} \text{ В}; 6,28 \cdot 10^{-5} \text{ А}$ .

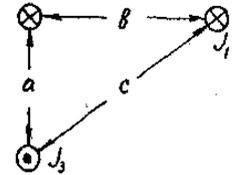
8. Катушку индуктивностью  $0,6 \text{ Гн}$  подключают к источнику тока. Определить сопротивление катушки, если за время  $3 \text{ с}$  сила тока через катушку достигает  $80\%$  предельного значения.  
Ответ:  $322 \text{ мОм}$ .

9. Обмотка электромагнита имеет сопротивление  $10 \text{ Ом}$  и индуктивность  $0,2 \text{ Гн}$  и находится под постоянным напряжением. В течение какого промежутка времени  $t$  в обмотке выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в сердечнике?  
Ответ:  $10^2 \text{ с}$ .

## Вариант 12

1. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток  $3,14 \text{ А}$ . Круговой виток расположен так, что его плоскость параллельна прямому проводу, а перпендикуляр, опущенный на него из центра витка, является нормалью к плоскости витка. По витку идет ток  $3 \text{ А}$ . Расстояние от центра витка до прямого проводника  $20 \text{ см}$ . Радиус витка  $30 \text{ см}$ . Найти индукцию магнитного поля в центре витка.  
 Ответ:  $7,02 \cdot 10^{-6} \text{ Тл}$ .

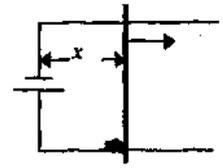
2. Три прямых тока расположены, как показано на рисунке.  $J_1=20 \text{ А}$ ,  $J_2=30 \text{ А}$ ,  $J_3=40 \text{ А}$ ,  $a=0,6 \text{ м}$ ,  $b=0,8 \text{ м}$ ,  $c=1 \text{ м}$ . Найти напряженность магнитного поля в центре гипотенузы.  
 Ответ:  $22,85 \text{ А/м}$ .



3. Какой поток пересечет за третью секунду падения с высоты  $100 \text{ м}$  стержень длиной  $1,5 \text{ м}$ ? Магнитное поле Земли  $10^{-4} \text{ Тл}$ . Индукция магнитного поля составляет с горизонтом угол  $30^\circ$ . Стержень падает горизонтально так, что его концы направлены на запад и восток соответственно.

Ответ:  $0,0057 \text{ Вб}$ .

4. Замкнутый контур представляет собой прямоугольник, одна из сторон которого может перемещаться без трения, как показано на рисунке. Ее длина  $1,5 \text{ м}$ . Найти работу, совершенную при перемещении скользящего контакта за  $5 \text{ с}$  движения со скоростью  $8 \text{ см/с}$  от противоположной стороны, если ток не изменяется и равен  $5 \text{ А}$ . Магнитное поле перпендикулярно контуру и равно  $1,9 \text{ Тл}$ .



Ответ:  $5,7 \text{ Дж}$ .

5. Контур из провода, согнутого в виде прямоугольника со сторонами  $b=40 \text{ см}$  и  $c=20 \text{ см}$ , по которому проходит ток  $J_1=3 \text{ А}$ , расположен вблизи прямолинейного бесконечно длинного проводника с током  $J_2=10 \text{ А}$  параллельно двум его меньшим сторонам. Прямолинейный проводник и контур расположены в одной плоскости. Расстояние от прямого провода до ближайшей стороны контура равно  $5 \text{ см}$ . Определить результирующую силу, действующую со стороны магнитного поля прямого проводника на контур.  
 Ответ:  $2,38 \cdot 10^{-5} \text{ Н}$ .

6. Определить радиус траектории протона, имевшего при влете в однородное магнитное поле с индукцией  $0,5 \text{ Тл}$  кинетическую энергию  $100 \text{ кэВ}$ .  
 Ответ:  $9,13 \text{ мм}$ .

7. Квадратная рамка помещена в однородное магнитное поле. Нормаль составляет с направлением магнитного поля угол  $60^\circ$ . Сторона рамки  $10 \text{ см}$ . Определить напряженность магнитного поля, если известно, что среднее значение ЭДС индукции, возникшей в рамке при выключении поля в течение  $0,01 \text{ с}$ , равно  $50 \text{ мВ}$ .  
 Ответ:  $7,96 \cdot 10^4 \text{ А/м}$ .

8. Через катушку, индуктивность которой равна  $200 \text{ мГн}$ , протекает ток, изменяющийся по закону  $J=2\cos 3t$ . Определить: максимальное значение ЭДС самоиндук-

ции.

Ответ: 1,2 В.

9. Потокосцепление самоиндукции контура, по которому проходит ток, 0,12 Вб. Энергия, запасенная в магнитном поле, равна 0,66 Дж. Определить индуктивность контура.

Ответ: 0,12 Гн.

### Вариант 13

1. Длинный прямой провод согнули так, что на нем образовалась плоская петля радиусом 10 см. По проводу течет ток 20 А. Найти напряженность магнитного поля в центре петли, если ее плоскость перпендикулярна проводу.

Ответ: 131 А/м.

2. В вершинах равностороннего треугольника со стороной 20 см расположены одинаковые токи по 20 А. Найти напряженность магнитного поля в центре треугольника, если один из токов направлен противоположно двум другим.

Ответ: 6,61 А/м.

3. По какому закону от времени должно изменяться магнитное поле Земли, чтобы падающий плашмя стержень в 1 м за любую секунду падения пересекал один и тот же магнитный поток?

Ответ:  $B = \text{const}/(2t-1)$ .

4. Какую дополнительную работу совершает источник тока, поддерживая в соленоиде ток 2 А при внесении в него железного сердечника? Площадь сечения соленоида 200 см<sup>2</sup>, витков - 2000, длина соленоида 1,2 м. Магнитную проницаемость железа считать равной 1400. Площадь поперечного сечения железного сердечника 100 см<sup>2</sup>, длина - 1,2 м.

Ответ: 234,4 Дж.

5. В одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводником с током  $J_1=5$  А расположена прямоугольная рамка с током  $J_2=1$  А. Найти силы, действующие на каждую сторону рамки со стороны поля, создаваемого прямым током, если длинная сторона  $b=20$  см параллельна прямому току и находится от него на расстоянии  $x_0=5$  см; меньшая сторона  $a=10$  см.

Ответ:  $F_1=4 \cdot 10^{-6}$  Н;  $F_3=1,3 \cdot 10^{-6}$  Н;  $F_2=F_4=1,1 \cdot 10^{-6}$  Н.

6. Протон, пройдя в однородном электрическом поле путь 40 см, влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям индукции ( $B=0,2$  Тл). Момент импульса протона равен  $2 \cdot 10^{-23}$  кг·м<sup>2</sup>/с. Определить напряженность электрического поля и период обращения протона по окружности.

Ответ: 300 В/м;  $1,64 \cdot 10^{-7}$  с.

7. Прямолинейный проводник длиной 1,5 м находится в однородном магнитном поле с индукцией 1 Тл. Проводник вращается в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля, с частотой  $150/\pi$  об/с. Определить разность потенциалов на концах проводника, если ось вращения проходит: а) через один из концов проводника; б) через середину проводника; в) на расстоянии 1/4 его длины от одного из концов.

Ответ: 33,75; 0; 16,875 В.

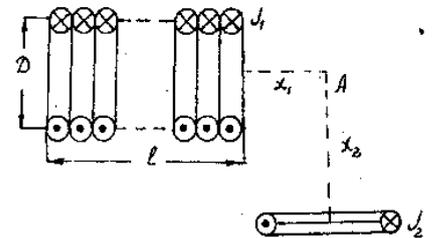
8. В соленоид длиной  $50\text{ см}$  вставлен сердечник из такого сорта железа, для которого зависимость  $B=f(H)$  неизвестна. Число витков на единицу длины равно  $400$ , площадь поперечного сечения соленоида  $10\text{ см}^2$ . Найти магнитную проницаемость сердечника при силе тока через обмотку соленоида  $5\text{ А}$ . Магнитный поток, пронизывающий соленоид,  $1,6 \cdot 10^{-3}\text{ Вб}$ . Найти индуктивность соленоида.  
 Ответ:  $640$ ;  $6,4 \cdot 10^{-2}\text{ Гн}$ .

9. Индукция магнитного поля тороида со стальным сердечником возросла от  $B_1=0,5\text{ Тл}$  до  $B_2=1\text{ Тл}$ . Найти, во сколько раз изменилась объемная плотность энергии магнитного поля.  
 Ответ: в  $6,4$  раза.

### Вариант 14

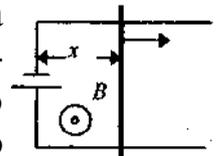
1. Три концентрических круговых тока радиусами  $10$ ,  $20$  и  $30\text{ см}$  лежат в одной плоскости. По ним текут токи  $18$ ,  $12$  и  $6\text{ А}$  соответственно. Найти напряженность магнитного поля в центре, если внутренний ток течет по часовой стрелке, а два других -против.  
 Ответ:  $50\text{ А/м}$ .

2. Прямой соленоид конечной длины  $20\text{ см}$  имеет  $200$  витков на  $1\text{ м}$  длины. По соленоиду течет ток  $J_1=2\text{ А}$ . Перпендикулярно плоскости соленоида расположен виток радиусом  $20\text{ см}$  с током  $J_2=100\text{ А}$ . Определить индукцию магнитного поля в точке  $A$  на пересечении перпендикуляров, проведенных от плоскостей витка и соленоида (см. рисунок),  $x_1=2\text{ см}$ ,  $x_2=6\text{ см}$ . Ответ:  $3,235 \cdot 10^{-4}\text{ Тл}$ .



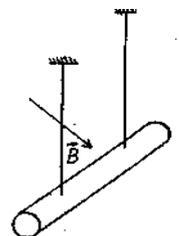
3. Квадратная рамка со стороной  $10\text{ см}$  находится посередине между двумя длинными проводниками, по которым текут токи  $1$  и  $2\text{ А}$  в одинаковых направлениях. Две стороны рамки перпендикулярны проводникам, а сама рамка лежит в плоскости проводников. Найти магнитный поток через рамку, если расстояние между проводниками  $20\text{ см}$ .  
 Ответ:  $6,6 \cdot 10^{-8}\text{ Вб}$ .

4. Замкнутый контур представляет собой прямоугольник, одна из сторон которого может перемещаться без трения, как показано на рисунке. Ее длина  $1,5\text{ м}$ . Найти работу, совершенную при перемещении скользящего контакта с расстояния  $x_1=1\text{ м}$  до  $x_2=2\text{ м}$  от противоположной стороны, если ток не изменяется и равен  $5\text{ А}$ . Магнитное поле перпендикулярно контуру и равно  $1,9\text{ Тл}$ .



Ответ:  $14,25\text{ Дж}$ .

5. Два длинных параллельных изолированных провода подвешены на шнурах длиной  $4\text{ см}$  на общую параллельную им ось. Токи в проводах равны и текут в противоположных направлениях. Линейная плотность проводов  $0,05\text{ кг/м}$ . Чему равна сила тока, если шнуры, на которых висят провода, образуют углы  $30^\circ$  с вертикалью?  
 Ответ:  $238\text{ А}$ .



6.  $\alpha$ - частицу разогнали в однородном электрическом поле с напряженностью  $1000 \text{ В/м}$  в течение  $10^{-3} \text{ с}$ . Затем она влетела в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции ( $B=1 \text{ Тл}$ ). Определить радиус окружности вращения электрона и импульс частицы. Ответ:  $1 \text{ м}; 3,2 \cdot 10^{-19} \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ .

7. Рамка из провода сопротивлением  $0,01 \text{ Ом}$  равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией  $0,05 \text{ Тл}$ . Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки  $100 \text{ см}^2$ . Определить, какое количество электричества протечет через рамку за время поворота ее на угол  $30^\circ$  в трех случаях: 1) от  $0$  до  $30^\circ$ ; 2) от  $30^\circ$  до  $60^\circ$ ; 3) от  $60^\circ$  до  $90^\circ$ . Угол взят между направлением индукции и нормалью к рамке. Ответ:  $6,75 \cdot 10^{-3}; 1,82 \cdot 10^{-2}; 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Кл}$ .

8. Имеется соленоид с железным сердечником длиной  $50 \text{ см}$ , площадью поперечного сечения  $10 \text{ см}^2$  и числом витков  $1000$ . Найти индуктивность этого соленоида, если по обмотке соленоида течет ток: 1)  $0,1 \text{ А}$ ; 2)  $0,2 \text{ А}$ ; 3)  $2 \text{ А}$ .

Ответ:  $9; 5,8; 0,83 \text{ Гн}$ .

9. Ток в катушке уменьшился с  $12$  до  $8 \text{ А}$ . При этом энергия магнитного поля катушки уменьшилась на  $2 \text{ Дж}$ . Какова индуктивность катушки и энергия ее магнитного поля в обоих случаях? Ответ:  $5 \cdot 10^{-2} \text{ Гн}; 3,6 \text{ Дж}; 1,6 \text{ Дж}$ .

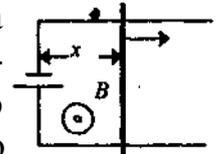
### Вариант 15

1. Кольцо с током  $J_1=10 \text{ А}$  и прямой ток  $J_2=20 \text{ А}$  лежат в одной плоскости. Радиус кольца  $10 \text{ см}$ , расстояние от его центра до прямого тока  $0,5 \text{ м}$ . Найти напряженность магнитного поля в центре кольца. Рассмотреть случаи возможного направления токов. Ответ:  $56,37 \text{ А/м}; 43,63 \text{ А/м}$ .

2. Четыре прямых бесконечно длинных проводника с одинаковыми токами расположены в вершинах квадрата со стороной  $20 \text{ см}$ . Напряженность магнитного поля в центре квадрата  $45,04 \text{ А/м}$ . Найти величину тока. Ответ:  $20 \text{ А}$ .

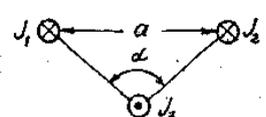
3. Из двух проволок длиной  $1,5 \text{ м}$  каждая сделаны квадрат и прямоугольник. Через какой контур магнитный поток будет больше и во сколько раз, если оба они расположены перпендикулярно однородному магнитному полю, а отношение сторон прямоугольника равно  $2$ ? Ответ: через квадрат в  $1,125$  раза.

4. Замкнутый контур представляет собой прямоугольник, одна из сторон которого может перемещаться без трения, как показано на рисунке. Ее длина  $1,5 \text{ м}$ . Найти работу, совершенную при перемещении скользящего контакта с расстояния  $x_1=1 \text{ м}$  до  $x_2=2 \text{ м}$  от противоположной стороны, если ток не изменяется и равен  $5 \text{ А}$ . Магнитное поле перпендикулярно контуру и изменяется по закону  $B(x)=1,9 \cdot e^{-0,5x}$ .



Ответ:  $6,6 \text{ Дж}$ .

5. Три бесконечно длинных прямых проводника расположены параллельно друг другу согласно рисунку.  $J_1=8 \text{ А}$ ;  $J_2=5 \text{ А}$ ;  $J_3=3 \text{ А}$ ;  $a=20 \text{ см}$ ;  $\alpha=135^\circ$ . Определить силу, действующую на единицу длины третьего проводника со стороны двух других.



Ответ:  $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ Н/м}$ .

6. Протон, влетевший в однородное магнитное поле напряженностью  $1,5 \cdot 10^4$  А/м перпендикулярно силовым линиям индукции, имел момент импульса  $2 \cdot 10^{-21}$  кгм<sup>2</sup>/с. Определить радиус окружности вращения протона и период его обращения по окружности.  
Ответ: 0,81 м;  $3,48 \cdot 10^{-6}$  с.

7. В однородном магнитном поле индукцией 0,02 Тл вокруг оси, параллельной линиям индукции, вращается тонкий однородный стержень длиной 40 см. Ось вращения перпендикулярна стержню и проходит через один из его концов. Частота вращения 10 об/с. Найти разность потенциалов между осью и серединой стержня; между серединой и свободным концом стержня.  
Ответ: -4 мВ; -12 мВ.

8. Длинный соленоид индуктивностью 4 мГн содержит 600 витков. Площадь поперечного сечения соленоида 20 см<sup>2</sup>. Определить магнитную индукцию поля внутри соленоида, если сила тока, протекающего по его обмотке, равна 6 А. Ответ: 0,02 Тл.

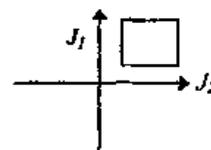
9. Энергия магнитного поля цилиндрической катушки 3,8 Дж. Определить индуктивность катушки и относительную магнитную проницаемость сердечника, если ток 6 А, число витков катушки 150, ее длина 4 см, площадь сечения 1 см<sup>2</sup>.  
Ответ: 0,212 Гн; 3000.

### Вариант 16

1. Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. По проводу течет ток силой 100 А. Вычислить магнитную индукцию в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от вершины на расстояние 100 см.  
Ответ: 482 мкТл; 82,8 мкТл.

2. Поле создано двумя параллельными круговыми витками с противоположно направленными токами по 10 А. Расстояние между витками 10 см, их радиусы 5 см. Найти напряженность магнитного поля в 5 см от центра каждого из витков.  
Ответ: 32,13 А/м; 0 А/м.

3. Квадратная рамка со стороной 12 см расположена в плоскости, образованной двумя перпендикулярными пересекающимися проводниками, так что две ее стороны параллельны проводникам и находятся на расстоянии по 5 см от них. Найти магнитный поток через рамку, если по проводникам текут токи, как показано на рисунке:  $J_1 = 5$  А,  $J_2 = 10$  А.  
Ответ:  $1,47 \cdot 10^{-7}$  Вб.



4. Какую работу нужно совершить, чтобы повернуть в магнитном поле индукцией 0,07 Тл рамку с магнитным моментом  $1,5$  А·м<sup>2</sup> на угол 45°, если первоначально вектор индукции поля был параллелен вектору магнитного момента рамки?  
Ответ: 0,0735 Дж:

5. По прямому горизонтально расположенному проводу проходит ток  $J_1 = 1200$  А. Под ним находится второй, параллельный провод, по которому пропускают ток  $J_2$ . Расстояние между проводами 7 см. Определить величину тока во втором проводнике, чтобы он находился в состоянии равновесия незакрепленным, если вес 1 м проводника равен 0,15 Н.  
Ответ: 43,75 А.

6. Электрон вращается в однородном магнитном поле с индукцией  $0,1 \text{ Тл}$  по окружности радиусом  $0,1 \text{ м}$ . Какова должна быть разность потенциалов электрического поля, чтобы после выключения магнитного поля затормозить электрон?  
Ответ:  $8,8 \cdot 10^6 \text{ В}$ .

7. В однородном магнитном поле с индукцией  $0,1 \text{ Тл}$  расположен плоский проволочный виток, площадь которого  $10^3 \text{ см}^2$ , а сопротивление  $2 \text{ Ом}$ , таким образом, что его плоскость перпендикулярна силовым линиям. Виток замкнут на гальванометр. Полный заряд, протекший через гальванометр при повороте витка,  $7,5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}$ . На какой угол повернули виток?  
Ответ:  $120^\circ$ .

8. Катушка длиной  $50 \text{ см}$  и диаметром  $5 \text{ см}$  содержит  $200$  витков. По катушке течет ток  $1 \text{ А}$ . Определить: 1) индуктивность катушки; 2) магнитный поток, пронизывающий площадь ее поперечного сечения.  
Ответ:  $197 \text{ мкГн}$ ;  $985 \text{ мВб}$ .

9. При увеличении силы тока, проходящего через соленоид с индуктивностью  $0,5 \text{ Гн}$ , в  $2$  раза энергия магнитного поля возросла на  $3 \text{ Дж}$ . Найти начальное значение силы тока и энергии поля.  
Ответ:  $2 \text{ А}$ ;  $1 \text{ Дж}$ .

### Вариант 17

1. Два круговых тока радиусами по  $1 \text{ м}$  расположены параллельно на расстоянии  $1 \text{ м}$  друг от друга. По ним в противоположные стороны текут токи  $10$  и  $5 \text{ А}$  соответственно. Найти на отрезке, соединяющем центры витков, точку, в которой магнитная индукция будет равна нулю.  
Ответ:  $0,81 \text{ м}$  от первого тока.

2. В вершинах равностороннего треугольника со стороной  $20 \text{ см}$  расположены одинаково направленные прямые токи по  $10 \text{ А}$  каждый. Найти вектор напряженности магнитного поля посередине одной из сторон. Каким станет поле, если один из токов переменит направление?  
Ответ:  $7,12 \text{ А/м}$ ;  $32,63 \text{ А/м}$ .

3. Какой магнитный поток проходит через прямоугольник со сторонами  $5$  и  $10 \text{ см}$ , если на расстоянии  $5 \text{ см}$ , параллельно одной из его длинных сторон, находится проводник - с током  $10 \text{ А}$ , а параллельно противоположной проводник с током  $5 \text{ А}$ , текущим в противоположном направлении? Проводники лежат в плоскости, образованной прямоугольником.  
Ответ:  $2,1 \cdot 10^{-7} \text{ Вб}$ .

4. Контур представляет собой квадрат со стороной  $5 \text{ см}$ , причем две стороны изготовлены из тонкой стальной растяжимой спирали с коэффициентом жесткости  $0,5 \text{ Н/м}$ . По контуру течет ток  $8 \text{ А}$ . Как сожмется квадрат, если его внести в перпендикулярное магнитное поле индукцией  $6 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ ? Ток не изменяется.  
Ответ: на  $0,96 \text{ см}$ .

