

$$\Delta\Phi = \mu_0 N \pi r^2 (1 - \cos \alpha) \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1), получаем

$$A = J \mu_0 N \pi r^2 (1 - \cos \alpha);$$

$$A = 1 \text{ А} \cdot 1 \cdot 12,56 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м} \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ А/м} \cdot 3,14 \cdot 25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \times \\ \times (1 - 0,5) = 2,46 \cdot 10^{-5} \text{ Дж.}$$

$$\text{Ответ: } A = 2,46 \cdot 10^{-5} \text{ Дж.}$$

#### КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 2

1. В вершинах квадрата со стороной 0,1 м расположены равные одноименные заряды. Потенциал создаваемого ими поля в центре квадрата равен 500 В. Определить заряд.

2. В вершинах квадрата со стороной 0,5 м расположены заряды одинаковой величины. В случае, когда два соседних заряда положительные, а два других — отрицательные, напряженность поля в центре квадрата равна 144 В/м. Определить заряд.

3. В вершинах квадрата со стороной 0,1 м помещены заряды по 0,1 нКл. Определить напряженность и потенциал поля в центре квадрата, если один из зарядов отличается по знаку от остальных.

4. Пространство между двумя параллельными бесконечными плоскостями с поверхностной плотностью зарядов  $+5 \cdot 10^{-8}$  и  $-9 \cdot 10^{-8}$  Кл/м<sup>2</sup> заполнено стеклом. Определить напряженность поля: а) между плоскостями; б) вне плоскостей.

5. На расстоянии 8 см друг от друга в воздухе находятся два заряда по 1 нКл. Определить напряженность и потенциал поля в точке, находящейся на расстоянии 5 см от зарядов.

6. Две параллельные плоскости одноименно заряжены с поверхностной плотностью зарядов 2 и 4 нКл/м<sup>2</sup>. Определить напряженность поля: а) между плоскостями; б) вне плоскостей.

7. Если в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды по +2 нКл, поместить отрицательный заряд, то результирующая сила, действующая на каждый заряд, будет равна нулю. Вычислить числовое значение отрицательного заряда.

8. Заряды по 1 нКл помещены в вершинах равностороннего треугольника со стороной 0,2 м. равнодействующая сил, действующих на четвертый заряд, помещенный на середине одной из сторон треугольника, равна 0,6 мкН. Определить этот заряд, напряженность и потенциал поля в точке его расположения.

9. Два шарика массой по 2 мг подвешены в общей точке на нитях длиной 0,5 м. Шарикам сообщили заряд и нити разошлись на угол 90°. Определить напряженность и потенциал поля в точке подвеса шарика.

10. Два одинаковых заряда находятся в воздухе на расстоянии 0,1 м друг от друга. Напряженность поля в точке, удаленной на расстоянии 0,06 м от одного и 0,08 м от другого заряда, равна 10 кВ/м. Определить потенциал поля в этой точке и значение зарядов.

11. Пылинка массой  $8 \cdot 10^{-15}$  кг удерживается в равновесии между горизонтально расположенными обкладками плоского конденсатора. Разность потенциалов между обкладками 490 В, а зазор между ними 1 см. Определить, во сколько раз заряд пылинки больше элементарного заряда.

12. В поле бесконечной равномерно заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда 10 мкКл/м<sup>2</sup> перемещается заряд из точки, находящейся на расстоянии 0,1 м от плоскости, в точку на расстоянии 0,5 м от нее. Определить заряд, если при этом совершается работа 1 мДж.

13. Какую работу нужно совершить, чтобы заряды 1 и 2 нКл, находившиеся на расстоянии 0,5 м, сблизилась до 0,1 м?

14. Поверхностная плотность заряда бесконечной равномерно заряженной плоскости равна 30 нКл/м<sup>2</sup>. Определить поток вектора напряженности через поверхность сферы диаметром 15 см, рассекаемой этой плоскостью пополам.