5. Квадратная проволочная рамка со стороной  $0,5 \text{ м}$  расположена в одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током  $J=5 \text{ А}$  так, что две ее стороны параллельны проводу. Сила тока в рамке  $J_1=1 \text{ А}$ . Определить силу, действующую

щую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии 10 см, а ток в ней сонаправлен току  $J_1$ . Ответ: 4,17 мкН.

6. Определить радиус окружности и период обращения электрона по ней, если электрон прошел ускоряющую разность потенциалов 1000 В. Перед тем, как он влетел в магнитное поле с индукцией 10 Тл, он имел момент импульса, равный  $1,7 \cdot 10^{-23}$  кг·м<sup>2</sup>/с. Ответ: 3,26 мм;  $3,57 \cdot 10^{-10}$  с.

7. Плоский виток провода расположен перпендикулярно однородному магнитному полю. Когда виток повернулся на угол 180°, по нему прошел заряд 7,2 мКл. На какой угол повернулся виток, если по нему прошел заряд 1,8 мКл? Ответ: 60°.

8. Сколько витков проволоки диаметром 0,4 мм с изоляцией ничтожной толщины нужно намотать на картонный цилиндр диаметром 2 см, чтобы получить однослойную катушку с индуктивностью 1 мГн? Витки вплотную прилегают друг к другу. Ответ: 1000.

9. На немагнитный кольцевой каркас сечением 1 см<sup>2</sup> намотано 1200 витков. Определить индуктивность и энергию магнитного поля катушки, если по катушке проходит ток 2,5 А, а средняя ее длина равна 18,9 см. Ответ: 955 мкГн;  $2,98 \cdot 10^{-3}$  Дж.

### Вариант 18

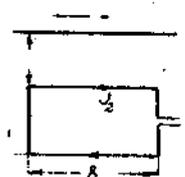
1. В трех вершинах квадрата со стороной 30 см расположены прямые токи 10, 15 и 20 А, текущие в одну сторону. Найти напряженность магнитного поля в центре квадрата. Каким оно станет, если один из токов сменит направление? Ответ: 13,53 А/м; 25,18 А/м.

2. Три concentрических круговых тока радиусами 1, 2 и 3 м лежат в одной плоскости. По ним текут токи 36, 24 и 12 А соответственно. Найти величину вектора магнитной индукции в центре, если внешний ток направлен по часовой стрелке, а два внутренних - против. Ответ: 27,6 мкТл.

3. Два контура в виде окружностей радиусами 10 и 15 см расположены перпендикулярно однородному магнитному полю. На какой угол нужно повернуть больший контур, чтобы магнитный поток через него стал равен потоку через малый? Ответ: 64°.

4. Чему равна работа при повороте рамки площадью 0,11 м с замкнутым витком проволоки с током 3 А в магнитном поле так, чтобы контур стал параллелен магнитному полю (первоначально он был ему перпендикулярен)? Индукция магнитного поля 1,5 Тл. Ответ: 0,5 Дж.

5. Под горизонтальным бесконечно длинным проводником с током  $J_1$  в одной вертикальной плоскости с ним расположена рамка с током  $J_2=1$  А. Пренебрегая массой подводящих проводников к рамке, определить, какой ток  $J_1$  должен течь по проводнику, чтобы рамка не падала, если ее масса равна 20 мг.  $a=5$  см,  $b=20$  см,  $c=5$  см. Ответ: 490 А.



6. Однозарядные ионы неона с массовыми числами 20 и 22 ( $1a.e.m.=1,66 \cdot 10^{-27}$  кг) и кинетической энергией  $6,2 \cdot 10^{-16}$  Дж влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно его линиям индукции и описав полуокружность, вылетают из поля двумя пучками. Определить расстояние между пучками, если магнитное поле находится в вакууме и его индукция 0,24 Тл. Ответ: 1,65 см.

7. Виток радиусом 5 м расположен так, что магнитное поле перпендикулярно плоскости витка. Магнитное поле возрастает прямо пропорционально во времени:  $B=kt$ , где  $k=5 \cdot 10^{-2}$  Тл/с. Определить величину индукционного тока, который потечет по витку, если его сопротивление 10 Ом. Ответ: 0,4 А.

8. В соленоиде без сердечника, содержащем 1000 витков, при увеличении силы тока магнитный поток увеличился на 1 мВб. Определить среднюю ЭДС самоиндукции, возникающую в соленоиде, если изменение силы тока произошло за 0,1 с. Ответ: 1 В.

9. Энергия магнитного поля катушки равна 12,8 Дж. Определить потокосцепление и индуктивность катушки, если ток в ней равен 6,4 А. Ответ: 4 Вб; 625 Гн.

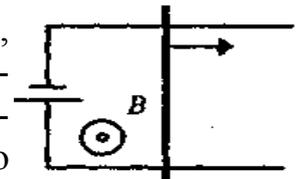
### Вариант 19

1. Два параллельных бесконечно длинных провода, по которым текут токи 60 А в одном направлении, расположены на расстоянии 10 см друг от друга. Определить индукцию магнитного поля в точке, отстоящей от одного проводника на 5 см и от другого - на 12 см. Ответ: 0,3 мТл.

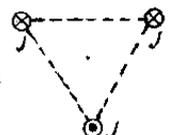
2. Виток радиусом  $a=20$  см с током  $J=20$  А расположен в одной плоскости с прямым током  $J_0=40$  А. На каком расстоянии находится прямой ток, если поле в центре витка 116 А/м? Ответ: 0,3 м.

3. Какой магнитный поток пронизывает квадратную рамку со стороной 0,5 м, находящуюся на расстоянии 1 м от длинного прямого проводника, по которому течет ток 10 А? Расстояние 1 м считать от центра квадрата. Провод лежит в плоскости рамки параллельно двум его сторонам. Ответ:  $1,1 \cdot 10^{-6}$  Вб.

4. Замкнутый контур представляет собой прямоугольник, одна сторона которого длиной 1,4 м может перемещаться без трения, как показано на рисунке. Найти дополнительную работу источника тока, совершенную за 10-ю секунду движения, по поддержанию тока 2 А в цепи, если внешнее магнитное поле индукцией 0,7 Тл перпендикулярно плоскости контура. До начала движения контур представлял собой квадрат. Масса движущейся стороны 100 г. Ответ: 521,36 Дж.



5. Три бесконечно длинных проводника расположены параллельно друг другу, как это изображено на рисунке. Два из них (верхние на



рисунке) закреплены жестко, а нижний может перемещаться. Токи в проводниках одинаковы. Чему будет равно отношение сил при перемещении проводника из нижней точки в центр? Ответ: 1.

6. Частица двигалась в однородном электрическом поле. Пройдя путь  $15\text{ см}$ , она влетела в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции ( $B=2\text{ Тл}$ ) со скоростью  $10^5\text{ м/с}$ . Период ее обращения по окружности стал равен  $10^{-5}\text{ с}$ . Определить напряженность электрического поля. Ответ:  $1,0610^5\text{ В/м}$ .

7. На соленоид длиной  $20\text{ см}$  и площадью поперечного сечения  $30\text{ см}^2$  надет проволочный виток. Соленоид имеет  $320\text{ витков}$ , и по нему идет ток  $3\text{ А}$ . Какая средняя ЭДС индуцируется в надетом на соленоид витке, когда ток в соленоиде выключается в течение  $0,001\text{ с}$ ? Ответ:  $0,018\text{ В}$ .

8. Сколько витков имеет катушка, индуктивность которой  $0,001\text{ Гн}$ , если при силе тока  $1\text{ А}$  магнитный поток сквозь катушку  $2\cdot 10^{-6}\text{ Вб}$ ? Ответ: 500.

9. Напряженность магнитного поля тороида со стальным сердечником возросла от 200 до  $800\text{ А/м}$ . Определить, во сколько раз изменилась объемная плотность энергии магнитного поля. Ответ: в  $10,5\text{ раз}$ .

### Вариант 20

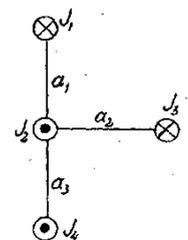
1. По бесконечно длинному прямому проводу, согнутому под углом  $120^\circ$ , течет ток  $50\text{ А}$ . Найти магнитную индукцию в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от его вершины на  $5\text{ см}$ . Ответ: 346;  $160\text{ мкТл}$ .

2. В вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника расположены прямые токи по  $20\text{ А}$ . Найти напряженность магнитного поля в центре каждой из сторон, если все токи направлены в одну сторону. Длина катета  $30\text{ см}$ . Ответ: 15,01; 3,49;  $3,49\text{ А}$

3. Прямоугольная рамка со сторонами  $10$  и  $30\text{ см}$  находится посередине между двумя длинными проводниками, по которым текут токи  $1$  и  $5\text{ А}$  в одинаковых направлениях, сама рамка лежит в плоскости проводников, большая сторона параллельна проводникам. Найти магнитный поток через рамку, если расстояние между проводниками  $20\text{ см}$ . Ответ:  $2,65\cdot 10^{-7}\text{ Вб}$ .

4. Замкнутый контур, имеющий форму окружности, превращают в «восьмерку» (две одинаковые окружности). Какую при этом совершили работу, если радиус контура был равен  $30\text{ см}$ ? Ток неизменен -  $5\text{ А}$ . Магнитное поле перпендикулярно контуру и равно  $0,4\text{ Тл}$ . Ответ:  $0,31\text{ Дж}$ .

5. Четыре прямых проводника длиной по  $100\text{ см}$  каждый расположены параллельно друг другу, как это изображено на рисунке. Токи в проводниках:  $J_1=10\text{ А}$ ,  $J_2=30\text{ А}$ ,  $J_3=40\text{ А}$ ,  $J_4=50\text{ А}$ .



Расстояния между проводниками:  $a_1=30\text{ см}$ ,  $a_2=40\text{ см}$ ,  $a_3=50\text{ см}$ . Определить значение и направление силы, действующей на проводник с током  $J_3$ .  
 Ответ:  $1,810^{-3}\text{ Н/м}$ .

6. Покоящийся в начальный момент протон ускоряется электрическим полем, напряженность которого  $E=const$ . Через  $0,02\text{ с}$  он влетает в магнитное поле, перпендикулярное электрическому, магнитная индукция которого  $10^{-8}\text{ Тл}$ . Во сколько раз нормальное ускорение протона в этот момент больше его тангенциального ускорения?  
 Ответ: 35,16.

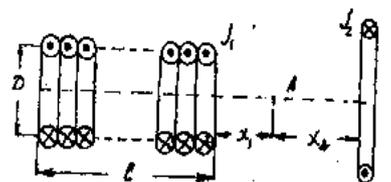
7. Рамка, имеющая 1000 витков площадью  $5\text{ см}^2$ , замкнута на гальванометр с сопротивлением  $10\text{ кОм}$ . Рамка находится в однородном магнитном поле с индукцией  $0,01\text{ Тл}$ , причем линии поля перпендикулярны ее плоскости. Какой заряд протечет по цепи гальванометра, если направление магнитного поля изменить на обратное? Можно считать, что индукция магнитного поля с течением времени изменялась равномерно.  
 Ответ:  $1\text{ мкКл}$ .

8. Катушка с железным сердечником имеет площадь поперечного сечения  $20\text{ см}^2$  и число витков, равное 500. Индуктивность катушки с сердечником равна  $0,28\text{ Гн}$  при силе тока через обмотку  $5\text{ А}$ . Найти магнитную проницаемость железного сердечника в этих условиях.  
 Ответ: 1400.

9. Индуктивность соленоида равна  $1,2\text{ Гн}$ . Сердечник соленоида стальной, имеет длину  $65\text{ мм}$  и площадь сечения  $200\text{ мм}^2$ . Определить магнитный поток соленоида, если энергия его магнитного поля равна  $85\text{ Дж}$ , а число витков 500, и относительную магнитную проницаемость сердечника.  
 Ответ:  $28,6 \cdot 10^{-3}\text{ Вб}$ ; 1240.

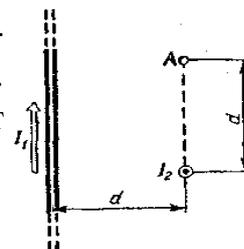
### Вариант 21

1. Прямой соленоид конечной длины  $20\text{ см}$  и диаметром  $D=10\text{ см}$  имеет 2000 витков на  $1\text{ м}$  длины. По соленоиду течет ток  $J_1=10^{-2}\text{ А}$ . По оси соленоида перпендикулярно чертежу расположен круговой виток радиусом  $R=20\text{ см}$  с током  $J_2=20\text{ А}$  на расстоянии  $x_2=10\text{ см}$  от точки  $A$ , которая находится на расстоянии  $x=2\text{ см}$  от соленоида. Определить индукцию магнитного поля в точке  $A$ .  
 Ответ:  $4,8 \cdot 10^{-5}\text{ Тл}$ .



2. По двум бесконечно длинным прямым проводам, скрещенным под прямым углом, текут токи  $J_1=100\text{ А}$  и  $J_2=200\text{ А}$ . Определить магнитную индукцию в точке  $A$ , равноудаленной от проводов на расстояние  $d=10\text{ см}$ .

Ответ:  $6 \cdot 10^{-4}\text{ Тл}$ .



3. Найти магнитный поток, пересекаемый вращающимся стержнем длиной  $50\text{ см}$  в магнитном поле, перпендикулярном плоскости вращения, за  $10\text{ с}$ . Угловая скорость вращения  $1,2\text{ рад/с}$ , индукция магнитного поля  $0,15\text{ Тл}$ . Ось вра-

щения проходит через конец стержня.

Ответ: 0,225 Вб.

4. По наклонной плоскости соскальзывает проводник с током 2 А, длиной 1,5 м со скоростью 0,5 м/с. Какая совершается работа в секунду источником по поддержанию постоянного тока в проводнике, если магнитное поле индукцией 0,3 Тл направлено вертикально, а угол наклона плоскости 30°? Ответ: 0,225 Дж.

5. По двум бесконечно длинным прямым проводам, скрещенным под прямым углом, текут токи  $J_1=100$  А и  $J_2=200$  А. Определить магнитную индукцию в точке А, равноудаленной от проводов на расстояние  $d=10$  см. Ответ:  $6 \cdot 10^{-4}$  Тл.

6. Пучок однозарядных ионов изотопа кремния с массовым числом 28 ( $1 \text{ a.e.m.} = 1,6610^{-27} \text{ кг}$ ) влетает в однородное магнитное поле с индукцией 0,18 Тл перпендикулярно линиям магнитной индукции и движется по дуге окружности радиусом 21 см. Определить кинетическую энергию ионов изотопа кремния, если их движение происходит в вакууме. Ответ: 2460 эВ.

7. Внутри соленоида, имеющего длину 50 см и число витков 300, находится металлическое кольцо, которое охватывает площадь  $5 \text{ см}^2$ . Сопротивление кольца 0,02 Ом. Плоскость кольца перпендикулярна оси соленоида. Ток в соленоиде нарастает по закону  $J=kt$ , где  $k=1$  А/с. Найти величину ЭДС индукции и индукционный ток, который потечет по кольцу. Ответ:  $1,88 \cdot 10^{-7}$  В;  $9,42 \cdot 10^{-6}$  А.

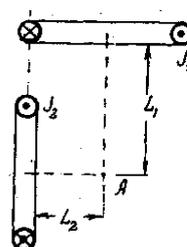
8. Имеется катушка, индуктивность которой равна 0,2 Гн и сопротивление 1,64 Ом. Найти, во сколько раз уменьшится сила тока в катушке через 0,05 с после того, как ЭДС выключена и катушка замкнута накоротко. Ответ: 1,5 раза.

9. По обмотке длинного соленоида со стальным сердечником течет ток силой 2 А. Определить объемную плотность энергии магнитного поля в сердечнике, если число витков на каждом сантиметре длины соленоида равно  $7 \text{ см}^{-1}$ . Ответ:  $840 \text{ Дж/м}^3$

### Вариант 22

1. В вершинах квадрата со стороной 20 см расположены прямые бесконечно длинные одинаковые токи. Каковы величины и направления токов, если в центре квадрата магнитная индукция  $80 \text{ мкТл}$ ? Ответ: 20 А; 28 А.

2. Два круговых витка расположены взаимно перпендикулярно, как изображено на рисунке. Токи в витках соответственно  $J_1=10$  А,  $J_2=20$  А. Определить индукцию магнитного поля в точке А на пересечении перпендикуляров, восстановленных из центров витков, если  $L_1=15$  см,  $L_2=20$  см,  $R_1=10$  см,  $R_2=15$  см. Ответ:  $2,094 \cdot 10^{-5}$  Тл.



3. Какой магнитный поток проходит через прямоугольник со сторонами 5 и 10 см, если на расстоянии 5 см, параллельно его длинной стороне, находится проводник с

током  $10\text{ A}$ , а параллельно противоположной стороне на расстоянии  $10\text{ см}$  – проводник током  $5\text{ A}$ , текущим в противоположном направлении? Проводники и прямоугольник лежат в одной плоскости.

Ответ:  $2,48 \cdot 10^{-7}\text{ Вб}$ .

4. На какой угол нужно повернуть перпендикулярный магнитному полю замкнутый контур, чтобы совершить работу  $2\text{ Дж}$ ? Площадь контура  $0,3\text{ м}^2$ . Индукция поля  $2\text{ Тл}$ . Ток в контуре  $10\text{ A}$ .

Ответ:  $70,5^\circ$ .

5. Три бесконечно длинных прямых проводника расположены параллельно друг другу согласно рисунку.  $J_1=10\text{ A}$ ;  $J_2=15\text{ A}$ ;  $J_3=8\text{ A}$ ;  $a=3\text{ см}$ ;  $b=4\text{ см}$ ;  $c=5\text{ см}$ . Определить силу, действующую на единицу длины третьего проводника со стороны двух других.

Ответ:  $6,6 \cdot 10^{-4}\text{ Н/м}$ .

6. Положительно заряженная частица влетает в одинаково направленные, перпендикулярно ее скорости, однородные магнитное и электрическое поля. Определить, под каким углом к полям будет направлено ее ускорение, если скорость частицы  $10^3\text{ м/с}$ , индукция магнитного поля  $5 \cdot 10^{-2}\text{ Тл}$ , напряженность электрического поля  $35\text{ В/м}$ .

Ответ:  $55^\circ$ .

7. В магнитном поле, меняющемся по закону  $B=B_0 \cos \omega t$  ( $B_0=0,1\text{ Тл}$ ;  $\omega=4\text{ с}^{-1}$ ), помещена квадратная рамка со стороной  $50\text{ см}$ , причем нормаль к рамке образует с направлением поля угол  $45^\circ$ . Определить ЭДС индукции, возникающую в рамке через  $5\text{ с}$ .

Ответ:  $64\text{ мВ}$ .

8. Определить индуктивность катушки, если при изменении силы тока от  $5$  до  $10\text{ A}$  за  $0,1\text{ с}$  в ней возникает ЭДС самоиндукции  $10\text{ В}$ .

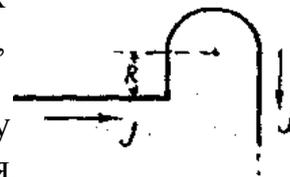
Ответ:  $0,2\text{ Гн}$ .

9. Энергия магнитного поля контура изменилась на  $0,8\text{ Дж}$  при изменении тока в нем от  $3$  до  $6,5\text{ A}$ . Определить время изменения тока и индуктивность контура, если ЭДС самоиндукции  $340\text{ мВ}$ .

Ответ:  $0,5\text{ с}$ ;  $48,5\text{ мГн}$ .

### Вариант 23

1. Проводник, изображенный на рисунке, состоит из четырех участков: два из них полубесконечные прямые проводники, участок прямого проводника длиной  $R=10\text{ см}$  и проводник в виде полуокружности того же радиуса. По проводнику течет ток  $J=1\text{ A}$ . Определить напряженность магнитного поля в центре полуокружности.



Ответ:  $3,6\text{ А/м}$ .

2. На непроводящий шар радиусом  $0,5\text{ м}$  намотаны три витка проволоки так, что угол между плоскостями соседних витков составляет  $60^\circ$ . Найти напряженность магнитного поля в центре шара, если токи в витках текут по часовой стрелке, а их величина  $30\text{ A}$ .

Ответ:  $60\text{ А/м}$ .

3. Какой магнитный поток пронизывает квадратную рамку со стороной  $0,5\text{ м}$ ,

находящуюся на расстоянии  $0,75 \text{ м}$  от длинного прямого проводника с током  $10 \text{ А}$ ? Провод лежит в плоскости рамки параллельно двум его сторонам. Ответ:  $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ Вб}$ .

4. Сколько ампер-витков содержит тонкая катушка площадью  $140 \text{ см}^2$ , если за половину оборота в магнитном поле индукцией  $1,1 \text{ Тл}$  совершается работа  $1 \text{ Дж}$ ? Ось вращения перпендикулярна магнитному полю, проходит через центр катушки и лежит с ней в одной плоскости. Ответ:  $32,47$ .

5. По прямому горизонтально расположенному проводу проходит ток  $J_1=1000 \text{ А}$ . Под ним находится второй, параллельный провод, по которому пропускают ток  $J_2$ . Расстояние между проводами  $d=5 \text{ см}$ . Определить величину тока во втором проводнике, чтобы он находился в состоянии равновесия незакрепленным, если вес  $1 \text{ м}$  проводника равен  $0,1 \text{ Н}$ . Ответ:  $25 \text{ А}$ .