15. Заряд 1 нКл переносится из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии 0,1 м от поверхности металлической сферы радиусом 0,1 м, заряженной с поверхностной плотностью  $10^{-5}$  Кл/м<sup>2</sup>. Определить работу перемещения заряда.

16. Заряд 1 нКл притянулся к бесконечной плоскости, равномерно заряженной с поверхностной плотностью 0,2 мкКл/м<sup>2</sup>. На каком расстоянии от плоскости находился заряд, если работа сил поля по его перемещению равна 1 мкДж?

17. Какую работу совершают силы поля, если одноименные заряды 1 и 2 нКл, находившиеся на расстоянии 1 см, разошлись до расстояния 10 см?

18. Со скоростью  $2 \cdot 10^7$  м/с электрон влетает в пространство между обкладками плоского конденсатора в середине зазора в направлении, параллельном обкладкам. При какой минимальной разности потенциалов на обкладках электрон не вылетит из конденсатора, если длина конденсатора 10 см, а расстояние между его обкладками 1 см?

19. Заряд -1 нКл переместился в поле заряда +1,5 нКл из точки с потенциалом 100 В в точку с потенциалом 600 В. Определить работу сил поля и расстояние между этими точками.

20. Заряд 1 нКл находится на расстоянии 0,2 м от бесконечно длинной равномерно заряженной нити. Под действием поля нити заряд перемещается на 0,1 м. Определить линейную плотность заряда нити, если работа сил поля равна 0,1 мкДж.

21. Конденсатор с парафиновым диэлектриком заряжен по разности потенциалов 150 В. Напряженность поля  $6 \cdot 10^5$  В/м,



площадь пластин  $6 \text{ см}^2$ . Определить емкость конденсатора и поверхностную плотность заряда на обкладках.

22. Вычислить емкость батареи, состоящей из трех конденсаторов емкостью  $1 \text{ мкФ}$  каждый, при всех возможных случаях их соединения.

23. Заряд на каждом из двух последовательно соединенных конденсаторов емкостью  $18$  и  $10 \text{ пкФ}$  равен  $0,09 \text{ нКл}$ . Определить напряжение: а) на батарее конденсаторов; б) на каждом конденсаторе.

24. Конденсатор емкостью  $6 \text{ мкФ}$  последовательно соединен с конденсатором неизвестной емкости и они подключены к источнику постоянного напряжения  $12 \text{ В}$ . Определить емкость второго конденсатора и напряжения на каждом конденсаторе, если заряд батареи  $24 \text{ мкКл}$ .

25. Два конденсатора одинаковой емкости по  $3 \text{ мкФ}$  заряжены один до напряжения  $100 \text{ В}$ , а другой — до  $200 \text{ В}$ . Определить напряжение между обкладками конденсаторов, если их соединить параллельно: а) одноименно; б) разноименно заряженными обкладками.

26. Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов  $300 \text{ В}$ . Площадь пластин  $1 \text{ см}^2$ , напряженность поля в зазоре между ними  $300 \text{ кВ/м}$ . Определить поверхностную плотность заряда на пластинах, емкость и энергию конденсатора.

27. Найти объемную плотность энергии электрического поля, создаваемого заряженной металлической сферой радиусом  $5 \text{ см}$  на расстоянии  $5 \text{ см}$  от ее поверхности, если поверхностная плотность заряда на ней  $2 \text{ мкКл/м}^2$ .

28. Площадь пластин плоского слюдяного конденсатора  $1,1 \text{ см}^2$ , зазор между ними  $3 \text{ мм}$ . При разряде конденсатора выделилась энергия  $1 \text{ мкДж}$ . До какой разности потенциалов был заряжен конденсатор?

29. Энергия плоского воздушного конденсатора  $0,4 \text{ нДж}$ , разность потенциалов на обкладках  $600 \text{ В}$ , площадь пластин  $1 \text{ см}^2$ . Определить расстояние между обкладками, напряженность и объемную плотность энергии поля конденсатора.