6. Протон, прошедший ускоряющую разность потенциалов  $600 \text{ В}$ , влетает в однородное магнитное поле индукцией  $0,3 \text{ Тл}$  и движется по окружности. Найти радиус окружности. Ответ:  $\gg 12 \text{ мм}$ .

7. В однородном магнитном поле с индукцией  $0,2 \text{ Тл}$  равномерно вращается катушка, содержащая  $600$  витков, с частотой  $6 \text{ с}^{-1}$ . Площадь поперечного сечения катушки  $100 \text{ см}^2$ . Ось вращения перпендикулярна оси катушки и направлению магнитного поля. Определить максимальную ЭДС индукции вращающейся катушки. Ответ:  $45,2 \text{ В}$ .

8. Имеется катушка длиной  $20 \text{ см}$  и диаметром  $2 \text{ см}$ . Обмотка катушки состоит из  $200$  витков медной проволоки, площадь поперечного сечения которой  $1 \text{ мм}^2$ . Катушка включена в цепь с некоторой ЭДС. При помощи переключателя источник тока выключается, и катушка замыкается накоротко. Через сколько времени после выключения ЭДС сила тока в цепи уменьшится в два раза? Ответ:  $2,5 \cdot 10^{-4} \text{ с}$ .

9. Соленоид с сердечником из немагнитного материала содержит  $1200$  витков провода, плотно прилегающих друг к другу. При силе тока  $4 \text{ А}$  магнитный поток  $6 \text{ мкВб}$ . Определить индуктивность соленоида и энергию магнитного поля соленоида. Ответ:  $1,8 \text{ мГн}$ ;  $14,4 \text{ мДж}$ .

#### Вариант 24

1. Проводник, изображенный на рисунке, состоит из четырех участков: два из них полубесконечные прямые проводники, участок прямого проводника длиной  $R=10 \text{ см}$  и проводник в виде дуги окружности того же радиуса (четвертая часть круга). По проводнику течет ток  $J=1 \text{ А}$ . Определить напряженность магнитного поля в центре полуокружности. Ответ:  $2,36 \text{ А/м}$ .

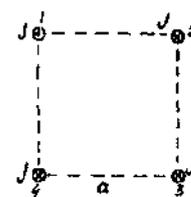
2. Два концентрических кольца лежат в одной плоскости. По внешнему кольцу радиусом  $1 \text{ м}$  течет ток в два раза больший, чем ток внутреннего кольца. Как должны

быть, направлены токи и каков радиус внутреннего кольца, если магнитное поле в центре равно нулю? Ответ: 0,5 м.

3. Из двух проволок длиной по 0,5 м каждая сделаны два контура: в виде окружности и квадрата. На сколько нужно изменить магнитное поле через квадрат, чтобы магнитный поток через него стал равен потоку через окружность? Индукция поля, пронизывающего окружность, равна 0,3 Тл. Оба контура перпендикулярны полю. Ответ: 0,082 Тл.

4. Катушка, состоящая из 150 витков радиусом 5 см с током 10 А, поворачивается в магнитном поле индукцией 1,5 Тл на 30°. Найти работу, совершаемую при этом, если первоначально магнитное поле было параллельно оси симметрии катушки. Ответ: 8,83 Дж.

5. Четыре прямолинейных длинных проводника расположены параллельно друг другу в вершинах квадрата, как это изображено на рисунке. Все токи равны 100 А, сторона квадрата 10 см. Найти силу, действующую на единицу длины четвертого проводника. Ответ:  $3,16 \cdot 10^{-2}$  Н/м.



6. Частица, имеющая заряд электрона, влетает в однородное магнитное поле под углом 45° к линиям магнитной индукции и движется по винтовой линии с шагом 2 см. Определить импульс частицы, если индукция поля равна  $10^{-2}$  Тл. Ответ:  $7,2 \cdot 10^{-24}$  кг·м/с.

7. В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл расположена прямоугольная рамка  $abcd$ , подвижная сторона которой  $ad$  длиной 0,1 м перемещается со скоростью 25 м/с перпендикулярно линиям индукции поля. Определить ЭДС индукции, возникающую в контуре  $abcd$ . Ответ: 25 мВ.

8. Две длинные катушки намотаны на общий сердечник, индуктивности этих катушек 0,64 и 0,04 Гн. Определить, во сколько раз число витков первой катушки больше, чем второй. Ответ: в 4 раза.

9. Тороида диаметром (по средней линии) 40 см и площадью сечения  $10 \text{ см}^2$  содержит 1200 витков. Вычислить энергию магнитного поля тороида при силе тока 10 А. Ответ:  $7,2 \cdot 10^{-3}$  Дж.

### Вариант 25

1. Проводник, изображенный на рисунке, состоит из трех участков: два из них полубесконечные прямые проводники и проводник в виде дуги окружности радиусом 10 см; плоскость круга перпендикулярна прямым проводникам и составляет третью часть круга ( $\alpha=120^\circ$ ). По проводнику течет ток  $J=1$  А. Определить напряженность магнитного поля в центре окружности. Ответ: 1,85 А/м.



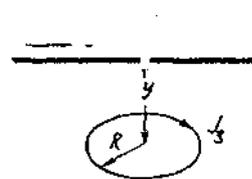
2. Длинный провод с током  $20\text{ А}$  находится на одинаковом расстоянии  $20\text{ см}$  от двух параллельных круговых витков с токами по  $30\text{ А}$ . Найти вектор индукции в центре витков, если токи в витках направлены одинаково. Радиусы витков равны  $30\text{ см}$ .  
 Ответ:  $0,1\text{ мТл}$ .

3. Стержень длиной  $30\text{ см}$  начал вращаться с угловым ускорением  $0,5\text{ рад/с}^2$  в однородном магнитном поле с индукцией  $0,5\text{ Тл}$ , которое составляет угол  $30^\circ$  с осью вращения стержня. Найти суммарный магнитный поток, который пересек стержень к концу  $5\text{-й секунды}$  вращения. Ось вращения проходит через один из концов стержня.  
 Ответ:  $0,12\text{ В}$

4. Какую работу нужно затратить, чтобы повернуть расположенный перпендикулярно магнитному полю замкнутый контур на угол  $240^\circ$ ? Площадь контура  $0,3\text{ м}^2$ . Индукция поля  $2\text{ Тл}$ . Ток в контуре  $10\text{ А}$ .

Ответ:  $2\text{ Дж}$ .

5. Круговой виток радиусом  $10\text{ см}$  и током  $J_1=100\text{ А}$  и два бесконечно длинных прямых проводника расположены так, как это изображено на рисунке. Токи в проводниках:  $J_2=10\text{ А}$ ,  $J_3=100\text{ А}$ .  $x=20\text{ см}$ ,  $y=20\text{ см}$ . Определить силу, действующую на  $1\text{ см}$  второго проводника, если считать, что в пределах этого участка напряженность поля не меняется.



Ответ:  $9,72 \cdot 10^{-6}\text{ Н}$ .

6. Электрон, имеющий скорость  $8 \cdot 10^6\text{ м/с}$ , влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $3,14 \cdot 10^{-2}\text{ Тл}$  под углом  $30^\circ$  к ее направлению. Определить радиус и шаг винтовой линии, по которой будет двигаться далее электрон.

Ответ:  $78,76 \cdot 10^{-4}\text{ м}$ ;  $7,25 \cdot 10^{-4}\text{ м}$ .

7. Соленоид содержит  $1000$  витков. Сечение сердечника  $10\text{ см}^2$ . По обмотке течет ток, создающий поле с индукцией  $1,5\text{ Тл}$ . Найти среднее значение ЭДС, которая возникнет на зажимах соленоида, если ток уменьшится до нуля за время  $5 \cdot 10^{-4}\text{ с}$ .

Ответ:  $3000\text{ В}$ .

8. Имеется катушка, индуктивность которой равна  $0,2\text{ Гн}$ , сопротивление  $1,64\text{ Ом}$ . Найти, во сколько раз уменьшится сила тока в катушке через  $0,05\text{ с}$  после того, как ЭДС выключена и катушка замкнута накоротко.

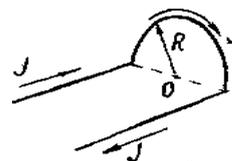
Ответ: в  $1,5$  раз

9. Соленоид содержит  $800$  витков. При силе тока  $1\text{ А}$  магнитный поток  $0,1\text{ мВб}$ . Определить энергию магнитного поля соленоида.

Ответ:  $0,04\text{ Дж}$

### Вариант 26

1. Проводник, изображенный на рисунке, состоит из трех участков: два из них полу бесконечные прямые проводники и проводник в виде дуги окружности радиусом  $10\text{ см}$ ; плос-



кость круга перпендикулярна прямым проводникам и составляет половину окружности. По проводнику течет ток  $J=1$  А. Определить напряженность магнитного поля в центре окружности. Ответ:  $2,96$  А/м.

2. В трех вершинах равностороннего прямоугольного треугольника со стороной  $0,5$  м расположены одинаково направленные прямые токи  $30$ ,  $20$  и  $10$  А. Найти вектор магнитной индукции в центре диагонали. Ответ:  $1,6 \cdot 10^5$  Тл.

3. Найти максимальный магнитный поток через рамку, вращающуюся в магнитном поле индукцией  $0,08$  Тл, направленном под углом  $60^\circ$  к оси вращения. Площадь рамки  $50$  см<sup>2</sup>. Ответ:  $3,4 \cdot 10^{-4}$  Вб.

4. По рамке течет ток  $40$  А. Для того, чтобы убрать ее из магнитного поля индукцией  $0,2$  Тл (вектор индукции перпендикулярен плоскости рамки), нужно совершить работу  $0,4$  Дж. Определить площадь рамки. Ответ:  $0,05$  м<sup>2</sup>.

5. Бесконечно длинный прямой проводник с током  $J_1=50$  А имеет петлю радиусом  $10$  см. Через центр петли вдоль ее плоскости и параллельно прямому проводнику проходит второй прямой проводник с током  $J_2=10$  А. Определить величину силы, действующей на  $1$  см участка второго проводника, на участке, прилегающем к центру петли, если считать, что в пределах этого участка напряженность магнитного поля не меняется. Ответ:  $4,14 \cdot 10^{-5}$  Н.

6. Электрон, пройдя в однородном электрическом поле с напряженностью  $1000$  В/м расстояние  $10$  см, влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям ( $B=0,1$  Тл). Определить радиус орбиты электрона. Ответ:  $3,37 \cdot 10^{-4}$  м.

7. Проволочная рамка расположена перпендикулярно магнитному полю, индукция которого изменяется по закону  $B=B_0(1+e^{kt})$  где  $B=0,5$  Тл,  $k=1$  с<sup>-1</sup>. Определить величину ЭДС, индуцируемой в рамке в момент времени  $t=2,3$  с. Площадь рамки  $4 \cdot 10^{-2}$  м<sup>2</sup>. Ответ:  $0,196$  В.

8. Площадь поперечного сечения соленоида с железным сердечником равна  $10$  см<sup>2</sup>. Найти магнитную проницаемость материала сердечника при таких условиях, когда магнитный поток, пронизывающий площадь поперечного сечения соленоида, равен  $1,4 \cdot 10^{-3}$  Вб. Найти, какой силе тока, текущего через соленоид, соответствует этот магнитный поток, если известно, что индуктивность соленоида при этих условиях равна  $0,44$  Гн. Длина соленоида  $1$  м. Ответ:  $1400$ ;  $1,6$  А.

9. Найти плотность энергии магнитного поля в железном сердечнике соленоида, если напряженность намагничивающего поля равна  $1,6$  кА/м. Воспользоваться графиком  $B=f(H)$ . Ответ:  $1,1$  кДж/м<sup>3</sup>.

### Вариант 27

1. Четыре цилиндрических проводника идут параллельно друг другу,  $\oplus$   $\odot$   
 $\oplus$   $\odot$

причем центры их образуют квадрат со стороной 20 см. По каждому проводнику течет ток  $J=20$  А в направлениях, указанных на рисунке. Определить величину и направление вектора индукции магнитного поля в центре квадрата.

Ответ:  $8 \cdot 10^{-5}$  Тл.

2. Магнитное поле создается прямым током  $J_1=30$  А и круговым током  $J_2=15$  А, лежащим в параллельной плоскости на расстоянии 30 см от прямого тока. Найти индукцию магнитного поля в центре витка, если его радиус 15 см.

Ответ:  $6,59 \cdot 10^{-5}$  Тл.

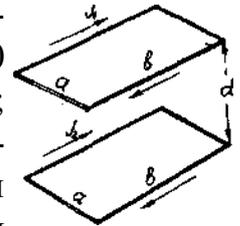
3. Стержень длиной 0,5 м горизонтально падает с высоты 100 м так, что его концы направлены на запад и восток. Определить, какой магнитный поток он пересечет за первые 2 с полета. Горизонтальная составляющая магнитного поля Земли  $0,5 \cdot 10^{-4}$  Тл.

Ответ: 0,0005 Вб.

4. В однородное магнитное поле с напряженностью  $7,95 \cdot 10^3$  А/м помещена квадратная рамка со стороной 4 см, имеющая 10 витков провода. Плоскость рамки составляет с направлением магнитного поля угол  $30^\circ$ . Определить работу, совершенную магнитным полем при повороте рамки к положению равновесия, если по виткам пропустить ток  $J=5$  А.

Ответ:  $4 \cdot 10^{-4}$  Дж.

5. Два прямоугольных проволочных контура расположены параллельно друг другу. По верхнему контуру течет ток  $J_1=100$  А, по второму 200 А. Размеры контуров:  $a=10$  см,  $b=20$  см; расстояние между контурами  $d=3$  см; провод контуров - медный, диаметр  $c=1$  мм. Определить ускорения, с которыми начнут перемещаться контуры в момент включения токов, если предположить, что они свободны.



Ответ:  $0,95$  м/с<sup>2</sup>.

6. 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 траектории начала и конца пути?

Ответ:  $R_1/R_2=1,41$ .

7. Какую дополнительную работу совершает источник тока в замкнутом контуре площадью  $0,1$  м<sup>2</sup>, поддерживая постоянный ток 2 А при уменьшении внешнего перпендикулярного магнитного поля с 1 до 0,2 Тл?

Ответ: 0,16 Дж.

8. Если сила тока, проходящего в некотором соленоиде, изменяется на 50 А в секунду, то на концах соленоида возникает среднее значение ЭДС самоиндукции, равное 0,08 В. Найти индуктивность соленоида.

Ответ:  $1,6 \cdot 10^{-3}$  Гн.

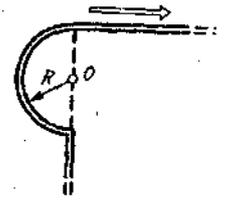
9. Обмотка тороида с немагнитным сердечником имеет 10 витков на каждый сантиметр длины. Определить плотность энергии поля, если по обмотке течет ток си-

лой 16 А.

Ответ: 161 Дж/м<sup>3</sup>.

### Вариант 28

1. Прямой бесконечный проводник был изогнут так, как это изображено на рисунке. Радиус дуги окружности равен 10 см. Определить индукцию магнитного поля, создаваемого в точке *O* током  $J=80\text{А}$ , текущим по этому проводу.



Ответ: 331 мкТл.

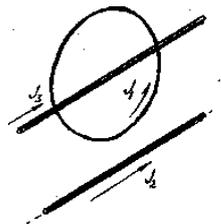
2. Три прямых тока по 20 А расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной 70 см, а прямой ток 50 А в центре. Найти напряженность магнитного поля, если два тока в вершинах направлены в одну сторону, а оставшиеся два - в противоположную. Ответ: 38,5; 38,5; 44,7 А/м.

3. Стержень вращается в магнитном поле индукцией 0,02 Тл, перпендикулярном плоскости вращения. Найти поток, пересекаемый стержнем за 1 оборот, если его длина 1 м, а ось вращения проходит через середину стержня. Ответ:  $1,57 \cdot 10^{-2}$  Тл.

4. Замкнутый контур, изготовленный в виде квадрата, деформируют, превращая его в прямоугольник с меньшей стороной 6 см, и при этом совершается работа  $9,6 \cdot 10^{-3}$  Дж. Провода считать нерастяжимыми. Ток постоянен - 1,5 А. Магнитное поле индукцией 0,5 Тл перпендикулярно контуру. Чему равна сторона квадрата?

Ответ: 10 см.

5. Круговой виток радиусом  $R=10$  см с током  $J_1=15$  А и прямой бесконечный проводник с током  $J_2=20$  А лежат в одной плоскости. Расстояние от центра витка до проводника 20 см. Через центр кругового витка в его плоскости проходит второй прямой проводник, параллельный первому, с током  $J_3=10$  А. Определить силу, действующую на 1 см проводника с током  $J_3$ , в пределах участка, лежащего около центра витка. Ответ:  $9,62 \cdot 10^{-6}$  Н.



6. Электрон и протон ускоряются электрическим полем напряженностью  $3 \cdot 10^4$  В/м, действующим на протяжении 10 см; затем они попадают в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл, действующее в плоскости, перпендикулярной электрическому полю. Определить: 1) отношение циклических частот вращения частиц в магнитном поле; 2) радиус траектории каждой частицы. Ответ:  $\omega_e/\omega_p=1,84 \cdot 10^3$ ;  $R_e=1,8510^{-5}$  м;  $R_p=7,93 \cdot 10^{-5}$  м.

7. Обмотка соленоида состоит из одного слоя плотно прилегающих друг к другу витков медного провода. Диаметр провода 0,2 мм, диаметр соленоида 5 см. По соленоиду течет ток 1 А. Определить, какое количество электричества протечет через обмотку, если концы ее замкнуть накоротко. Толщиной изоляции пренебречь. Ответ:  $1,45 \cdot 10^{-4}$  Кл.

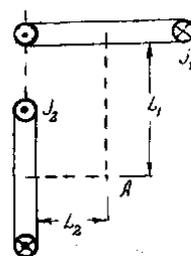
На картонный каркас длиной 50 см и площадью сечения 4 см<sup>2</sup> намотан в один слой провод диаметром 0,2 мм так, что витки плотно прилегают друг к другу. Вычислить индуктивность получившегося соленоида. Ответ: 6,28 Гн.

8. Обмотка содержит 10 витков на каждый сантиметр длины тороида. Сердечник немагнитный. При какой силе тока в обмотке тороида плотность энергии магнитного поля равна 1 Дж/м<sup>3</sup>? Ответ: 1,26 А.

### Вариант 29

1. По тонкому проводу, согнутому в виде прямоугольника со сторонами  $a=30$  см,  $b=40$  см, идет ток силой 6 А. Определить индукцию в центре симметрии фигуры. Ответ: 20 мкТл.

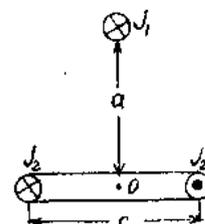
2. Два круговых витка расположены взаимно перпендикулярно, как изображено на рисунке. Токи в витках соответственно  $J_1=2$  А,  $J_2=1$  А. Определить индукцию магнитного поля в точке А на пересечении перпендикуляров, восстановленных из центров витков, если  $L=10$  см,  $L_2=15$  см,  $R_1=10$  см,  $R_2=15$  см. Ответ: 4,53 А/м



3. Тонкая катушка площадью 1 м<sup>2</sup>, имеющая 50 витков, вращается в магнитном поле с индукцией 0,2 Тл. Найти максимальное потокосцепление, если вектор индукции магнитного поля образует угол 45° с осью вращения катушки. Ответ: 7 Вб.

4. Замкнутый контур, изготовленный в виде квадрата со стороной 8 см, деформируют, превращая его в окружность. Совершенная при этом работа равна  $7 \cdot 10^{-3}$  Дж. Найти индукцию магнитного поля, если оно перпендикулярно плоскости контура, а ток в контуре 5 А. Провода считать нерастяжимыми. Ответ: 0,8 Тл.

5. Проволочная прямоугольная рамка со сторонами  $c=10$  см и  $A=20$  см расположена в горизонтальной плоскости и по ней течет ток  $J_2=20$  А. Над рамкой на расстоянии  $a=10$  см расположен бесконечный длинный прямой проводник с током  $J_1=10$  А. Определить момент сил, действующих на рамку относительно оси, проходящей через точку О. Ответ:  $6,4 \cdot 10^{-5}$  Н·м.



6. Электрон влетает в однородное магнитное поле напряженностью 16 кА/м со скоростью  $8 \cdot 10^6$  м/с. Вектор скорости составляет угол 60° с направлением линий магнитной индукции. Определить радиус и шаг винтовой линии, по которой будет двигаться электрон. Ответ: 1,96 мм; 2,84 м.

7. Круговой контур радиусом 2 см помещен в однородное магнитное поле, индукция которого 0,2 Тл. Плоскость контура перпендикулярна направлению магнитного поля, сопротивление контура 1 Ом. Какое количество электричества протекает через катушку при повороте ее на 90°? Ответ:  $2,5 \cdot 10^{-4}$  Кл.

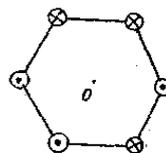
8. По соленоиду течет ток  $2\text{ А}$ . Магнитный поток, пронизывающий поперечное сечение соленоида, равен  $4 \cdot 10^{-6}\text{ Вб}$ . Определить индуктивность соленоида, если он имеет  $800$  витков. Ответ:  $1,6 \cdot 10^{-3}\text{ Гн}$ .

9. Напряженность магнитного поля замкнутого кольцевого соленоида  $798\text{ А/м}$ . Сердечник немагнитный. Сечение соленоида  $5\text{ см}^2$ , средний диаметр кольца  $40\text{ см}$ . Определить энергию магнитного поля соленоида. Ответ:  $2,5 \cdot 10^{-4}\text{ Дж}$ .

### Вариант 30

1. Напряженность магнитного поля в центре витка радиусом  $8\text{ см}$  равна  $30\text{ А/м}$ . Определить напряженность поля: а) на оси витка в точке, расположенной на расстоянии  $6\text{ см}$  от его центра; б) в центре витка, если ему придать форму квадрата, не изменяя тока в нем. Ответ:  $15,36\text{ А/м}$ ;  $69,2\text{ А/м}$ .

2. В вершинах правильного шестиугольника расположены прямые токи по  $40\text{ А}$ . Найти напряженность магнитного поля в центре шестиугольника, если длина стороны шестиугольника  $60\text{ см}$ , а направление токов указано на рисунке. Ответ:  $21,2\text{ А/м}$ .



3. Квадратная рамка находится в магнитном поле, которое перпендикулярно плоскости рамки и изменяется по закону  $B(x)=0,001 \cdot x$ . Сторона рамки  $15\text{ см}$ , а ось  $x$  направлена вдоль одной из сторон квадрата и перпендикулярна второй стороне. Найти магнитный поток, пронизывающий рамку. Ответ:  $0,16875 \cdot 10^{-3}\text{ Вб}$ .

4. Какую работу нужно совершить, чтобы рамка площадью  $0,2\text{ м}^2$  и током  $2\text{ А}$  сделала  $2,5$  оборота в магнитном поле индукцией  $0,7\text{ Тл}$ , если поле составляет угол  $30^\circ$  с осью вращения? Ответ:  $0,35\text{ Дж}$ .

5. Прямоугольная рамка со сторонами  $a=40\text{ см}$  и  $b=30\text{ см}$  расположена в одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током  $J=6\text{ А}$  так, что длинные стороны рамки параллельны проводу. Сила тока в рамке  $J_1=1\text{ А}$ . Определить силы, действующие на каждую из сторон рамки, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии  $c=10\text{ см}$ , а ток в ней сонаправлен току  $J$ . Ответ:  $F_1=4,8\text{ мкН}$ ;  $F_2=F_4=1,66\text{ мкН}$ ;  $F_3=1,2\text{ мкН}$ .

6. В однородном магнитном поле с индукцией  $0,3\text{ Тл}$  помещена прямоугольная рамка с подвижной стороной, длина которой  $15\text{ см}$ . Определить ЭДС индукции, возникающей в рамке, если ее подвижная сторона перемещается перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $10\text{ м/с}$ . Ответ:  $0,45\text{ В}$ .

7. Проволочный виток радиусом  $4\text{ см}$  и сопротивлением  $0,01\text{ Ом}$  находится в однородном магнитном поле с индукцией  $0,04\text{ Тл}$ . Плоскость рамки составляет угол  $30^\circ$  с линиями поля. Какое количество электричества протечет по

витку, если магнитное поле выключить?

Ответ: 0,01 Кл.

8. Катушка имеет сопротивление 10 Ом и индуктивность 0,144 Гн. Через сколько времени после включения в катушке установится ток, равный половине установившегося? Ответ: 0,01 с.

9. В обмотке тороида течет ток силой 0,6 А. Витки провода диаметром 0,4 мм плотно прилегают друг к другу (толщиной изоляции пренебречь). Найти энергию магнитного поля в стальном сердечнике тороида, если площадь сечения равна 4 см<sup>2</sup>, диаметр средней линии 30 см. Воспользоваться графиком  $B=f(H)$  Ответ: 324 мДж.

### Вариант 31

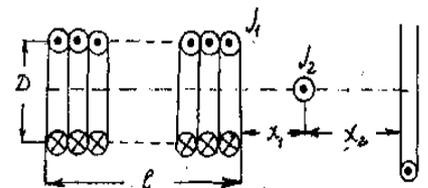
1. По бесконечно длинному проводу, изогнутому так, как показано на рисунке, течет ток  $J = 200$  А. Определить индукцию магнитного поля в точке О. Радиус дуги  $R=10$  см. Ответ:  $4,4 \cdot 10^{-4}$  Тл.

2. В двух вершинах равностороннего треугольника со стороной 0,4 м расположены одинаковые прямые токи. Найти величину токов и их направление, если поле в третьей вершине 13,8 А/м. Ответ: 20 А.

3. Какой магнитный поток пронизывает полусферу радиусом 10 см? Магнитное поле индукцией 0,1 Тл перпендикулярно основанию полусферы. Ответ:  $3,14 \cdot 10^3$  Вб.

4. Во сколько раз должны отличаться токи в двух замкнутых контурах, изготовленных из проволоки одинаковой длины, чтобы при повороте на один и тот же угол совершалась одна и та же работа, если первоначально они находились в одной плоскости? Один из контуров имеет форму окружности, другой - квадрата. Ответ: 1,27.

5. Прямой соленоид конечной длины  $\ell=20$  см и диаметром  $D=10$  см имеет 2000 витков на 1 м длины. По соленоиду течет ток  $J_1=10^2$  А. По оси соленоида перпендикулярно чертежу на расстоянии  $x_1=2$  см расположен прямой бесконечный проводник с током  $J_2=10$  А. С противоположной стороны проводника на расстоянии  $x_2=10$  см расположен круговой виток радиусом  $R=20$  см с током  $J_3=20$  А. Определить силу, действующую на 1 см прямого проводника для участка, лежащего в пределах точки на оси. Ответ:  $2,81 \cdot 10^{-6}$  Н.



6. Электрон движется в вакууме в однородном магнитном поле с напряженностью 75 А/м так, что вектор его скорости составляет угол 30° с направлением поля. Определить радиус витков траектории электрона и расстояние, пройденное им вдоль линии магнитной индукции за три витка, если скорость электрона  $2,5 \cdot 10^6$  м/с. Ответ: 6,1 см;  $7,1810^5$  м.

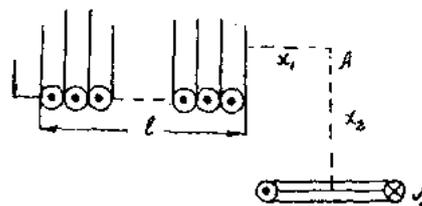
7. В однородном магнитном поле с индукцией  $0,3 \text{ Тл}$  помещена прямоугольная рамка с подвижной стороной, длина которой  $15 \text{ см}$ . Определить ЭДС индукции, возникающей в рамке, если ее подвижная сторона перемещается перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $10 \text{ м/с}$ . Ответ:  $0,45 \text{ В}$ .

8. Обмотка соленоида с железным сердечником содержит  $500 \text{ витков}$ . Длина сердечника  $50 \text{ см}$ . Как и во сколько раз изменится индуктивность соленоида, если сила тока, протекающего по обмотке, возрастает от  $0,1 \text{ А}$  до  $1 \text{ А}$ ? (См. график  $B=f(H)$ ). Ответ:  $5,8 \text{ раза}$ .

9. Напряженность магнитного поля тороида со стальным сердечником возросла от  $500$  до  $2000 \text{ А/м}$ . Определить, во сколько раз изменилась объемная плотность энергии магнитного поля. Воспользоваться графиком  $B = f(H)$ . Ответ: увеличилась в  $6,08 \text{ раза}$ .

### Вариант 32

1. Соленоид диаметром  $10 \text{ см}$  и длиной  $20 \text{ см}$  имеет  $200 \text{ витков}$  на  $1 \text{ м}$  и по нему течет ток  $2 \text{ А}$ . Перпендикулярно плоскости основания соленоида расположен проволочный виток радиусом  $20 \text{ см}$  с током  $100 \text{ А}$ . Определить индукцию магнитного поля в точке  $A$  (по рисунку), расположенной на расстоянии  $x_1=2 \text{ см}$  от соленоида по его оси и на расстоянии  $x_2=6 \text{ см}$  от витка.



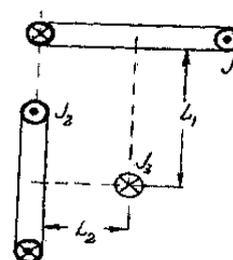
Ответ:  $3,235 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$ .

2. Магнитное поле создается прямым бесконечно длинным током  $J_1=30 \text{ А}$ , направленным вверх по оси  $Y$ , и круговым током  $J_2=15 \text{ А}$ . Радиус витка  $15 \text{ см}$ , расстояние между центром витка и прямым током  $30 \text{ см}$ . Найти напряженность магнитного поля в центре витка, если он лежит в плоскости  $YZ$ . Ответ:  $52,46 \text{ А/м}$ .

3. Квадратная рамка со стороной  $10 \text{ см}$  находится посередине между двумя длинными проводниками, по которым текут токи  $1$  и  $2 \text{ А}$  в разных направлениях. Две стороны рамки перпендикулярны проводникам, а сама рамка лежит в плоскости проводников. Найти магнитный поток через рамку, если расстояние между проводниками  $20 \text{ см}$ . Ответ:  $6,6 \cdot 10^{-8} \text{ Вб}$ .

4. Какую работу нужно совершить, чтобы рамка площадью  $120 \text{ см}^2$  с током  $5 \text{ А}$  сделала  $10 \text{ оборотов}$  в магнитном поле индукцией  $1,5 \text{ Тл}$ , если магнитное поле перпендикулярно оси вращения? Ответ:  $0,9 \text{ Дж}$ .

5. Два круговых витка расположены взаимно перпендикулярно, как изображено на рисунке. Токи в витках соответственно  $J_1=10 \text{ А}$ ,  $J_2=20 \text{ А}$ . На пересечении перпендикуляров, восстановленных из центров витков, расположен бесконечный прямой проводник с  $J_3=15 \text{ А}$ . Определить силу, действующую на  $1 \text{ см}$



этого проводника в этом месте пересечения, если  $L_1=15$  см,  $L_2=20$  см. Ответ:  $3,14 \cdot 10^{-6}$  Н.

6. Электрон движется в магнитном поле, индукция которого  $5 \cdot 10^3$  Тл, по винтовой линии радиусом 2 см с шагом 5 см. Определить энергию электрона и направление вектора скорости в начальный момент.

Ответ:  $1,64 \cdot 10^{-16}$  Дж;  $68^\circ$ .

7. В магнитном поле, индукция которого равна 0,1 Тл, помещена квадратная рамка из медной проволоки. Площадь поперечного сечения проволоки  $1$  мм<sup>2</sup>, площадь рамки  $25$  см<sup>2</sup>, нормаль к плоскости рамки направлена по силовым линиям поля. Какое количество электричества пройдет по контуру рамки при исчезновении магнитного поля?

Ответ: 0,074 Кл.

8. При помощи реостата равномерно увеличивают силу тока в катушке на 0,1 А в секунду. Индуктивность катушки  $10^2$  Гн. Найти среднее значение ЭДС самоиндукции.

Ответ: 1 мВ.

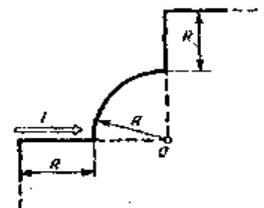
9. Индукция магнитного поля тороида со стальным сердечником возросла от 0,5 до 1,25 Тл. Найти, во сколько раз изменилась объемная плотность энергии магнитного поля. Воспользоваться графиком  $B=f(H)$ .

Ответ: увеличилась в 20 раз.

### Вариант 33

1. По бесконечно длинному проводу, изогнутому так, как показано на рисунке, течет ток  $J=200$  А. Определить магнитную индукцию в точке  $O$ , если радиус дуги равен 10 см.

Ответ:  $7,14 \cdot 10^{-4}$  Тл.



2. Прямой проводник с током 25 А и круговое кольцо с током 10 А расположены в параллельных плоскостях. Расстояние от центра кругового кольца до прямого тока 0,5 м. Найти индукцию магнитного поля в центре кольца, если его диаметр 40 см.

Ответ:  $1,8610^5$  Тл.

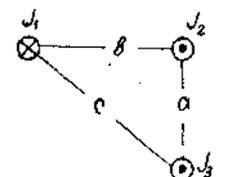
3. Магнитное поле индукцией 1,2 Тл пронизывает вращающуюся квадратную рамку и перпендикулярно оси вращения. Найти длину стороны рамки, если максимальный магнитный поток через нее равен 0,15 Вб.

Ответ: 35 см.

4. Какой магнитный момент имеет замкнутый контур, если для того, чтобы убрать его из перпендикулярного магнитного поля индукцией 0,9 Тл, нужно совершить работу 3 Дж?

Ответ:  $3,3$  А·м<sup>2</sup>.

5. Три бесконечно длинных прямых проводника расположены параллельно друг другу согласно рисунку.  $J_1=100$  А;  $J_2=50$  А;  $J_3=80$  А;  $a=3$  см;  $b=4$  см;  $c=5$  см. Определить силу, действу-



ющую на единицу длины третьего проводника со стороны двух других. Ответ:  $5,33 \cdot 10^3 \text{ Н/м}$ .

6. Покоящийся в начальный момент электрон ускоряется электрическим полем, напряженность которого  $E = \text{const}$ . Через  $0,01 \text{ с}$  он влетает в магнитное поле, перпендикулярное электрическому, магнитная индукция которого  $10^{-5} \text{ Тл}$ . Во сколько раз нормальное ускорение электрона в этот момент больше его тангенциального ускорения? Ответ: 17580.

7. В катушке длиной  $0,5 \text{ м}$ , диаметром  $5 \text{ см}$ , с числом витков 1500, ток равномерно увеличивается на  $0,2 \text{ А}$  за  $1 \text{ с}$ . На катушку надето кольцо из медной проволоки ( $\rho = 17 \text{ нОм}\cdot\text{м}$ ), его площадь сечения  $3 \text{ мм}^2$ . Определить силу тока в кольце. Ответ:  $0,166 \text{ мА}$ .

8. Обмотка электромагнита, находясь под постоянным напряжением, имеет сопротивление  $150 \text{ Ом}$  и индуктивность  $0,3 \text{ Гн}$ . Определить время, за которое в обмотке выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в сердечнике. Ответ:  $0,01 \text{ с}$ .

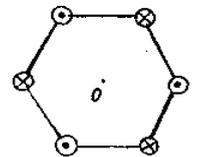
9. При некоторой силе тока плотность энергии магнитного поля соленоида (без сердечника) равна  $0,2 \text{ Дж/м}^3$ . Во сколько раз увеличится плотность энергии поля при той же силе тока, если соленоид будет иметь железный сердечник? Воспользоваться графиком  $B = f(H)$ . Ответ: в  $1,6 \cdot 10^3$  раза.

### Вариант 34

1. Поле создано двумя круговыми токами по  $30 \text{ А}$ , расположенными во взаимно перпендикулярных плоскостях. Радиусы витков  $15 \text{ см}$ . Координаты центров витков  $(0; 0,2)$  и  $(0,2; 0) \text{ м}$ . Найти напряженность поля в центре координат.

Ответ:  $30,59 \text{ А/м}$ .

2. В центре правильного шестиугольника со стороной  $0,5 \text{ м}$  расположены прямые токи по  $30 \text{ А}$ . Найти вектор магнитной индукции в центре шестиугольника, если направления токов чередуются.

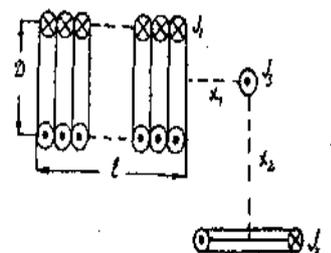


Ответ:  $0 \text{ Тл}$ .

3. Рамка площадью  $120 \text{ см}^2$  расположена перпендикулярно силовым линиям однородного магнитного поля индукцией  $0,5 \text{ Тл}$ . Найти магнитный поток, пронизывающий рамку. Ответ:  $6 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$ .

4. Какую работу надо совершить, чтобы передвинуть провод длиной  $1,5 \text{ м}$  и током  $5 \text{ А}$  вдоль бесконечного прямого тока в  $10 \text{ А}$  на расстояние  $2 \text{ м}$ ? Проводники лежат в одной плоскости и всегда перпендикулярны друг другу. Расстояние между концом провода и прямым током всегда равно  $15 \text{ см}$ . Ответ:  $1,93 \cdot 10^4 \text{ Дж}$ .

5. Прямой соленоид конечной длины ( $\ell = 20 \text{ см}$  и диаметром  $D = 10 \text{ см}$ ) имеет  $200$  витков на  $1 \text{ м}$  длины. По соленоиду те-



чет ток  $J_1=2$  А. Перпендикулярно плоскости соленоида расположен виток радиусом 20 см с током  $J_2=100$  А. Определить силу, действующую на 1 см прямого проводника с током  $J_3=4$  А, расположенного на пересечении перпендикуляров проведенных от плоскостей витка и соленоида,  $x_1=2$  см,  $x_2=6$  см. Ответ:  $1,3 \cdot 10^3$  Н.

6. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов 104 В и влетела в скрещенные под прямым углом электрическое и магнитное поля. Напряженность электрического поля и индукция магнитного соответственно равны 10 кВ/м и 0,1 Тл. Найти отношение заряда частицы к ее массе, если частица, двигаясь перпендикулярно обоим полям, не испытывает отклонений от прямолинейной траектории. Ответ:  $4,8 \cdot 10^{-11}$  Кл/кг.

7. На соленоид длиной 20 см и площадью поперечного сечения  $30$  см<sup>2</sup> надет проводочный виток. Соленоид имеет 320 витков, и по нему идет ток 3 А. Какая средняя ЭДС индуцируется в надетом на соленоид витке, когда ток в соленоиде выключается в течение 0,001 с? Ответ: 0,018 В.

8. Определить, сколько витков проволоки, вплотную прилегающих друг к другу, диаметром 0,5 мм с изоляцией ничтожной толщины надо намотать на картонный цилиндр диаметром 1,5 см, чтобы получить однослойную катушку индуктивностью 100 мкГн. Ответ: 225.

9. Обмотка электромагнита имеет сопротивление цепи 20 Ом и индуктивность 0,1 Гн. Сила тока до размыкания цепи 50 А. Определить энергию магнитного поля электромагнита через 0,01 с после размыкания цепи. Ответ: 2,28 Дж.

### Вариант 35

1. По тонкому проводящему кольцу радиусом 10 см течет ток силой 80 А. Найти магнитную индукцию в точке, равноудаленной от всех точек кольца на  $r=20$  см. Ответ: 62,8 мкТл.

2. Длинный прямой соленоид, содержащий 5 витков на каждый сантиметр длины, расположен перпендикулярно плоскости магнитного меридиана, горизонтальная составляющая магнитного поля которого равна 20 мкТл. Внутри соленоида, в его средней части, находится магнитная стрелка, установившаяся в магнитном поле Земли. Когда по соленоиду пустили ток, стрелка отклонилась на угол 60°. Найти силу тока. Ответ: 55 мА.

3. Найти зависимость от времени магнитного потока, пронизывающего две квадратные рамки со сторонами 5 см, вращающиеся в магнитном поле индукцией 0,02 Тл так, что поле перпендикулярно осям вращения. У первой рамки эта ось проходит через одну из сторон, а у второй через середину рамки, параллельно двум ее сторонам. Период вращения 0,5 с. Ответ:  $5 \cdot 10^{-5} \cos 4 \pi t$ .

4. По замкнутому контуру, имеющему форму рамки, течет ток  $2\text{ А}$ . Какова площадь рамки, если для того, чтобы повернуть рамку параллельно магнитному полю индукцией  $0,1\text{ Тл}$ , была совершена работа  $3 \cdot 10^{-3}\text{ Дж}$ , и если первоначально рамка была перпендикулярна ему? Сила тока не изменяется. Ответ:  $150\text{ см}^2$ .

5. По двум длинным параллельным проводникам текут токи  $J_1=J_2=2000\text{ А}$  в одном направлении. В одной плоскости с проводниками параллельно им закреплен отрезок замкнутого прямого проводника длиной  $0,5\text{ м}$  с током  $J_3$ . Определить силу тока  $J$  в проводнике, если после снятия закрепления он начинает двигаться с ускорением  $1\text{ м/с}^2$ . Масса проводника  $0,1\text{ кг}$ , он расположен на расстоянии  $r_1=0,2\text{ м}$  от одного и  $r_2=0,4\text{ м}$  от другого проводника. Ответ:  $20\text{ А}$ .

6. Спираль, по которой движется электрон в однородном магнитном поле с индукцией  $5 \cdot 10^{-3}\text{ Тл}$ , имеет диаметр  $80\text{ мм}$  и шаг  $200\text{ мм}$ . Определить скорость электрона. Ответ:  $3,3 \cdot 10^7\text{ м/с}$ .

7. Рамка, содержащая  $200$  витков тонкого провода, может свободно вращаться относительно оси, лежащей в плоскости рамки. Площадь рамки  $50\text{ см}^2$ . Ось рамки перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля индукцией  $0,05\text{ Тл}$ . Определить максимальную ЭДС, которая индуцируется в рамке при ее вращении с частотой  $40\text{ об/с}$ . Ответ:  $12,57\text{ В}$ .

8. Источник тока замкнули на катушку сопротивлением  $10\text{ Ом}$  и индуктивностью  $0,2\text{ Гн}$ . Через какое время сила тока в цепи достигнет  $50\%$  максимального значения? Ответ:  $0,014\text{ с}$ .