30. Под действием силы притяжения  $1 \text{ мН}$  диэлектрик между обкладками конденсатора находится под давлением  $1 \text{ Па}$ . Определить энергию и объемную плотность энергии поля конденсатора, если расстояние между его обкладками  $1 \text{ мм}$ .

31. Плотность тока в никелиновом проводнике длиной  $25 \text{ м}$  равна  $1 \text{ МА/м}^2$ . Определить разность потенциалов на концах проводника.

32. Определить плотность тока, текущего по проводнику длиной  $5 \text{ м}$ , если на концах его поддерживается разность потенциалов  $2 \text{ В}$ . Удельное сопротивление материала  $2 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$ .

33. Напряжение на концах проводника сопротивлением  $5 \text{ Ом}$  за  $0,5 \text{ с}$  равномерно возрастает от  $0$  до  $20 \text{ В}$ . Какой заряд проходит через проводник за это время?

34. Температура вольфрамовой нити электролампы  $2000 \text{ }^\circ\text{C}$ , диаметр  $0,02 \text{ мм}$ , сила тока в ней  $4 \text{ А}$ . Определить напряженность поля в нити.

35. На концах никелинового проводника длиной  $5 \text{ м}$  поддерживается разность потенциалов  $12 \text{ В}$ . Определить плотность тока в проводнике, если его температура  $540 \text{ }^\circ\text{C}$ .

36. Внутреннее сопротивление аккумулятора  $1 \text{ Ом}$ . При силе тока  $2 \text{ А}$  его к. п. д. равен  $0,8$ . Определить электродвижущую силу аккумулятора.

37. Определить электродвижущую силу аккумуляторной батареи, ток короткого замыкания которой  $10 \text{ А}$ , если при подключении к ней резистора сопротивлением  $2 \text{ Ом}$  сила тока в цепи равна  $1 \text{ А}$ .

38. Электродвижущая сила аккумулятора автомобиля  $12 \text{ В}$ . При силе тока  $3 \text{ А}$  его к. п. д. равен  $0,8$ . Определить внутреннее сопротивление аккумулятора.

39. К источнику тока подключают один раз резистор сопротивлением  $1 \text{ Ом}$ , другой раз —  $4 \text{ Ом}$ . В обоих случаях на резисторах за одно и то же время выделяется одинаковое количество теплоты. Определить внутреннее сопротивление источника тока.

40. Два одинаковых источника тока соединены в одном случае последовательно, в другом — параллельно и замкнуты на внешнее сопротивление  $1 \text{ Ом}$ . При каком внутреннем сопротивлении источника сила тока во внешней цепи будет в обоих случаях одинаковой?

41. Два бесконечно длинных прямолинейных проводника с токами  $6$  и  $8 \text{ А}$  расположены перпендикулярно друг другу. Определить индукцию и напряженность магнитного поля на середине кратчайшего расстояния между проводниками, равного  $20 \text{ см}$ .

42. По двум бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам, расстояние между которыми  $15 \text{ см}$ , в одном направлении текут токи  $4$  и  $6 \text{ А}$ . Определить расстояние от проводника с меньшим током до геометрического места точек, в котором напряженность магнитного поля равна нулю.

43. Решить задачу 42 для случая, когда токи текут в противоположных направлениях.

44. По двум бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам текут токи  $5$  и  $10 \text{ А}$  в одном направлении. Геометрическое место точек, в котором индукция магнитного поля равна нулю, находится на расстоянии  $10 \text{ см}$  от проводника с меньшим током. Определить расстояние между проводниками.

45. По кольцевому проводнику радиусом  $10 \text{ см}$  течет ток  $4 \text{ А}$ . Параллельно плоскости кольцевого проводника на расстоянии



...над его центром проходит бесконечно длинный прямолинейный проводник, по которому течет ток 2 А. Определить индукцию и напряженность магнитного поля в центре кольца. Рассмотреть все возможные случаи.