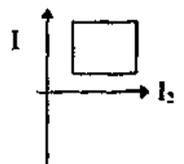
9. Круглый контур радиусом  $20\text{ см}$  содержит  $500$  витков. При какой силе тока, протекающего по контуру, объемная плотность энергии магнитного поля в центре контура равна  $1\text{ Дж/м}^3$ . Ответ:  $1\text{ А}$ .

### Вариант 36

1. Проволочный виток радиусом  $20\text{ см}$  расположен в плоскости магнитного меридиана. В центре витка установлен компас. Какой силы ток течет по витку, если магнитная стрелка компаса отклонилась на угол  $9^\circ$  от плоскости магнитного меридиана? Горизонтальную составляющую магнитного поля Земли принять равной  $2 \cdot 10^{-5}\text{ Тл}$ . Ответ:  $1\text{ А}$ .

2. Четыре прямых бесконечно длинных проводника с токами по  $10\text{ А}$  расположены в вершинах квадрата со стороной  $0,2\text{ м}$ . Найти напряженность поля в центре квадрата, если: 1) три тока текут в одну сторону, а один - в противоположную; 2) все токи направлены в одну сторону. Ответ:  $22,5\text{ А/м}$ ;  $0\text{ А/м}$ .

3. Прямоугольная рамка со сторонами  $12$  и  $10\text{ см}$  расположена в плоскости, образованной двумя перпендикулярными пересекающимися проводниками, так что две ее стороны параллельны про-



водникам и находятся на расстоянии по 5 см от них. Найти магнитный поток через рамку, если по проводникам течет одинаковый ток по 7 А и большая сторона рамки параллельна току  $J_2$ .  
Ответ:  $1,27 \cdot 10^{-8}$  Вб.

4. До какой скорости разгонится контур с магнитным моментом  $15 \text{ А} \cdot \text{м}^2$ , если его отпустить, когда он находится в центре соленоида с 10000 витков, током 20 А и длиной 10 см? Масса контура 9 г. Направление магнитного момента контура считать всегда параллельным оси соленоида. Поле в соленоиде рассчитывать как поле бесконечного соленоида.  
Ответ: 91,5 м/с.

5. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи по 1000 А. Определить результирующую силу, действующую на рамку в плоскости рамки и проводника, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном длине.  
Ответ: 0,1 Н.

6. Заряд влетает с постоянной скоростью в однородное магнитное поле с индукцией 1 Тл перпендикулярно линиям индукции. В течение времени  $\Delta t = 10^{-4}$  с параллельно индукции магнитного поля действует электрическое поле с напряженностью 100 В/м. Вычислить постоянный шаг спирали для времени  $t \gg \Delta t$ , считая, что за это время частица делает один оборот.  
Ответ:  $6,28 \cdot 10^{-2}$  м.

7. Катушка диаметром 10 см, имеющая 500 витков, находится в магнитном поле. Чему будет равно среднее значение ЭДС индукции в этой катушке, если индукция магнитного поля увеличивается в течение 0,1 с от 0 до 2 Тл?  
Ответ: 78,5 В.

8. По катушке индуктивностью 8 мкГн течет ток 6 А. Определить среднее значение ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре, если сила тока изменяется практически до нуля за время 5 мс.  
Ответ: 9,6 мВ.

9. При силе тока 2 А объемная плотность энергии магнитного поля соленоида  $0,2 \text{ Дж/м}^3$ . Сколько витков на каждый метр длины содержит обмотка соленоида?  
Ответ:  $2 \cdot 10^3$  1/м.

### Вариант 37

1. По контуру в виде квадрата идет ток силой 50 А. Длина стороны квадрата 20 см. Определить магнитную индукцию в точке пересечения диагоналей.

Ответ: 282 мкТл.

2. Два концентрических проволочных кольца расположены так, что угол между их плоскостями составляет  $120^\circ$ . Найти напряженность поля в центре, если радиусы колец 15 см, а токи направлены против часовой стрелки и равны 5 А.

Ответ: 28,8 А/м.

3. Какой магнитный поток пересекает стержень длиной 1,5 м за 1 с, движущийся

со скоростью  $2 \text{ м/с}$  в магнитном поле индукцией  $0,07 \text{ Тл}$ ? Магнитное поле перпендикулярно плоскости движения. Вектор скорости перпендикулярен стержню.  
Ответ:  $0,21 \text{ Вб}$ .

4. На какой угол надо повернуть замкнутый контур с током  $1 \text{ А}$  в магнитном поле индукцией  $0,2 \text{ Тл}$ , если первоначально контур был ориентирован перпендикулярно полю? Ток не изменяется. Магнитное поле перпендикулярно оси поворота, затраченная на поворот рамки работа равна  $3 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}$ , площадь контура  $3 \text{ см}^2$ .  
Ответ:  $30^\circ$ .

5. По длинному прямому проводнику  $M$  и параллельному ему отрезку проводника  $K$  длиной  $60 \text{ см}$  текут противоположные токи по  $100 \text{ А}$ . Проводник  $K$  закреплен на расстоянии  $r_1=50 \text{ см}$  от проводника  $M$ . После открепления проводника  $K$  он переместился поступательно до  $r_2=100 \text{ см}$  от проводника  $M$ . Определить<sup>1</sup> работу перемещения проводника  $K$ .  
Ответ:  $4,6 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ .

6. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью  $10^6 \text{ м/с}$ . Индукция магнитного поля равна  $0,3 \text{ Тл}$ . Радиус окружности  $4 \text{ см}$ . Найти заряд частицы, если известно, что ее энергия равна  $12 \text{ кэВ}$ .  
Ответ:  $3,2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ .

7. Круговой проволочный виток площадью  $100 \text{ см}^2$  находится в однородном магнитном поле, индукция которого  $1 \text{ Тл}$ . Плоскость витка перпендикулярна направлению магнитного поля. Чему будет равно среднее значение ЭДС индукции, возникающей в витке при выключении поля в течение  $0,01 \text{ с}$ ?  
Ответ:  $1 \text{ В}$ .

8. В электрической цепи, содержащей резистор сопротивлением  $20 \text{ Ом}$  и катушку индуктивностью  $0,06 \text{ Гн}$ , течет ток  $20 \text{ А}$ . Определить силу тока в цепи через  $0,2 \text{ мс}$  после ее размыкания.  
Ответ:  $18,7 \text{ А}$ .

9. Обмотка соленоида с железным сердечником содержит  $600$  витков. Длина сердечника  $0,3 \text{ м}$ . Как и во сколько раз изменится энергия магнитного поля соленоида, если сила тока, протекающего по обмотке, возрастает от  $J_1=0,2 \text{ А}$  до  $J_2=1 \text{ А}$ ? Воспользоваться зависимостью  $B = f(H)$ .  
Ответ:  $W_2/W_1=6,78$  раза.

### Вариант 38

1. Два круговых витка радиусами по  $4 \text{ см}$  каждый расположены в параллельных плоскостях на расстоянии  $10 \text{ см}$  друг от друга. По виткам текут токи по  $2 \text{ А}$ . Найти напряженность магнитного поля в точке, находящейся на равном расстоянии от них. Рассмотреть два случая: 1) токи текут в одном направлении; 2) токи текут в противоположных направлениях.  
Ответ  $12,2 \text{ А/м}$ ;  $0$ .

2. В вершинах равностороннего треугольника со стороной  $40 \text{ см}$  расположены одинаково направленные прямые токи  $10$ ,  $20$  и  $20 \text{ А}$ . Найти напряженность поля в центре треугольника.  
Ответ:  $25 \text{ А/м}$ .

3. Квадратная рамка со стороной  $10 \text{ см}$  находится посередине между двумя длин-

ными проводниками, по которым текут токи по  $1\text{ А}$  в разных направлениях. Две стороны рамки перпендикулярны проводникам, а сама рамка лежит в плоскости проводников. Найти магнитный поток через рамку, если расстояние между проводниками  $20\text{ см}$ .  
Ответ:  $4,4 \cdot 10^{-8}\text{ Вб}$ .

4. По квадратной рамке течет ток  $15\text{ А}$ . Какую работу нужно совершить, чтобы повернуть рамку на  $45^\circ$  в магнитном поле индукцией  $0,01\text{ Тл}$ , которое первоначально было параллельно рамке и перпендикулярно оси вращения? Сторона квадрата  $15\text{ см}$ .  
Ответ:  $2,386 \cdot 10^{-3}\text{ Дж}$ .

5. Проводник в виде тонкого полукольца радиусом  $R=10\text{ см}$  находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B=50\text{ мТл}$ . По проводнику течет ток  $J=10\text{ А}$ . Найти силу, действующую на проводник, если плоскость полукольца перпендикулярна линиям индукции.  
Ответ:  $0,157\text{ Н}$ .

6. Электрон влетает в однородное магнитное поле напряженностью  $1,6 \cdot 10^4\text{ А/м}$  со скоростью  $8000\text{ м/с}$ . Направление скорости составляет угол  $60^\circ$  с направлением поля. Определить радиус и шаг винтовой линии, по которой будет двигаться электрон.  
Ответ:  $6,16 \cdot 10^{-6}\text{ м}$ .

7. Рамка, имеющая форму равностороннего треугольника, помещена в однородное магнитное поле с напряженностью  $6,4 \cdot 10^4\text{ А/м}$ . Нормаль составляет с направлением магнитного поля угол  $30^\circ$ . Определить длину стороны рамки, если известно, что среднее значение ЭДС индукции, возникающей в рамке при выключении поля в течение  $0,03\text{ с}$ , равно  $10\text{ мВ}$ .  
Ответ:  $10\text{ см}$ .

8. Цепь состоит из катушки индуктивностью  $0,1\text{ Гн}$  и источника тока. Источник тока отключили, не разрывая цепи. Время, через которое сила тока уменьшится до  $0,001$  первоначального значения, равно  $0,07\text{ с}$ . Определить сопротивление катушки.  
Ответ:  $985,7\text{ Ом}$ .

9. По обмотке тороида с немагнитным сердечником пустили ток силой  $0,6\text{ А}$ . Витки провода диаметром  $0,4\text{ мм}$  с весьма тонкой изоляцией плотно прилегают друг к другу - Определить энергию магнитного поля в сердечнике, если площадь сечения  $4,0\text{ см}^2$ , диаметр средней линии  $30\text{ см}$ . Воспользоваться зависимостью  $B=f(H)$ .  
Ответ:  $0,4\text{ Дж}$ .

### Вариант 39

1. В центре цилиндрической катушки длиной  $50\text{ см}$  и диаметром  $6\text{ см}$  при прохождении по ней тока  $2,5\text{ А}$  создается напряженность  $H=680\text{ А/м}$ . Определить сопротивление и длину медного провода при намотке его в один ряд, если плотность тока равна  $0,5\text{ А/мм}^2$ .  
Ответ:  $8,8 \cdot 10^{-2}\text{ Ом}$ ;  $25,5\text{ м}$ .

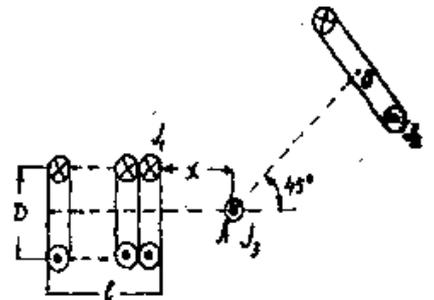
2. В трех вершинах квадрата со стороной  $50\text{ см}$  расположены прямые токи  $10, 20$  и  $30\text{ А}$ , текущие в одну сторону. Найти напряженность поля в центре квадрата.

Ответ: 12,74 А/м.

3. По бесконечному соленоиду радиусом 3 см течет ток 5 А. Какой магнитный поток пронизывает любое перпендикулярное сечение соленоида, если на единицу длины приходится 1000 витков? Ответ:  $1,8 \cdot 10^{-4}$  Вб.

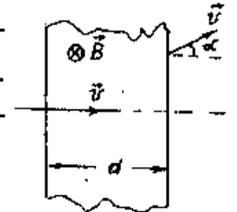
4. Из магнитного поля нужно убрать замкнутый контур с током 2 А и площадью  $50 \text{ см}^2$  (вектор индукции перпендикулярен плоскости контура). Ток не изменяется. Затраченная на это работа равна  $2 \cdot 10$  Дж. Какова величина индукции магнитного поля? Ответ: 0,2 Тл.

5. Короткий соленоид длиной  $\ell=10$  см и диаметром  $D=10$  см имеет 1000 витков провода и по нему течет ток 100 мА. Круговой контур радиусом 10 см содержит 100 витков провода и по нему течет ток 10 А. В точку А поля помещен прямой проводник с током  $J_3=5$  А. Определить силу, действующую на 1 см длины прямого проводника в окрестности точки А, находящейся на расстоянии  $x=5$  см от соленоида и 10 см от витка.



Ответ:  $8,3 \cdot 10^{-5}$  Н.

6. Протон, ускоренный разностью потенциалов 500 кВ, пролетает поперечное однородное магнитное поле с индукцией 0,51 Тл. Толщина области с полем  $D=10$  см. Найти угол отклонения протона от первоначальной траектории.



Ответ:  $30^\circ$ .

7. Однослойная катушка диаметром 5 см помещена в однородное магнитное поле, параллельное ее оси. Индукция поля равномерно изменяется со скоростью  $\Delta B/\Delta t=10^{-2}$  Тл/с. Катушка содержит 1000 витков медной проволоки ( $\rho=1,765 \cdot 10^{-8}$  Ом·м) сечением  $0,2 \text{ мм}^2$ . Концы катушки замкнуты накоротко. Определить тепловую мощность, выделяющуюся в катушке.

Ответ:  $2,8 \cdot 10^{-5}$  Вт.

8. Сколько витков надо намотать на картонный цилиндр длиной 60 см, диаметром 5 см, чтобы получить катушку, индуктивность которой 6 мГн? Ответ: 382.

9. По обмотке катушки с сопротивлением 23 Ом и индуктивностью 0,1 Гн течет постоянный ток 5 А. Определить энергию магнитного поля соленоида через 10 мс после отключения источника тока. Ответ:  $12,5 \cdot 10^{-3}$  Дж.

### Вариант: 40

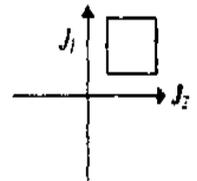
1. В двух вершинах равностороннего треугольника со стороной 0,4 м расположены одинаковые по величине прямые токи. Определить силу токов и их

направления, если напряженность магнитного поля в третьей вершине равна  $7,96 \text{ А/м}$ . Ответ:  $20 \text{ А}$ .

2. На непроводящий шар (глобус) намотаны по меридианам три витка проволоки так, что угол между плоскостями соседних витков составляет  $60^\circ$ . Найти напряженность поля в центре. Радиус шара  $1 \text{ м}$ , ток в витках  $2 \text{ А}$ .

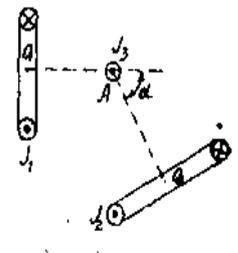
Ответ:  $2 \text{ А/м}$ .

3. Квадратная рамка со стороной  $12 \text{ см}$  расположена в плоскости, образованной двумя перпендикулярными пересекающимися проводниками, так что две его стороны параллельны проводникам и находятся на расстоянии по  $15 \text{ см}$  от них. Найти магнитный поток через рамку, если по проводникам течет ток, как показано на рисунке. Токи:  $J_1=3 \text{ А}$  и  $J_2=8 \text{ А}$ . Ответ:  $7 \cdot 10^{-8} \text{ Вб}$ .



4. Какую работу надо совершить, чтобы переместить небольшое кольцо с током  $0,5 \text{ А}$  радиусом  $1,5 \text{ см}$  с расстояния  $20 \text{ см}$  центр большого кольца радиусом  $7,5 \text{ см}$  и током  $2 \text{ А}$ ? Токи текут в разных направлениях. Кольца имеют общую центральную ось и расположены перпендикулярно к ней. Считать поле через малое кольцо практически однородным. Ответ:  $9,2 \cdot 10^{-9} \text{ Дж}$ .

5. Два круговых витка с токами.  $J_1=1,5 \text{ А}$  и  $J_2=2 \text{ А}$  расположены так, как изображено на рисунке. Определить силу, действующую на  $1 \text{ см}$  длины прямого проводника с током  $J_3=2 \text{ А}$ , в окрестности точки  $A$ , находящейся на расстоянии  $20 \text{ см}$  от первого витка и  $25 \text{ см}$  от второго витка, если угол  $\alpha=60^\circ$ . Ответ:  $2,05 \cdot 10^{-8} \text{ Н}$ .



6. Протон влетает в однородное магнитное поле под углом  $30^\circ$  к направлению поля и движется по винтовой линии радиусом  $1,5 \text{ см}$ . Индукция магнитного поля равна  $0,1 \text{ Тл}$ . Найти кинетическую энергию протона. Ответ:  $862 \text{ эВ}$ .

7. Прямолинейный проводник длиной  $1,2 \text{ м}$  с помощью гибкого провода соединен с источником тока, ЭДС которого  $24 \text{ В}$  и внутреннее сопротивление  $0,5 \text{ Ом}$ . Проводник находится в однородном магнитном поле с индукцией  $0,8 \text{ Тл}$ . Вектор индукции перпендикулярен длине проводника. Найти ток в цепи, если проводник движется перпендикулярно линиям индукции поля со скоростью  $12,5 \text{ м/с}$ . Во сколько раз изменится величина тока в цепи, если проводник остановится? Сопротивление цепи  $2,5 \text{ Ом}$ . Ответ:  $4 \text{ А}$ ;  $12 \text{ А}$ ; в  $1,5$  раза уменьшится или в  $2$  раза увеличится.

8. На круглом деревянном цилиндре имеется обмотка из медной проволоки массой  $0,05 \text{ кг}$ . Расстояние между крайними витками равно  $60 \text{ см}$ , много больше диаметра цилиндра. Сопротивление обмотки  $30 \text{ Ом}$ . Какова ее ин-

дуктивность?

Ответ:  $0,5 \text{ мГн}$ .

9. Во сколько раз изменится плотность энергии магнитного поля соленоида при внесении в него железного сердечника, если величина тока не меняется, а плотность энергии поля при отсутствии сердечника  $0,5 \text{ Дж/м}^3$ ? Воспользоваться графиком  $B=f(H)$ .

Ответ: в 1100 раз.

### Вариант 41

1. По двум бесконечно длинным параллельным и прямым проводникам текут токи силой  $J_1=50 \text{ А}$  и  $J_2=100 \text{ А}$  в противоположных направлениях. Расстояние между проводами  $20 \text{ см}$ . Определить магнитную индукцию в точке, удаленной на  $25 \text{ см}$  от первого и на  $40 \text{ см}$  от второго провода.

Ответ:  $21,2 \text{ мкТл}$ .

2. Части длинного прямого провода согнута в виде полуокружности радиусом  $126 \text{ мм}$ . Определить индукцию магнитного поля в центре кривизны, если по проводу идет ток силой  $4 \text{ А}$ .

Ответ:  $10 \text{ мкТл}$ .

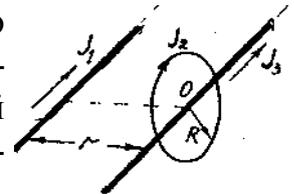
3. Плоскость рамки площадью  $200 \text{ см}^2$  расположена под углом  $30^\circ$  к индукции магнитного поля, пронизывающего рамку. На сколько изменится магнитный поток через рамку, если ее повернуть так, что угол изменится, и будет составлять  $60^\circ$ ? Индукция поля  $0,5 \text{ Тл}$ .

Ответ:  $3,5 \cdot 10^{-3} \text{ В}$ .

4. Какую работу надо совершить, чтобы внести в длинный соленоид, с  $1000$  витков на метр и током  $7 \text{ А}$  круговой контур диаметром  $2 \text{ см}$  и током в  $3 \text{ А}$  и поставить его перпендикулярно полю соленоида?

Ответ:  $1,0610^5 \text{ Дж}$ .

5. Круговой виток радиусом  $R=20 \text{ см}$  и два бесконечно длинных проводника расположены так, как показано на рисунке (плоскость витка параллельна проводникам, и второй проводник проходит около центра витка). По первому проводнику проходит ток  $J_1=1 \text{ А}$ , по второму прямому проводнику  $J_3=10 \text{ А}$ , по витку течет ток  $J_2=1 \text{ А}$ . Расстояние от центра витка ( $R=20 \text{ см}$ ) до первого провода  $r=10 \text{ см}$ . Определить силу, действующую на  $1 \text{ см}$  участка второго проводника в точке  $O$ .



Ответ:  $3,72 \cdot 10^{-8} \text{ Н/см}$ .

6. Электрон, ускоренный разностью потенциалов  $3 \text{ кВ}$ , влетает в магнитное поле соленоида под углом  $30^\circ$  к его оси. Число ампер-витков соленоида равно  $5000 \text{ А}\cdot\text{в}$ . Длина соленоида  $25 \text{ см}$ . Найти шаг винтовой траектории электрона в магнитном поле.

Ответ:  $4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ .

7. В переменном магнитном поле находится короткозамкнутая катушка сопротивлением  $10 \text{ Ом}$  и индуктивностью  $0,02 \text{ Гн}$ . При изменении магнитного потока, пронизывающего катушку, на  $10^{-3} \text{ Вб}$  ток в катушке изменяется на  $2 \cdot 10^{-3} \text{ А}$ . Какой заряд прошел по виткам катушки за это время?

Ответ:  $94 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$ .

8. Индуктивность катушки  $0,5 \text{ Гн}$ . Она включена в цепь с источником тока. Источ-

ник тока отключили, не размыкая цепи. Время, через которое сила тока уменьшилась до 0,01 первоначального значения, равно 0,07 с. Определить сопротивление катушки. Ответ: 32,9 Ом.

9. Сила тока в катушке уменьшилась от 12 до 8 А. При этом энергия магнитного поля снизилась на 2 Дж. Определить индуктивность катушки и первоначальную энергию магнитного поля. Ответ: 0,05 Гн; 3,6 Дж.

### Вариант 42

1. По тонкому проволочному кольцу течет ток. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась магнитная индукция в центре квадрата? Ответ: в 1,15 раза.

2. В вершинах прямоугольного равнобедренного треугольника расположены прямые токи по 10 А, направленные в одну сторону. Найти напряженность поля в центре гипотенузы, если катет 15 см. Каким будет поле, если ток в одном из острых углов поменяет направление? Ответ: 15,01; 33,57 А/м.

3. Какой длины надо взять проволоку, чтобы сделанный из нее замкнутый контур в виде окружности в магнитном поле индукцией 0,1 Тл пронизывался максимальным потоком 0,5 Вб? Ответ: 7,9 м.

4. Два бесконечных прямолинейных параллельных проводника с одинаковыми токами, текущими в одном направлении, находятся друг от друга на расстоянии  $R$ . Чтобы их раздвинуть до расстояния  $3R$ , на каждый сантиметр длины провода затрачивается работа 220 нДж. Определить силу тока в проводниках. Ответ: 10 А.

5. По трем параллельным прямым проводникам, находящимся на расстоянии 20 см друг от друга, текут одинаковые токи по 400 А. В двух проводах направление токов совпадает. Вычислить силу, действующую на единицу длины каждого провода. Ответ: 0,12; 0,14; 0,12 Н/м.

6. По окружности в однородном магнитном поле с индукцией 25 мТл движется  $\alpha$ -частица. Момент импульса частицы относительно центра окружности равен  $1,33 \cdot 10^{-22}$  кг·м<sup>2</sup>/с. Найти кинетическую энергию частицы. Ответ: 0,56 МэВ.

7. Соленоид диаметром 4 см, имеющий 500 витков, помещен в магнитное поле, индукция которого изменяется со скоростью 1 мТл/с. Ось соленоида составляет с вектором магнитной индукции угол 45°. Определить ЭДС индукции, возникающей в соленоиде. Ответ: 444 мкВ.

8. Какой магнитный поток создает катушка из 1000 витков, имеющая индуктивность 5 Гн, если по катушке течет ток 0,6 А? Ответ: 3 мВб.

9. По обмотке электромагнита, сопротивление которой  $10\text{ Ом}$  и индуктивность  $2\text{ Гн}$ , течет постоянный электрический ток  $2\text{ А}$ . Чему равна энергия магнитного поля электромагнита через  $0,1\text{ с}$  после отключения источника?

Ответ:  $1,5\text{ Дж}$ .

### Вариант 43

1. Бесконечно длинный тонкий проводник с током силой  $50\text{ А}$  имеет изгиб (плоскую петлю). Определить радиус петли, если магнитная индукция поля в центре петли равна  $286\text{ мкТл}$ .

Ответ:  $10\text{ см}$ .

2. Даны два концентрических кольца ( $R_1=R_2=30\text{ см}$ ) с токами ( $J_1=J_2=60\text{ А}$ ). В одном случае плоскости витков параллельны, в другом - перпендикулярны. В каком из случаев магнитное поле в центре витков максимально? Чему равно отношение  $H_{\parallel}/H_{\perp}$ ?

Ответ:  $H_{\parallel}=200\text{ А/м}$ ;  $H_{\parallel}/H_{\perp}=1,4$ .

3. По какому закону от времени изменяется магнитный поток через замкнутый прямоугольный контур, если одна из его сторон длиной  $10\text{ см}$  начинает двигаться с ускорением  $0,5\text{ м/с}^2$ ? Магнитное поле индукцией  $0,5\text{ Тл}$  составляет угол  $30^\circ$  с плоскостью контура. Вначале движущаяся сторона рамки находилась на расстоянии  $5\text{ см}$  от противоположной стороны.

Ответ:  $(2,5 \cdot 10^{-3} + 6,25 t^2)\text{ Вб}$ .

4. По квадратной рамке течет ток  $15\text{ А}$ . Какую работу нужно совершить, чтобы повернуть рамку на  $45^\circ$  в магнитном поле индукцией  $0,01\text{ Тл}$ , которое первоначально было параллельно рамке и перпендикулярно оси вращения? Сторона квадрата  $15\text{ см}$ .

Ответ:  $2,36 \cdot 10^{-3}\text{ Дж}$ .

5. Круговой виток радиусом  $r=30\text{ см}$  и два бесконечно длинных проводника расположены так, как показано на рисунке (плоскость витка параллельна проводникам). По верхнему проводнику проходит ток  $J_1=10\text{ А}$ , по второму проводнику  $J_2=20\text{ А}$ , по витку течет ток  $J_3=30\text{ А}$ . Расстояние от центра витка до второго провода  $y=20\text{ см}$ . Расстояние между прямыми проводниками  $x=10\text{ см}$ . Определить силу, действующую на  $1\text{ см}$  участка второго проводника в точке  $A$  (на пересечении перпендикуляра, восстановленного из центра витка со вторым проводником).

Ответ:  $7,77 \cdot 10^{-6}\text{ Н/см}$ .

6. Однородное электрическое поле напряженностью  $100\text{ В/см}$  перпендикулярно однородному магнитному полю с индукцией  $0,02\text{ Тл}$ . Электрон влетает в эти поля перпендикулярно векторам  $E$  и  $B$ . При какой скорости электрон будет двигаться прямолинейно?

Ответ:  $5 \cdot 10^5\text{ м/с}$ .

7. Реактивный самолет летит горизонтально со скоростью  $900\text{ км/ч}$ . Определить разность потенциалов между концами его крыльев, если вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли равна  $50\text{ мкТл}$ , размах крыльев  $24\text{ м}$ .

Ответ:  $0,3\text{ В}$ .

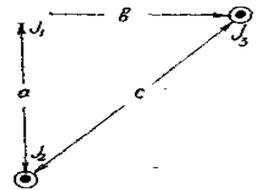
8. Цилиндрическая катушка без сердечника диаметром  $2\text{ см}$  и длиной  $10\text{ см}$ , по обмотке которой проходит ток  $3,5\text{ А}$ , имеет  $600\text{ витков}$ . Определить индуктивность и магнитный поток.  
 Ответ:  $1,4 \cdot 10^3\text{ Гн}$ ;  $8,3 \cdot 10^{-6}\text{ Вб}$ .

9. Обмотка тороида имеет  $10\text{ витков}$  на каждый сантиметр длины (по средней линии тороида). Вычислить объемную плотность энергии магнитного поля при силе тока в тороида  $1\text{ А}$ . Сердечник тороида выполнен из железа, магнитное поле во всем объеме считать однородным.  
 Ответ:  $650\text{ Дж/м}^3$ .

### Вариант 44

1. Три прямых тока величиной  $20$ ,  $30$  и  $40\text{ А}$  соответственно расположены в вершинах прямоугольного треугольника  $a=60\text{ см}$ ,  $b=80\text{ см}$ . Найти магнитное поле в центре гипотенузы.

Ответ:  $6\text{ А/м}$ .

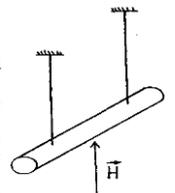


2. Два круговых витка радиусами  $2$  и  $3\text{ см}$  расположены в параллельных плоскостях так, что прямая, соединяющая их центры, перпендикулярна этим плоскостям. Расстояние между их центрами  $8\text{ см}$ . По второму витку проходит ток  $1\text{ А}$ . Какой ток должен проходить по первому витку, чтобы магнитное поле в точке, лежащей на оси витков на равном расстоянии от их центров, было равно нулю?  
 Ответ:  $1,6\text{ А}$ .

3. Какой поток пронизывает поверхность половины цилиндра радиусом  $10\text{ см}$ , длиной  $30\text{ см}$ , разрезанного вдоль оси на две половинки, если магнитное поле индукцией  $0,1\text{ Тл}$  перпендикулярно плоскости разреза?  
 Ответ:  $610^{-3}\text{ Вб}$ .

4. По замкнутому контуру, имеющему форму рамки площадью  $150\text{ см}^2$ , течет ток  $2\text{ А}$ . Какую работу нужно совершить, чтобы повернуть рамку параллельно магнитному полю индукцией  $0,1\text{ Тл}$ , если первоначально рамка была перпендикулярна ему? Сила тока не изменяется.  
 Ответ:  $3 \cdot 10^{-3}\text{ Дж}$ .

5. В однородном магнитном поле находится проводник, подвешенный на двух нитях, по проводнику течет ток  $2,2\text{ А}$ . Какова должна быть величина напряженности магнитного поля, направленного перпендикулярно проводнику вверх и как должен быть направлен ток в проводнике, чтобы нить разорвалась (сила разрыва равна  $0,08\text{ Н}$ )? Масса проводника  $1,83\text{ г}$ , его длина  $70\text{ см}$ .  
 Ответ:  $6,37 \cdot 10^4\text{ А/м}$ .



6. Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле со скоростью  $2,4 \cdot 10^8\text{ м/с}$ . Магнитная индукция поля равна  $0,01\text{ Тл}$ . Определить радиус окружности в двух случаях: 1) не учитывая увеличение массы со скоростью; 2) учитывая это увеличение.  
 Ответ:  $13,7$ ;  $22,8\text{ см}$ .

7. Плоский виток провода расположен перпендикулярно однородному маг-

нитному полю. Когда виток повернулся на угол  $180^\circ$ , по нему прошел заряд  $7,2 \text{ мКл}$ . На какой угол повернулся виток, если по нему прошел заряд  $1,8 \text{ мКл}$ ?

Ответ:  $60^\circ$ .

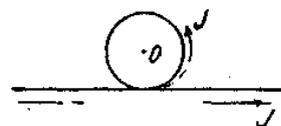
8. Определить, сколько витков проволоки, вплотную прилегающих друг к другу, диаметром  $0,5 \text{ мм}$  с изоляцией ничтожной толщины надо намотать на картонный цилиндр диаметром  $1,5 \text{ см}$ , чтобы получить однослойную катушку индуктивностью  $100 \text{ мкГн}$ .

Ответ: 225.

9. Тороида (без сердечника) состоит из двух обмоток, навитых одна поверх другой, по  $1000 \text{ витков}$  каждая. Обмотки соединены последовательно, магнитные поля их направлены в одну сторону. Ток в обмотке  $5 \text{ А}$ , средняя длина тороида  $25 \text{ см}$ , поперечное сечение  $1 \text{ см}^2$ . Найти энергию магнитного поля катушки. Как изменится эта энергия, если одну из обмоток отключить? Ответ:  $25,1; 6,275 \text{ мДж}$ .

### Вариант 45

1. Бесконечно длинный тонкий проводник с током силой  $50 \text{ А}$  имеет изгиб в виде круговой петли радиусом  $10 \text{ см}$ , как это изображено на рисунке. Определить магнитную индукцию в точке  $O$ .



Ответ:  $414 \text{ мкТл}$ .

2. По длинному прямому соленоиду, имеющему  $35 \text{ витков}$  на  $1 \text{ см}$  длины, течет ток  $2 \text{ А}$ . Определить напряженность поля: а) внутри соленоида близ его середины; б) в центре одного из его оснований. Ответ:  $7 \cdot 10^3 \text{ А/м}; 3,5 \text{ кА/м}$ .

3. Самолет летит горизонтально с юга на север. Какой магнитный поток он пересекает в секунду, если магнитное поле Земли направлено под углом  $30^\circ$  к горизонту и имеет индукцию  $10^{-4} \text{ Тл}$ . Скорость самолета  $1000 \text{ км/ч}$ . Размах крыльев  $30 \text{ м}$ . Ответ:  $0,417 \text{ Вб}$ .

4. На какое минимальное расстояние приблизится провод с током  $2 \text{ А}$  длиной  $1,8 \text{ м}$ , массой  $20 \text{ г}$  к бесконечному параллельному проводнику с током  $5 \text{ А}$ , текущему в другом направлении, если скорость приближения на расстоянии  $1 \text{ м}$  равнялась  $0,01 \text{ м/с}$ ? Ответ:  $75,7 \text{ см}$ .

5. Прямоугольная рамка со сторонами  $\ell_1=40 \text{ см}$  и  $\ell_2=30 \text{ см}$  расположена в одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током  $J_1=6 \text{ А}$  так, что длинные стороны рамки параллельны проводу. Сила тока в рамке  $J_2=1 \text{ А}$ . Определить силы, действующие на каждую из сторон рамки, если ближайшая сторона рамки находится на расстоянии  $a=10 \text{ см}$ , а ток в ней сонаправлен току  $J_1$ .

Ответ:  $4,8 \text{ мкН}; 1,66 \text{ мкН}; 1,2 \text{ мкН}$ .

6. Заряженная частица, прошедшая разность потенциалов  $2000 \text{ В}$ , движется в однородном магнитном поле напряженностью  $12000 \text{ А/м}$  по окружности радиусом  $1 \text{ см}$ . Определить отношение заряда частицы к ее массе и скорость частицы.

Ответ:  $1,76 \cdot 10^{11}$  Кл/кг.

7. В однородном магнитном поле с индукцией  $0,84$  Тл с небольшой скоростью вращается квадратная рамка со стороной  $5$  см, состоящая из небольшого числа витков медной проволоки сечением  $0,5$  мм<sup>2</sup>. Концы рамки соединены накоротко. Максимальное значение силы тока, индуцируемого в рамке,  $1,9$  А. Определить число оборотов рамки в секунду. Как нужно изменить скорость вращения рамки, чтобы при замене медной проволоки железной сила тока в цепи осталась неизменной?

Ответ:  $1$  об/с;  $5,06$ .

8. Индуктивность соленоида, намотанного в один слой на немагнитный каркас, равна  $0,5$  мГн. Длина соленоида  $0,6$  м, диаметр  $2$  см. Определить отношение числа витков соленоида к его длине.

Ответ:  $1450$  м<sup>-1</sup>.

9. В соленоиде при токе  $5$  А энергия магнитного поля  $10^{-3}$  Дж. Сопротивление обмотки  $10$  Ом. Какой заряд пройдет по обмотке при равномерном уменьшении тока в  $5$  раз? На сколько изменится энергия магнитного поля?

Ответ:  $2,05 \cdot 10^{-3}$  Дж;  $9,6 \cdot 10^{-4}$  Дж.

### Вариант 46

1. По тонкому проводу, согнутому в виде прямоугольника, течет ток силой  $60$  А. Длины сторон прямоугольника равны  $30$  и  $40$  см. Определить магнитную индукцию в точке пересечения диагоналей. Ответ:  $200$  мкТл.

2. Виток радиусом  $30$  см и прямой ток лежат в одной плоскости. По витку течет ток  $10$  А, по проводу -  $20$  А. На каком расстоянии надо расположить виток и провод и как направить их, чтобы магнитное поле в центре витка равнялось нулю?

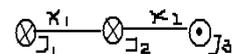
Ответ:  $0,19$  см.

3. Найти магнитный поток через «уголок», образованный двумя перпендикулярными квадратами со стороной  $15$  см каждый, если магнитное поле индукцией  $0,1$  Тл перпендикулярно одному из квадратов. Ответ:  $2,25 \cdot 10^{-3}$  Вб.

4. Какую работу надо совершить, чтобы передвинуть провод длиной  $2$  см с током  $1$  А от бесконечного прямого проводника с током  $3$  А с расстояния  $1$  см до расстояния  $5$  см? Токи текут в одном направлении параллельно.

Ответ:  $1,93 \cdot 10^{-8}$  Дж.

5. Три бесконечно длинных прямых проводника с токами  $J_1=10$  А и  $J_2=20$  А.  $J_3=50$  А. Расположены параллельно друг другу  $x_1=10$  см,  $x_2=20$  см. Определить силы, действующие на единицу длины каждого из проводников, показать направление действия сил.



Ответ:  $3,83 \cdot 10^{-4}$ ;  $1,34 \cdot 10^{-4}$ ;  $1,4 \cdot 10^{-3}$  Н/м.

6. Протон, прошедший ускоряющую разность потенциалов  $10$  В, влетел в

однородное магнитное поле с напряженностью  $10^4$  А/м. Векторы скорости и напряженности взаимно перпендикулярны. Каков момент импульса протона?

Ответ:  $2,56 \cdot 10^{-22}$  кг·м<sup>2</sup>/с.

7. Медный диск радиусом 10 см вращается в однородном магнитном поле, делая 100 об/с. Магнитное поле направлено перпендикулярно к плоскости диска и имеет напряженность  $7,96 \cdot 10^5$  А/м. Две щетки, одна на оси диска, другая на окружности, соединяют диск с внешней цепью, в которую включены реостат с сопротивлением 10 Ом и амперметр, сопротивлением которого можно пренебречь. Что показывает амперметр? Ответ: 0,314 А.

8. Две катушки намотаны на один сердечник. Индуктивность первой катушки 0,12 Гн, второй - 3 Гн. Сопротивление второй катушки 300 Ом. Определить силу тока во второй катушке, если за время 0,01 с сила тока в первой катушке уменьшилась от 0,5 А до 0. Ответ: 0,1 А.

9. Определить энергию магнитного поля в железном сердечнике объемом  $400$  см<sup>3</sup>, если индукция магнитного поля равна 1,3 Гн. Воспользоваться графиком  $B = f(H)$  Ответ: 0,19 Дж.

#### Вариант 47

1. По двум бесконечно длинным взаимно перпендикулярным проводам текут токи  $J_1 = 80$  А и  $J_2 = 60$  А. Расстояние между проводами 10 см. Определить магнитную индукцию в точке А, одинаково удаленной от обоих проводников.

Ответ: 400 мкТл.

2. Из проволоки диаметром 1 мм надо намотать соленоид, внутри которого напряженность магнитного поля должна быть равна  $2,39 \cdot 10^4$  А/м. Предельная сила тока, которую можно пропускать по проволоке, равна 6 А. Из какого числа слоев будет состоять обмотка соленоида, если витки наматывать плотно друг к другу? Диаметр катушки много меньше ее длины. Ответ: из 4 слоев.

3. Из двух проволок длиной 1 м каждая сделаны квадрат и окружность. Через какой контур магнитный поток будет больше и во сколько раз, если оба они расположены в однородном поле параллельно друг другу?

Ответ: через окружность в 1,27 раза.

4. Какую работу на единицу длины надо совершить, чтобы сблизить два длинных прямых проводника с током 2 А с расстояния 10 см до расстояния 2 см? Токи текут в противоположных направлениях. Ответ:  $8 \cdot 10^7$  Дж.

5. По тонкому проволочному полукольцу радиусом 50 см течет ток 1 А. Перпендикулярно плоскости полукольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией 0,01 Тл. Найти силу, растягивающую полукольцо. Ответ: 0,0157 Н.

6.  $\alpha$  - частица, пройдя в электрическом поле некоторую разность потенциалов  $U$ , влетела в однородное магнитное поле перпендикулярно вектору напряженности ( $H=2 \cdot 10^4$  А/м), обладая моментом импульса  $3 \cdot 10^{-20}$  кг·м<sup>2</sup>/с. Определить разность потенциалов.  
Ответ: 238 В.

7. Рельсы железнодорожной колеи шириной 1,2 м, идущие по магнитному меридиану, изолированы друг от друга и от Земли. По этим рельсам идет поезд со скоростью 60 км/ч. Вертикальная составляющая магнитного поля Земли 39,8 А/м. Что покажет вольтметр, включенный между рельсами: 1) когда поезд приближается к прибору; 2) когда поезд удаляется от прибора?  
Ответ: 1 мВ.

8. Две катушки намотаны на один общий сердечник. Индуктивность первой катушки 0,2 Гн, второй - 0,8 Гн. Сопротивление второй катушки 600 Ом. Какой ток потечет во второй катушке, если ток 0,3 А, текущий в первой катушке, выключить в течение 0,001 с?  
Ответ: 0,2 А.

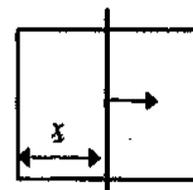
9. Определить энергию магнитного поля соленоида, содержащего 500 витков, которые намотаны на картонный каркас радиусом 2 см и длиной 0,5 м, если по нему идет ток 5 А.  
Ответ:  $10^2$  Дж.

#### Вариант 48

1. По контуру в виде равностороннего треугольника идет ток силой 40 А. Длина стороны треугольника равна 30 см. Определить магнитную индукцию в точке пересечения высот.  
Ответ: 240 мкТл.

2. Два круговых витка радиусами 2 и 3 см расположены в параллельных плоскостях так, что прямая, соединяющая их центры, перпендикулярна этим плоскостям. Расстояние между их центрами 8 см. По второму витку проходит ток 1 А. Какой ток должен проходить по первому витку, чтобы магнитное поле в точке, лежащей на оси витков на равном расстоянии от их центров, было равно нулю?  
Ответ: 1,6 А.