46. Два круговых витка с током лежат в одной плоскости и имеют общий центр. Радиус большого витка 12 см, меньшего 8 см. Напряженность поля в центре витков равна 50 А/м, если токи текут в одном направлении, и нулю, если в противоположном. Определить силу токов, текущих по круговым виткам.

47. Бесконечно длинный прямолинейный проводник с током 3 А расположен на расстоянии 20 см от центра витка радиусом 10 см с током 1 А. Определить напряженность и индукцию магнитного поля в центре витка для случаев, когда проводник: а) расположен перпендикулярно плоскости витка; б) в плоскости витка.

48. По квадратной рамке со стороной 0,2 м течет ток 4 А. Определить напряженность и индукцию магнитного поля в центре рамки.

49. По квадратной рамке течет ток 4 А. Напряженность магнитного поля в центре рамки  $45 \frac{\text{А}}{\text{м}}$ . Определить периметр рамки.

50. По квадратной рамке со стороной 0,2 м течет ток, который создает в центре рамки магнитное поле напряженностью 4,5 А/м. Определить силу тока в рамке.

51. Незакрепленный проводник массой 0,1 г и длиной 7,6 см находится в равновесии в горизонтальном магнитном поле напряженностью 10 А/м. Определить силу тока в проводнике, если он перпендикулярен линиям индукции поля.

52. Два параллельных бесконечно длинных проводника с токами 10 А взаимодействуют с силой 1 мН на 1 м их длины. На каком расстоянии находятся проводники?

53. Найти радиус траектории протона в магнитном поле с индукцией 2,5 Тл, если он движется перпендикулярно ему и обладает кинетической энергией 3 МэВ.

54. Какое ускорение приобретает проводник массой 0,1 г и длиной 8 см в однородном магнитном поле напряженностью 10 кА/м, если сила тока в нем 1 А, а направления тока и индукции взаимно перпендикулярны?

55. Электрон с энергией 300 эВ движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля напряженностью 465 А/м. Определить силу Лоренца, скорость и радиус траектории электрона.

56. Момент импульса протона в однородном магнитном поле напряженностью 20 кА/м равен  $6,6 \cdot 10^{-23} \text{ кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$ . Найти кинетическую энергию протона, если он движется перпендикулярно линиям магнитной индукции поля.

57. На расстоянии 5 мм параллельно прямолинейному длинному проводнику движется электрон с кинетической энергией

1 кэВ. Какая сила будет действовать на электрон, если по проводу пустить ток 1 А?

58. Протон движется в магнитном поле напряженностью 10 А/м по окружности радиусом 2 см. Найти кинетическую энергию протона.

59. По прямолинейным длинным параллельным проводникам, находящимся на расстоянии 2 см, в одном направлении текут токи по 1 А. Какую работу на единицу длины проводников нужно совершить, чтобы раздвинуть их до расстояния 4 см?

60. Однородное магнитное поле напряженностью 900 А/м действует на помещенный в него проводник длиной 25 см с силой 1 мН. Определить силу тока в проводнике, если угол между направлениями тока и индукции магнитного поля равен  $45^\circ$ .

61. Перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля индукцией 0,3 Тл движется проводник длиной 15 см со скоростью 10 м/с, перпендикулярной проводнику. Определить ЭДС, индуцируемую в проводнике.

62. Перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля индукцией 1 мТл по двум параллельным проводникам движется без трения перемычка длиной 20 см. При замыкании цепи, содержащей эту перемычку, в ней идет ток 0,01 А. Определить скорость движения перемычки. Сопротивление цепи 0,1 Ом.

63. На концах крыльев самолета размахом 20 м, летящего со скоростью 900 км/ч, возникает электродвижущая сила индукции 0,06 В. Определить вертикальную составляющую напряженности магнитного поля Земли.