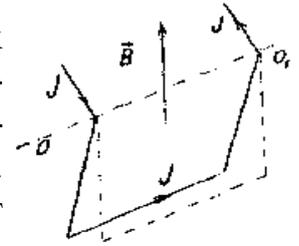
3. Замкнутый контур в форме прямоугольника сделан так, что одна из его сторон может свободно перемещаться, как показано на рисунке. Эта сторона движется со скоростью 2,5 м/с. Считая, что вначале расстояние между сторонами  $x$  было равно нулю, найти, по какому закону от времени должно изменяться магнитное поле, перпендикулярно пронизывающее плоскость контура, чтобы магнитный поток через него не изменялся. Длина движущейся стороны равна 10 см.



Ответ:  $B = \text{const}/(0,25t)$ .

4. До какой скорости на расстоянии 1 м разгонится прямой провод длиной 1,2 м с током 1,5 А, если перед тем, как его отпустили, он находился в 1 см от бесконечного прямого тока 2,3 А? Токи текут в разных направлениях параллельно. Масса провода 10 г.  
Ответ: 2,76 см/с.

5. Медный провод с сечением  $S=2 \text{ мм}^2$ , согнутый в виде трех сторон квадрата, может вращаться, как показано на рисунке около горизонтальной оси  $OO_1$ . Провод находится в однородном магнитном поле, направленном вертикально. Когда по проводу идет ток  $J=10 \text{ А}$ , провод отклоняется от положения равновесия на угол  $\alpha=15^\circ$ . Определить индукцию магнитного поля. Ответ:  $9,35 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ .



6. Частица, пройдя в электрическом поле разность потенциалов  $1500 \text{ В}$ , влетела в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции со скоростью  $10^6 \text{ м/с}$ . Определить частоту обращения частицы по траектории, если индукция равна  $200 \text{ мкТл}$ . Ответ:  $2,12 \cdot 10^4 \text{ с}^{-1}$ .

7. Квадратная рамка со стороной  $1 \text{ м}$  вращается в магнитном поле с частотой  $5 \text{ с}^{-1}$ . Ось вращения рамки перпендикулярна линиям индукции поля. Магнитное поле изменяется по закону  $B=10^3 \cos 10\pi t$ . Какая ЭДС индукции возникнет в рамке через  $10 \text{ с}$  после начала ее вращения, если в начальный момент нормаль к плоскости рамки и вектор  $B$  составляли угол  $0^\circ$ ? Ответ:  $3,14 \cdot 10^2 \text{ В}$ .

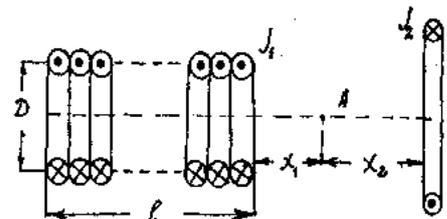
8. Через длинный соленоид, индуктивность которого  $0,4 \text{ мГн}$  и площадь поперечного сечения  $10 \text{ см}^2$ , проходит ток силой  $0,5 \text{ А}$ . Какова индукция поля внутри соленоида, если он содержит  $100$  витков? Ответ:  $2 \text{ мТл}$ .

9. Через катушку, индуктивность которой равна  $0,021 \text{ Гн}$ , течет ток, изменяющийся со временем по закону  $J=J_0 \sin \omega t$ , где  $J_0=5 \text{ А}$ ,  $\omega=2\pi/T$  и  $T=0,02 \text{ с}$ . Найти: 1) зависимость от времени энергии магнитного поля катушки; 2) энергию поля через время  $t=0,025 \text{ с}$ . Ответ:  $0,263 \sin^2 100\pi t$ ;  $0,263 \text{ Дж}$ .

### Вариант 49

1. Вычислить напряженность магнитного поля, создаваемого отрезком  $AB$  прямолинейного проводника с током в точке  $C$ , расположенной на перпендикуляре к середине этого отрезка на расстоянии  $6 \text{ см}$  от него. По проводнику течет ток  $30 \text{ А}$ . Отрезок  $AB$  проводника виден из точки  $C$  под углом  $90^\circ$ . Ответ:  $56,5 \text{ А/м}$ .

2. Прямой соленоид конечной длины  $\ell=20 \text{ см}$  и диаметром  $D=10 \text{ см}$  имеет  $1000$  витков на  $1 \text{ м}$  длины. По соленоиду течет ток  $J_1=10^{-2} \text{ А}$ . По оси соленоида перпендикулярно чертежу расположен круговой виток радиусом  $R=5 \text{ см}$  с током  $J_2=1 \text{ А}$  на расстоянии  $x_2=5 \text{ см}$  от точки  $A$ , которая находится на расстоянии  $x_1=3 \text{ см}$  от соленоида. Определить напряженность магнитного поля в точке  $A$ .

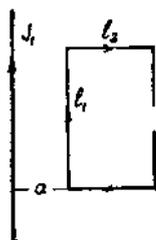


Ответ:  $3,53 \text{ А/м}$ .

3. Во сколько раз изменится магнитный поток через контур, имеющий форму квадрата, если его деформировать в форму окружности? Проволоку, из которой сделан контур, считать нерастяжимой. Ответ: в 1,27 раза.

4. Плоский квадратный контур со стороной  $a=10$  см, по которому течет ток  $J=100$  А, свободно установился в однородном магнитном поле ( $B=1$  Тл). Определить работу, совершаемую внешними силами при повороте контура относительно оси, проходящей через середину его противоположных сторон, на угол: 1)  $\varphi_1=90^\circ$ ; 2)  $\varphi_2=3^\circ$ . При повороте контура сила тока в нем поддерживается постоянной. Ответ: 1 Дж; 1,37 мДж.

5. В одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводом, по которому течет ток  $J_1=5$  А, расположена прямоугольная рамка ( $20 \times 10$  см), по которой течет ток  $J_2=0,2$  А. Ближайшая к проводу сторона находится от него на расстоянии  $a=5$  см. Определить силы, действующие на все стороны рамки. Ответ:  $3,3 \cdot 10^{-7}$ ;  $8 \cdot 10^{-7}$ ;  $2,67 \cdot 10^{-8}$  Н.



6. Протон, пройдя ускоряющую разность потенциалов 2500 В, влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции и стал вращаться с частотой  $10^{10}$  Гц. Определить значение силы Лоренца, действующей на протон.

Ответ:  $7,26 \cdot 10$  Н.

7. Рамка площадью  $100$  см<sup>2</sup> содержит 1000 витков провода сопротивлением 12 Ом. К концам обмотки подключено внешнее сопротивление 20 Ом. Рамка равномерно вращается в однородном магнитном поле индукцией 0,1 Тл, делая 8 об/с. Чему равно максимальное значение мощности переменного тока в цепи? Ответ: 79 Вт.

8. Имеется катушка индуктивностью 0,1 Гн и сопротивлением 0,8 Ом. Определить, во сколько раз уменьшится сила тока в катушке через 30 мс, если источник тока отключить и катушку замкнуть накоротко. Ответ: в 1,27 раза.

9. Определить энергию магнитного поля катушки, содержащей 120 витков, если при токе 7,5 А магнитный поток в ней равен  $2,3 \cdot 10^{-3}$  Вб. Ответ: 1 Дж.

### Вариант 50

1. По прямолинейному проводнику течет ток 12 А. Определить напряженность магнитного поля в точке, равноудаленной от концов проводника длиной  $\ell=20$  см и находящейся на расстоянии  $r_0=8$  см от оси проводника. Решить задачу для случая  $\ell \gg r_0$ . Ответ: 18,6; 23,8 А/м.

2. Бесконечно длинный тонкий проводник с током силой 50 А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом  $R=10$  см. Определить в точке О магнитную индукцию поля, создаваемого этим током.



Ответ: 182 мкТл.

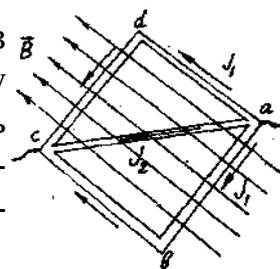
3. Найти зависимость от времени магнитного потока, пронизывающего рамку площадью  $300 \text{ см}^2$ , вращающуюся в магнитном поле индукцией  $0,06 \text{ Тл}$ , направленного перпендикулярно оси вращения. Частота вращения  $10 \text{ об/с}$ .

Ответ:  $\Phi(t) = 1,8 \cdot 10^{-3} \cos(62,8 \cdot t) \text{ Вб}$ .

4. Контур в магнитном поле представляет собой квадрат со стороной  $5 \text{ см}$ , причем две стороны изготовлены из тонкой стальной растяжимой спирали с коэффициентом жесткости  $0,5 \text{ Н/м}$ . По контуру течет ток  $8 \text{ А}$ . Как сожмется квадрат, если его вынести из перпендикулярного магнитного поля индукцией  $6 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ ? Ток не изменяется. Считать, что контур сжимается.

Ответ: на  $0,96 \text{ см}$ .

5. Контур, представляющий собой квадрат, изготовлен из медной проволоки сечением  $1 \text{ мм}^2$  и подключен к источнику постоянного напряжения  $110 \text{ В}$  (в точках  $a$  и  $c$ ). Плоскость квадрата расположена параллельно магнитному полю с индукцией  $1,7 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ . Определить величину и направление силы, действующей со стороны поля на контур.



Ответ:  $1,87 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$ .

6. Какую разность потенциалов прошел электрон в электрическом поле, если после того, как он попал в однородное магнитное поле с напряженностью  $100 \text{ А/м}$ , он стал двигаться по окружности радиусом  $1 \text{ м}$ ?

Ответ:  $1387 \text{ В}$ .

7. Горизонтальный металлический стержень длиной  $0,5 \text{ м}$  вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов, делая  $2 \text{ об/с}$ . Определить разность потенциалов между концами стержня, если вертикальная составляющая напряженности магнитного поля Земли равна  $40 \text{ А/м}$ .

Ответ:  $7,9 \cdot 10^{-5} \text{ В}$ .

8. На круглом деревянном цилиндре имеется обмотка из медной проволоки массой  $0,05 \text{ кг}$ . Расстояние между крайними витками, равное  $60 \text{ см}$ , много больше диаметра цилиндра. Сопротивление обмотки равно  $30 \text{ Ом}$ . Какова индуктивность катушки?

Ответ:  $1,75 \text{ мГн}$ .

9. В соленоиде без сердечника, содержащем  $400 \text{ витков}$ , намотанных на картонный цилиндр радиусом  $2 \text{ см}$  и длиной  $0,4 \text{ м}$ , ток изменяется по закону  $J = 0,2t$ . Определить энергию магнитного поля в конце десятой секунды.

Ответ:  $1,26 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ .

### Вариант 51

1. Определить напряженность магнитного поля создаваемого током  $5 \text{ А}$ , текущим по проводу, согнутому в виде прямоугольника со сторонами  $a = 16 \text{ см}$  и  $b = 30 \text{ см}$ , в его центре.

Ответ:  $27,1 \text{ А/м}$ .

2. Два круговых витка радиусами 4 см каждый расположены в параллельных плоскостях на расстоянии 5 см друг от друга. По виткам текут токи по 4 А. Найти напряженность магнитного поля в центре одного из витков. Рассмотреть два случая: 1) токи текут в витках в одном направлении; 2) токи текут в противоположных направлениях. Ответ: 62,2 А/м; 38,2 А/м.

3. Какой магнитный поток пронизывает пустотелый цилиндр радиусом 10 см и длиной 1 м, если через его ось проходит бесконечно длинный проводник с током 8 А? Ответ: 0.

4. Из контура, имеющего форму "восьмерки" с одинаковыми окружностями по 10 см, делают "восьмерку" с окружностями, радиусы которых отличаются вдвое. Какая при этом совершается работа, если по "восьмерке" течет ток 3 А, а магнитное поле перпендикулярно ей и равно 0,05 Тл? Провода считать нерастяжимыми. Ответ: 0,0047 Дж.

5. Найти модуль и направление вектора силы, действующей на единицу длины тонкого провода с током  $J=10$  А в точке  $O$ , если проводник изогнут, как показано на рисунке. Расстояние  $a=10$  см. Ответ:  $2,83 \cdot 10^{-2}$  Н/м.



6. Микрочастица, пройдя в однородном электрическом поле с напряженностью  $10^4$  В/м путь 40 см, влетела в однородное магнитное поле индукцией 1,5 Тл перпендикулярно силовым линиям со скоростью  $10^5$  м/с. Определить период обращения частицы по траектории. Ответ:  $2,67 \cdot 10^{-6}$  с.

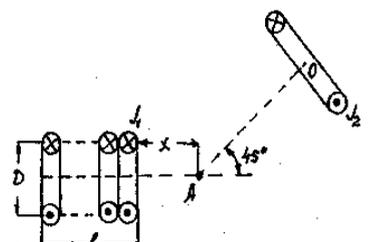
7. Соленоид, имеющий 200 витков, находится в магнитном поле, индукция которого увеличивается от 2 до 6 Тл в течение 0,1 с. Определить среднее значение ЭДС индукции в соленоиде, если его площадь  $80$  см<sup>2</sup>. Плоскость витков перпендикулярна силовым линиям поля. Ответ:  $6,4 \cdot 10^{-7}$  В.

8. Нужно изготовить соленоид из медного провода диаметром 0,6 мм. Длина соленоида 20 см. Какое должно быть поперечное сечение соленоида, если индуктивность соленоида должна быть 0,01 Гн? Ответ:  $1,43 \cdot 10^2$  м<sup>2</sup>.

9. Определить индуктивность соленоида, в котором при равномерном увеличении тока на 2 А энергия магнитного поля увеличивается на  $10^{-2}$  Дж. Средняя сила тока в цепи 5 А. Ответ:  $10^{-2}$  Гн.

### ВАРИАНТ 52

1. Короткий соленоид длиной  $\ell = 10$  см и диаметром  $D=10$  см имеет 1000 витков провода и по нему течет ток 100 мА. Круговой контур радиусом 10 см содержит 100 витков провода и по нему течет ток 10 А. Определить индукцию в точке, находящейся на рас-



стоянии  $x=5$  см от соленоида и 10 см от витка. Ответ:  $1,66 \cdot 10^{-3}$  Тл.

2. Четыре бесконечно длинных проводника с токами по 20 А расположены в вершинах квадрата со стороной 20 см. Найти напряженность магнитного поля в центре квадрата, если два тока направлены в одну сторону, а два других в противоположную. Рассмотреть возможные ситуации. Ответ: 63,69 А/м; 0 А/м.

3. Какой магнитный поток проходит через прямоугольник со сторонами 5 и 10 см, если на расстоянии 5 см, параллельно его длинной стороне, находится проводник с током 10 А, а параллельно противоположной стороне на расстоянии 10 см – проводник током 5 А, текущим в противоположном направлении? Проводники и прямоугольник лежат в одной плоскости. Ответ:  $2,48 \cdot 10^{-7}$  Вб.

4. На какой угол нужно повернуть перпендикулярный магнитному полю замкнутый контур, чтобы совершить работу 2 Дж? Площадь контура 0,3 м<sup>2</sup>. Индукция поля 2 Тл. Ток в контуре 10 А. Ответ: 70,5°.

5. Три бесконечно длинных прямых проводника расположены параллельно друг другу согласно рисунку.  $J_1=10$  А;  $J_2=15$  А;  $J_3=8$  А;  $a=3$  см;  $b=4$  см;  $c=5$  см. Определить силу, действующую на единицу длины третьего проводника со стороны двух других. Ответ:  $6,6 \cdot 10^{-4}$  Н/м.

6. Положительно заряженная частица влетает в одинаково направленные, перпендикулярно ее скорости, однородные магнитное и электрическое поля. Определить, под каким углом к полям будет направлено ее ускорение, если скорость частицы 10<sup>3</sup> м/с, индукция магнитного поля  $5 \cdot 10^2$  Тл, напряженность электрического поля 35 В/м. Ответ: 55°.

7. В магнитном поле, меняющееся по закону  $B=B_0 \cos \omega t$  ( $B_0=0,1$  Тл;  $\omega=4$  с<sup>-1</sup>), помещена квадратная рамка со стороной 50 см, причем нормаль к рамке образует с направлением поля угол 45°. Определить ЭДС индукции, возникающую в рамке через 5 с. Ответ: 64 мВ.

8. Определить индуктивность катушки, если при изменении силы тока от 5 до 10 А за 0,1 с в ней возникает ЭДС самоиндукции 10 В. Ответ: 0,2 Гн.

9. Энергия магнитного поля контура изменилась на 0,8 Дж при изменении тока в нем от 3 до 6,5 А. Определить время изменения тока и индуктивность контура, если ЭДС самоиндукции 340 мВ. Ответ: 0,5 с; 48,5 мГн.

### ВАРИАНТ 53

1. По контуру в виде квадрата идет ток силой 50 А. Длина стороны квадрата 20 см. Определить магнитную индукцию в точке пересечения диагоналей.

Ответ: 282 мкТл.

2. Два concentрических проволочных кольца расположены так, что угол между их плоскостями составляет  $120^\circ$ . Найти напряженность поля в центре, если радиусы колец  $15\text{ см}$ , а токи направлены против часовой стрелки и равны  $5\text{ А}$ .

Ответ:  $28,8\text{ А/м}$ .

3. Какой магнитный поток пересекает стержень длиной  $1,5\text{ м}$  за  $1\text{ с}$ , движущийся со скоростью  $2\text{ м/с}$  в магнитном поле индукцией  $0,07\text{ Тл}$ ? Магнитное поле перпендикулярно плоскости движения. Вектор скорости перпендикулярен стержню.

Ответ:  $0$

4. Найти работу по повороту одной из окружностей «восьмерки» на  $90^\circ$  относительно другой в первоначально перпендикулярном магнитном поле индукцией  $0,09\text{ Тл}$ , если радиусы окружностей равны  $12\text{ см}$ , а ток -  $6\text{ А}$ .

Ответ:  $2,4 \cdot 10^{-2}\text{ Дж}$ .

5. По прямому горизонтально расположенному проводу проходит ток  $J_1=1000\text{ А}$ . Под ним находится второй, параллельный провод, по которому пропускают ток  $J_2$ . Расстояние между проводами  $d=5\text{ см}$ . Определить величину тока во втором проводнике, чтобы он находился в состоянии равновесия незакрепленным, если вес  $1\text{ м}$  проводника равен  $0,1\text{ Н}$ .

Ответ:  $25\text{ А}$ .

6. Определить отношение заряда к массе частицы, которая прошла в электрическом поле разность потенциалов  $1\text{ МэВ}$ , если радиус окружности, по которой она стала вращаться в однородном магнитном поле с индукцией  $1\text{ Тл}$ , равен  $20\text{ см}$ .

Ответ:  $5 \cdot 10^7\text{ Кл/кг}$ .

7. Индукция магнитного поля между полюсами двухполюсного генератора  $0,8\text{ Тл}$ . Ротор имеет  $100\text{ витков}$  площадью  $400\text{ см}^2$ . Сколько оборотов в минуту делает якорь, если максимальное значение ЭДС индукции  $200\text{ В}$ ?

Ответ:  $600\text{ об/мин}$ .

8. Длинный прямой соленоид, намотанный на немагнитный каркас, имеет  $1000\text{ витков}$ . Индуктивность соленоида  $3\text{ мГн}$ . Какой магнитный поток и какое потокосцепление создает соленоид при токе силой  $1\text{ А}$ ?

Ответ:  $3\text{ мкВб}$ ;  $3\text{ мВб}$ .

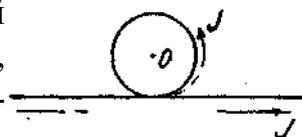
9. Обмотка соленоида содержит  $20\text{ витков}$  на каждый сантиметр длины. При какой силе тока объемная плотность энергии магнитного поля будет  $0,1\text{ Дж/м}^3$ ? Сердечник выполнен из немагнитного материала.

Ответ:  $0,2\text{ А}$ .

#### Вариант 54

1. Бесконечно длинный тонкий проводник с током силой  $50\text{ А}$  имеет изгиб в виде круговой петли радиусом  $10\text{ см}$ , как это изображено на рисунке. Определить магнитную индукцию в точке  $O$ .

Ответ:  $414\text{ мкТл}$ .



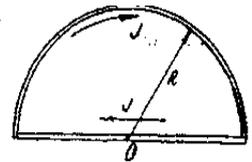
2. По двум длинным проводам, расположенным параллельно друг другу на расстоянии  $5\text{ см}$ , текут токи в одном направлении ( $J_1=5\text{ А}$  и  $J_2=10\text{ А}$ ). Определить

напряженность магнитного поля в точке, отстоящей на  $r_1=2$  см от первого провода и на  $r_2=5$  см от второго. Ответ: 56 А/м.

3. Из двух проволок длиной 75 см каждая сделаны окружность и «восьмерка» (две одинаковые окружности). На сколько отличаются потоки через эти контуры, если магнитное поле индукцией 0,02 Тл перпендикулярно им? Ответ:  $0,45 \cdot 10^{-3}$  Вб.

4. Найти работу по повороту одной из окружностей «восьмерки» на  $45^\circ$  относительно другой в первоначально перпендикулярном магнитном поле индукцией 0,09 Тл, если радиус поворачиваемой окружности равен 8 см, а ток - 6 А. Ответ: 0,0076 Дж.

5. Найти модуль и направление вектора силы, действующей на единицу длины тонкого провода с током  $J=8$  А в точке О. Радиус закругления  $R=10$  см. Ответ:  $2 \cdot 10^{-5}$  Н/м.



6. Определить силу Лоренца, действующую на частицу, влетевшую в однородное магнитное поле с индукцией 200 Тл и начавшую вращаться по окружности радиусом 20 см, если момент импульса частицы был равен  $3,2 \cdot 10^{-21}$  кг·м<sup>2</sup>/с, а отношение заряда к массе равно  $9,58 \cdot 10^7$  Кл/кг. Ответ:  $3,07 \cdot 10^{-10}$  Н.

7. Электромагнит создает в воздухе магнитное поле напряженностью  $4 \cdot 10^5$  А/м. С какой наименьшей скоростью надо двигать в этом поле проводник длиной 10 см, чтобы возбудить в нем ЭДС индукции 1 В? Ответ: 20 м/с.

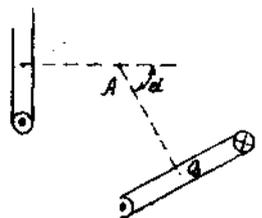
8. В однородном магнитном поле находится катушка, имеющая 10 витков. Поток вектора магнитной индукции через катушку 0,2 мВб. После выключения магнитного поля в катушке возник ток силой 20 А. Чему равна индуктивность катушки? Ответ: 0,1 мГн.

9. Соленоид имеет длину 0,6 м и сечение 10 см<sup>2</sup>. При некоторой силе тока, протекающего по обмотке, в соленоиде создается магнитный поток 0,1 мВб. Чему равна энергия магнитного поля соленоида? Сердечник выполнен из немагнитного материала. Ответ: 2,4 Дж.

### Вариант 55

1. По двум бесконечно длинным прямым проводам, расположенным под прямым углом друг к другу, текут токи  $J_1=30$  А и  $J_2=40$  А. Расстояние между проводами 20 см. Определить магнитную индукцию в точке, находящейся посередине между проводниками. Ответ: 50 мкТл.

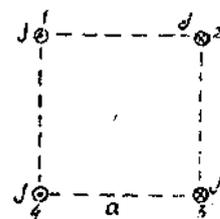
2. Два круговых витка с токами  $J_1=1,5$  А и  $J_2=2$  А расположены так, как изображено на рисунке. Определить индукцию магнитного поля в точке А, находящейся на расстоянии 20 см от первого витка и 25 см от второго витка, если угол  $\alpha=60^\circ$ .  $R_1=R_2=0,05$  м. Ответ:  $4 \cdot 10^{-7}$  Тл.



3. Рамка находится в магнитном поле, перпендикулярном ее плоскости, причем половина рамки находится в поле с индукцией  $1,2 \text{ Тл}$ , а вторая половина - в поле с индукцией  $0,6 \text{ Тл}$ . Найти полный магнитный поток через рамку, если ее площадь равна  $0,25 \text{ м}^2$ .  
 Ответ:  $0,225 \text{ Вб}$ .

4. Найти работу, необходимую для поддержания постоянного тока  $1 \text{ А}$  в квадратном контуре со стороной  $5 \text{ см}$ , если перпендикулярное к нему поле в  $1,5 \text{ Тл}$  уменьшилось в  $3 \text{ раза}$  на одной из половинок квадрата.  
 Ответ:  $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}$ .

5. Концы четырех параллельных проводников достаточно большой длины образуют квадрат со стороной  $a=0,2 \text{ м}$ . По каждому проводу течет ток  $20 \text{ А}$ . Какова величина силы, действующей на  $1 \text{ м}$  левого нижнего провода, и каково направление этой силы?  
 Ответ:  $6,32 \cdot 10^{-4} \text{ Н/м}$ .



6. Определить радиус окружности, по которой начнет вращаться протон, имеющий момент импульса  $4 \cdot 10^{-22} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$ , влетевший в однородное магнитное поле с индукцией  $1 \text{ Тл}$ .  
 Ответ:  $5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ .

7. В проволочное кольцо, присоединенное к баллистическому гальванометру, вставили прямой магнит. При этом по цепи прошел заряд  $50 \text{ мкКл}$ . Определить изменение магнитного потока через кольцо, если сопротивление цепи гальванометра  $10 \text{ Ом}$ .  
 Ответ:  $5 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$ .

8. Соленоид длиной  $10 \text{ см}$  и площадью поперечного сечения  $3 \text{ см}^2$ , содержащий  $1000$  витков, может быть подключен к источнику ЭДС  $12 \text{ В}$ . Определить силу тока через  $0,01 \text{ с}$  после замыкания ключа.  
 Ответ:  $31,8 \text{ А}$ .

9. Соленоид длиной  $50 \text{ см}$  и площадью поперечного сечения  $2 \text{ см}^2$  имеет индуктивность  $2 \cdot 10^{-7} \text{ Гн}$ . При какой силе тока объемная плотность энергии магнитного поля внутри соленоиде равна  $10^3 \text{ Дж/м}^3$ ?  
 Ответ:  $1 \text{ А}$ .

### Вариант 56

1. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи силой по  $30 \text{ А}$  в одном направлении. Расстояние между проводами  $10 \text{ см}$ . Вычислить магнитную индукцию в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние  $10 \text{ см}$ .  
 Ответ:  $87,2 \text{ мкТл}$ .

2. Катушка длиной  $20 \text{ см}$  содержит  $100$  витков. По ее обмотке идет ток силой  $5 \text{ А}$ . Диаметр катушки  $20 \text{ см}$ . Определить магнитную индукцию в точке, лежащей на оси катушки на расстоянии  $10 \text{ см}$  от ее конца.  
 Ответ:  $606 \text{ мкТл}$ .

3. Контур, имеющий форму окружности, пронизывается однородным магнитным полем индукцией  $0,4 \text{ Тл}$ . Угол между перпендикуляром к плоскости и силовыми

линиями поля равен  $30^\circ$ . Найти радиус контура, если магнитный поток через него равен  $1,5 \cdot 10^{-5}$  Вб. Ответ: 3,16 мм.

4. Найти работу, необходимую для превращения прямоугольного контура с током  $5$  А и сторонами  $5$  и  $15$  см в  $60$ -градусный «уголок» в первоначально перпендикулярном к прямоугольнику магнитном поле индукцией  $0,08$  Тл. Ось перегиба делит контур на две одинаковые части. Ответ:  $2,25 \cdot 10^{-2}$  Дж.

5. По прямому горизонтально расположенному проводу пропускают ток  $J_1=10$  А. Под ним на расстоянии  $1,5$  см находится параллельный ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток  $J_2=1,5$  А. Определить, какова должна быть площадь поперечного сечения алюминиевого провода, чтобы он удерживался незакрепленным. Плотность алюминия  $2,7$  г/см<sup>3</sup>. Ответ:  $7,55 \cdot 10^{-9}$  м<sup>2</sup>.

6. Определить момент инерции электрона,- влетевшего в однородное магнитное поле со скоростью  $10^5$  м/с и вращающегося в нем по окружности с периодом  $4 \cdot 10^{-5}$  с. Ответ:  $3,7 \cdot 10^{-31}$  кг·м<sup>2</sup>.

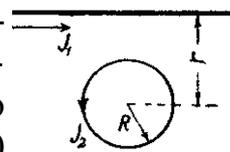
7. Рамка из провода сопротивлением  $0,04$  Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле индукцией  $0,6$  Тл. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки  $200$  см<sup>2</sup>. Определить заряд, который потечет по рамке при изменении угла между нормалью к рамке и линиями индукции: 1) от  $0^\circ$  до  $45^\circ$ ; 2) от  $45^\circ$  до  $90^\circ$ . Ответ:  $0,09$  Кл;  $0,21$  Кл.

8. На картонный каркас длиной  $0,8$  м и диаметром  $4$  см намотан в один слой провод диаметром  $0,25$  мм так, что витки плотно прилегают друг к другу. Вычислить индуктивность получившегося соленоида. Ответ:  $20$  мГн.

9. В соленоиде сечением  $5$  см<sup>2</sup> создан магнитный поток  $20$  мкВб. Определить объемную плотность энергии магнитного поля соленоида. Сердечник отсутствует. Ответ:  $600$  Дж/м<sup>3</sup>.

### Вариант 57

1. Круговой виток радиусом  $R=30$  см и бесконечно длинный проводник расположены так, как показано на рисунке (виток и проводник параллельны). По проводнику идет ток  $J_1=3,14$  А, по витку  $J_2=3$  А. Расстояние от центра витка до прямого провода  $r=20$  см. Найти магнитную индукцию в центре витка. Ответ:  $7 \cdot 10^{-6}$  Тл.



2. Сколько медного провода понадобится для изготовления соленоида, в котором можно, было бы получить в центре его магнитное поле с индукцией  $5 \cdot 10^{-2}$  Тл при напряжении на катушке  $110$  В? Допустимую плотность тока  $j$  для меди считать равной  $20$  А/мм<sup>2</sup>. Витки прилегают друг к другу плотно. Ответ:  $14,5$  кг.

3. Рамка находится в магнитном поле, перпендикулярном ее плоскости, причем

половина рамки находится в поле с индукцией  $1,2 \text{ Тл}$ , а другая половина - в поле с индукцией  $0,6 \text{ Тл}$ . Найти магнитный поток через рамку, если ее площадь равна  $0,25 \text{ м}^2$ .  
Ответ:  $0,225 \text{ Вб}$ .

4. Найти работу, необходимую для превращения прямоугольного контура с током  $5 \text{ А}$  и сторонами  $5$  и  $15 \text{ см}$  в прямоугольный «уголок» в первоначально перпендикулярном к прямоугольнику магнитном поле индукцией  $0,08 \text{ Тл}$ . Ось перегиба делит контур на две одинаковые части.  
Ответ:  $1,5 \cdot 10^2 \text{ Дж}$ .

5. Два бесконечно прямолинейных параллельных проводника с одинаковыми токами, текущими в одном направлении, находятся друг от друга на расстоянии  $R$ . Чтобы их раздвинуть до расстояния  $2R$ , на каждый сантиметр длины проводника затрачивается работа  $138 \text{ нДж}$ . Определить силу тока в проводниках.  
Ответ:  $10 \text{ А}$ .

6. Электрон, обладая скоростью  $10 \text{ Мм/с}$ , влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Индукция магнитного поля  $0,1 \text{ мТл}$ . Определить нормальное и тангенциальное ускорение электрона.  
Ответ:  $a_n = \text{const} = 1,76 \cdot 10^{14} \text{ м/с}^2$ ;  $a_\tau = 0$ .

7. Определить ЭДС индукции, возникающую на концах крыльев самолета, движущегося горизонтально со скоростью  $900 \text{ км/час}$ , если размах крыльев самолета  $36,5 \text{ м}$ , а вертикальная составляющая напряженности магнитного поля Земли  $40 \text{ А/м}$ .  
Ответ:  $0,46 \text{ В}$ .

8. По длинному соленоиду с немагнитным сердечником сечением  $5 \text{ см}^2$ , содержащему  $1200$  витков, течет ток силой  $2 \text{ А}$ . Индукция магнитного поля в центре соленоида  $10 \text{ мТл}$ . Определить его индуктивность.  
Ответ:  $3 \text{ мГн}$ .

9. Магнитный поток в соленоиде, содержащем  $1000$  витков, равен  $0,2 \text{ мВб}$ . Определить энергию магнитного поля соленоида, если сила тока, протекающего по виткам соленоида,  $1 \text{ А}$ . Сердечник отсутствует.  
Ответ:  $0,1 \text{ Дж}$ .

### Вариант 58

1. По бесконечно длинному прямому проводу, изогнутому так, как показано на рисунке, течет ток силой  $100 \text{ А}$ . Определить магнитную индукцию в точке  $O$ , если  $r=10 \text{ см}$ .  
Ответ:  $357 \text{ мкТл}$ .



2. В центре витка радиусом  $30 \text{ см}$  находится компас, установленный в горизонтальной плоскости. При отсутствии тока в контуре магнитная стрелка лежит в плоскости витка. Если по витку пропустить ток  $5 \text{ А}$ , стрелка поворачивается на угол  $30^\circ$ . Определить горизонтальную составляющую индукции магнитного поля Земли.  
Ответ:  $1,8 \cdot 10^5 \text{ Тл}$ .

3. Плоскость контура, имеющего площадь  $80 \text{ см}^2$ , перпендикулярна вектору индук-

ции магнитного поля, пронизывающего контур. Найти индукцию поля, если магнитный поток через контур равен  $0,15 \text{ Вб}$ . Ответ:  $2 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ .

4. Найти работу, необходимую для поддержания постоянного тока  $2 \text{ А}$  в квадратном контуре со стороной  $10 \text{ см}$ , если перпендикулярное к нему магнитное поле индукцией  $2 \text{ Тл}$  на одной из половин квадрата меняет направление на  $30^\circ$ .

Ответ:  $10^{-2} \text{ Дж}$ .

5. Контур из провода, изогнутого в форме квадрата со стороной  $0,5 \text{ м}$ , расположен в одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током  $1 \text{ А}$ . Определить силу, действующую на контур с таким же током, если ближайшая к проводу сторона контура находится на расстоянии  $10 \text{ см}$  и токи текут в одном направлении.

Ответ:  $833 \text{ мкН}$ .

6. Частица, несущая один элементарный заряд, влетает в магнитное поле перпендикулярно линиям индукции, обладая моментом импульса, равным  $1,6 \cdot 10^{-17} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$ . Радиус окружности равен  $10 \text{ м}$ . Определить величину индукции поля и частоту вращения. Ответ:  $11 \text{ Тл}; 2,8 \cdot 10^5 \text{ Гц}$ .

7. Тонкий медный провод массой  $5 \text{ г}$  согнут в виде квадрата, и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле индукцией  $0,2 \text{ Тл}$  так, что его плоскость перпендикулярна линиям поля. Определить заряд, который потечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию. Ответ:  $0,4 \text{ Кл}$ .

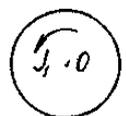
8. Из какого числа витков проволоки состоит однослойная обмотка катушки, индуктивность которой  $0,001 \text{ Гн}$ ? Диаметр катушки  $4 \text{ см}$ , диаметр проволоки  $0,6 \text{ мм}$ . Витки плотно прилегают друг к другу. Ответ:  $380$ .

9. Диаметр тороида (по средней линии)  $50 \text{ см}$ . Тороид содержит  $2000$  витков и имеет площадь сечения  $20 \text{ см}^2$ . Вычислить энергию магнитного поля тороида при силе тока  $5 \text{ А}$ . Сердечник выполнен из немагнитного материала. Ответ:  $8 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$ .

### Вариант 59

1. По проводу, согнутому в виде правильного шестиугольника с длиной стороны  $20 \text{ см}$ , течет ток силой  $100 \text{ А}$ . Найти напряженность магнитного поля в центре шестиугольника. Для сравнения определить напряженность поля в центре кругового витка, совпадающего с окружностью, описанной около данного шестиугольника. Ответ:  $275; 250 \text{ А/м}$ .

2. Круговой проводник радиусом  $r=5,2 \text{ см}$  с током  $J_1=13,4 \text{ А}$  и прямолинейный проводник с током  $J_2=22 \text{ А}$  находятся в одной плоскости (см. рисунок). Расстояние от прямолинейного проводника до центра кругового тока  $r=8,3 \text{ см}$ . Найти напряженность и



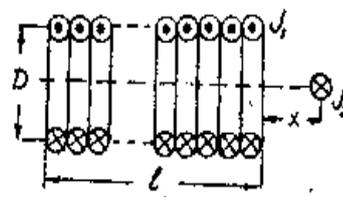
индукцию магнитного поля в центре кругового тока, если проводники находятся в воздухе. Ответ:  $1,7 \cdot 10^2 \text{ А/м}$ ;  $2,148 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}$ .

3. Магнитное поле через контур, имеющий форму окружности радиусом  $10 \text{ см}$ , изменяется по закону  $B(t) = B_0 \cdot t^2$ , где  $B_0 = 10^{-4} \text{ Тл}$ . Найти магнитный поток через этот контур по прошествии  $25 \text{ с}$ . Поле перпендикулярно контуру.

Ответ:  $1,96 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}$ .

4. Замкнутый контур, имеющий форму окружности, превращают в «восьмерку» (две окружности - радиус одной в два раза меньше радиуса другой). Какую при этом совершили работу, если радиус контура был равен  $30 \text{ см}$ ? Ток неизменен -  $5 \text{ А}$ . Магнитное поле перпендикулярно контуру и равно  $0,4 \text{ Тл}$ .  
 Ответ:  $0,28 \text{ Дж}$ .

5. Прямой соленоид конечной длины  $\ell = 20 \text{ см}$  и диаметром  $D = 10 \text{ см}$  имеет  $20000$  витков на  $1 \text{ м}$  длины. По соленоиду течет ток  $J_1 = 2 \text{ А}$ . Определить силу, действующую на  $1 \text{ см}$  прямого проводника с током  $J_2 = 10 \text{ А}$ , расположенного по оси соленоида на расстоянии  $2 \text{ см}$  от его конца.



Ответ:  $2,486 \cdot 10^3 \text{ Н}$ .

6. Электрон, влетевший в однородное магнитное поле, начал вращаться по окружности радиусом  $10 \text{ м}$ , обладая моментом импульса  $1,6 \cdot 10^{-11} \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$ . Определить величину индукции магнитного поля и частоту обращения электрона по траектории.

Ответ:  $1000 \text{ Тл}$ ;  $2,8 \cdot 10^8 \text{ с}^{-1}$ .

7. Проводник длиной  $0,6 \text{ м}$  и сопротивлением  $0,02 \text{ Ом}$  движется по медным шинам, подключенным к источнику с ЭДС  $0,96 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $0,01 \text{ Ом}$ . Определить силу тока в проводнике, если он движется равномерно со скоростью  $0,5 \text{ м/с}$  перпендикулярно магнитному полю с индукцией  $1,6 \text{ Тл}$ .

Ответ:  $16 \text{ А}$ .

8. По катушке, индуктивность которой  $0,03 \text{ мГн}$ , течет ток силой  $0,6 \text{ А}$ . При выключении тока он изменяется практически до нуля за время  $1,2 \cdot 10^{-4} \text{ с}$ . Определить среднее значение величины ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре.

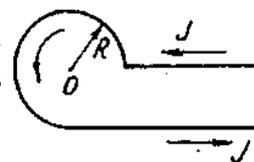
Ответ:  $0,15 \text{ В}$ .

9. По проводнику, изогнутому в виде кольца радиусом  $20 \text{ см}$ , содержащему  $500$  витков, течет ток силой  $1 \text{ А}$ . Определить объемную плотность энергии магнитного поля в центре кольца.

Ответ:  $1 \text{ Дж/м}^3$ .

### ВАРИАНТ 60

1. Бесконечно длинный тонкий проводник с током силой  $50 \text{ А}$  имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом  $10 \text{ см}$ . Определить в точке  $O$  магнитную индукцию поля, создаваемого этим током.



Ответ: 286 мкТл.

2. Обмотка соленоида выполнена тонким проводом с плотно прилегающими друг к другу витками. Длина соленоида равна 1 м, его диаметр 2 см. По обмотке идет ток. Вычислить размеры участка на осевой линии, в пределах которого напряженность поля  $H_1$  может быть вычислена по формуле бесконечно длинного соленоида с погрешностью, не превышающей 0,1%. Ответ: 68,4 см.

3. Какой поток пересекает провод длиной 2 м при перемещении с расстояния 10 м до расстояния 1 м от параллельного длинного проводника с током 3 А? Ответ:  $2,8 \cdot 10^6$  Вб.

4. Виток, по которому течет ток 20 А, свободно установился в магнитном поле с индукцией 0,016 Тл. Диаметр витка 10 см. Какую работу нужно совершить по перемещению витка в область пространства без магнитного поля? Ответ:  $2,5 \cdot 10^3$  Дж.

5. Прямой длинный проводник и прямоугольная рамка расположены в одной плоскости, причем большая сторона длиной 30 см параллельна проводу. Определить первоначальное значение силы, действующей на контур, если в проводнике ток  $J_2=10$  А, в контуре  $J_1=100$  А;  $a=10$  см,  $d=20$  см. Ответ:  $10^4$  Н.

6. Протон, ускоренный разностью потенциалов 0,5 кВ, влетая в однородное магнитное поле индукцией 2 мТл, движется по окружности. Определить радиус этой окружности. Ответ: 16,1 см.

7. Соленоид диаметром 3 см и длиной 50 см имеет однослойную обмотку из плотно прилегающих друг к другу витков алюминиевого провода ( $\rho=26$  нОм·м) диаметром 0,3 мм. По соленоиду течет ток 0,5 А. Определить количество электричества, протекающего по соленоиду, если его концы замкнуть. Ответ: 3,16 нКл.

8. Индуктивность соленоида, намотанного в один слой на немагнитный каркас, 1,6 мГн. Длина соленоида 1 м, сечение  $20$  см<sup>2</sup>. Сколько витков приходится на каждый сантиметр длины соленоида? Ответ: 8.

9. При какой силе тока в прямолинейном проводе бесконечной длины на расстоянии 5 см от него объемная плотность энергии магнитного поля будет  $1$  мДж/м<sup>3</sup>? Ответ: 8,86 А.

**Составители:**

С.В. Викулов,  
И.М. Дзю,  
А.П. Минаев

## **ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ**

**СБОРНИК ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ ПО ФИЗИКЕ**

Редактор Т.К. Коробкова  
Компьютерная верстка В.Н. Зенина

Подписано к печати 7 декабря 2015 г. Формат 60x84/16.  
Объем 3,5 уч.-изд.л., 4,8 усл.печ.л. Тираж 100 экз.  
Изд. №90. Заказ №1495

---

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»  
630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб.106.  
Тел. (383) 267-09-10. E-mail.ru