64. В плоскости, перпендикулярной однородному магнитному полю напряженностью  $2 \cdot 10^5 \text{ А/м}$  вращается стержень длиной 0,4 м относительно оси, проходящей через его середину. В стержне индуцируется электродвижущая сила, равная 0,2 В. Определить угловую скорость стержня.

65. Катушка из 100 витков площадью  $15 \text{ см}^2$  вращается с частотой 5 Гц в однородном магнитном поле индукцией 0,2 Тл. С вращения перпендикулярна оси катушки и линиям индукции поля. Определить максимальную электродвижущую силу индукции в катушке.

66. Цепь состоит из соленоида и источника тока. Соленоид без сердечника длиной 15 см и диаметром 4 см имеет плотную катушку из двух слоев медного провода диаметром 0,2 мм. По соленоиду течет ток 1 А. Определить ЭДС самоиндукции соленоида в тот момент времени после отключения его от источника тока, когда сила тока уменьшилась в два раза. Сопротивление проводов пренебречь.

67. Решить задачу 66 для случая соленоида с сердечником магнитная проницаемость которого равна 1000.



Соленоиде равномерно возрастает от 0 до 20 Дж. В этом соленоиде накапливается энергия 20 Дж. Какова сила тока в соленоиде?

70. Однослойный соленоид без сердечника длиной 20 см диаметром 4 см имеет плотную катушку медным проводом диаметром 0,1 мм. За 0,1 с сила тока в нем равномерно убывает с 5 А до 0. Определить электродвижущую силу индукции в соленоиде.

71. По условию задачи 69 определить заряд, прошедший через соленоид после его отключения.

72. Чему равна объемная плотность энергии магнитного поля в соленоиде без сердечника, имеющего плотную однослойную катушку проводом диаметром 0,2 мм, если по нему течет ток величины 0,1 А?

73. По условию задачи 71 найти энергию магнитного поля соленоида, если его длина 20 см, а диаметр 4 см.

74. По соленоиду длиной 0,25 м, имеющему число витков 500, течет ток 1 А. Площадь поперечного сечения  $15 \text{ см}^2$ . В соленоид вставлен железный сердечник. Найти энергию магнитного поля соленоида. Зависимость  $B=f(H)$  приведена на рис. 4.

75. Квадратная рамка со стороной 1 см содержит 100 витков и помещена в однородное магнитное поле напряженностью 100 А/м. Направление поля составляет угол  $30^\circ$  с нормалью к рамке. Какая работа совершается при повороте рамки на  $30^\circ$  в одну и другую сторону, если по ней течет ток 1 А?

76. По условию задачи 74 определить работу при повороте рамки в положение, при котором ее плоскость совпадает с направлением линий индукции поля.

77. Под действием однородного магнитного поля перпендикулярно линиям индукции начинает перемещаться прямолинейный проводник массой 2 г, по которому течет ток 10 А. Какой магнитный поток пересечет этот проводник к моменту времени, когда скорость его станет равна 31,6 м/с?

78. Проводник с током 1 А длиной 0,3 м равномерно вращается вокруг оси, проходящей через его конец, в плоскости, перпендикулярной линиям индукции магнитного поля напряженностью 1 кА/м. За одну минуту вращения совершается работа 0,1 Дж. Определить угловую скорость вращения проводника.

79. Однородное магнитное поле, объемная плотность энергии которого  $0,4 \text{ Дж/м}^3$ , действует на проводник, расположенный перпендикулярно линиям индукции, силой 0,1 мН на 1 см его длины. Определить силу тока в проводнике.

80. По обмотке соленоида с параметрами: число витков — 1000, длина 0,5 м, диаметр — 4 см; течет ток 0,5 А. Зависимость  $B=f(H)$  для сердечника приведена на рис. 4. Определить потокосцепление, энергию и объемную плотность энергии соленоида.

80. Обмотка соленоида имеет сопротивление 10 Ом. Какова его индуктивность, если при прохождении тока за 0,05 с в нем выделяется количество теплоты, эквивалентное энергии магнитного поля соленоида?