

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 11.10.2023 15:02:50  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca971e6668abb13a5d426d79e5f1c11eabbf73e943df4a485c7fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра нанотехнологий, микроэлектроники, общей и прикладной физики

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
« 18 » 01 2021 г.



### ЭЛЕКТРОСТАТИКА. ПОСТОЯННЫЙ ТОК. МАГНЕТИЗМ.

Методические указания к выполнению практических работ по физике  
для студентов всех технических специальностей и направлений  
подготовки

Курск 2021

УДК 537

Составители: Л.П. Петрова, Г.В. Карпова

Рецензент

Кандидат физико-математических наук Кузько А.Е.

**Электростатика. Постоянный ток. Магнетизм:** методические указания к выполнению практических работ по разделу «Электростатика. Постоянный ток. Магнетизм» для студентов всех технических специальностей и направлений подготовки/ Юго-зап. гос. ун-т; сост.: Петрова Л.П., Карпова Г.В. - Курск, 2021.- 38 с.: Библиогр.: с.37.

Излагаются методические рекомендации по выполнению практических работ, способствующие развитию индивидуального творческого мышления у студентов; активизации учебного процесса на протяжении всего периода изучения дисциплины; организация самостоятельной и индивидуальной работы.

Методические указания соответствуют требованиям рабочих программ, утвержденных учебно-методическим объединением для всех технических специальностей.

Предназначены для студентов всех технических специальностей и направлений подготовки.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.01. . Формат 60 x 84 1/16.

Уел. печ. л. 4,07. Уч.-изд. л. 3.68. Тираж 50 экз. Заказ 246 Бесплатно. Юго-Западный государственный университет.  
305040 Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Общие методические указания к решению задач и выполнению контрольных заданий .....	4
Практические занятия.....	5
Список рекомендуемой литературы .....	37

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ И ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ

Предназначены для использования на практических занятиях и организации самостоятельной работы студентов.

Номера задач для самостоятельной работы определяются по таблицам вариантов, которые составляются лектором потока.

Контрольное задание нужно выполнять в тетради, в соответствии с установленной формой. Для замечаний преподавателя на странице тетради следует оставить поля.

Решение задачи необходимо сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями; в тех случаях, когда это необходимо, дать чертеж, выполненный с помощью чертежных принадлежностей. Решить задачу надо в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задачи. При таком способе решения не производятся вычисления промежуточных величин. После получения расчетной формулы для проверки правильности полученного результата следует применить правило размерности. Числовые значения величин при подстановке их в расчетную формулу следует выражать только в единицах системы СИ. При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби на соответствующую степень десяти. Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений. Это относится и к случаю, когда результат получен с применением калькулятора или ЭВМ.

### Практическое занятие №1

*Электрическое поле в вакууме и его характеристики. Закон Кулона. Принцип суперпозиции электрических полей.*

1. На двух одинаковых капельках воды находится по одному лишнему электрону, причём сила электрического отталкивания капелек уравнивает силу их взаимного тяготения. Каковы радиусы капелек?  $s_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;  $G=6,67 \cdot 10^{-11}$  м<sup>3</sup>/(кг·с<sup>2</sup>);  $q_e=1,6 \cdot 10^{-19}$  К;  $P_B=Ю^3$  кг/м<sup>2</sup>. Коэффициент пропорциональности в законе Кулона  $k=9 \cdot 10^9$  м/Ф.

Ответ: а)  $R=0,19$  мм; б)  $R=0,03$  мм; в)  $R=0,05$  мм; г)  $R=0,07$  мм; д)  $R=0,09$  мм.

2. Расстояние  $d$  между двумя точечными зарядами  $Q_1=2$  нКл и  $Q_2=4$  нКл равно 60 см. На каком расстоянии от заряда  $Q_1$  находится точка, в которую нужно поместить третий заряд  $Q_3$  так, чтобы система зарядов

находилась в равновесии.

Ответ: а)  $x=0,65$  м; б)  $x=0,55$  м; в)  $x=0,45$  м; г)  $x=0,35$  м; д)  $x=0,25$  м.

3. Рассчитать напряженность электрического поля бесконечно протяженной однородно заряженной плоскости, заряд на которой равномерно распределен с поверхностной плотностью  $\sigma=0,2$  мкКл/м<sup>2</sup>.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{42}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=4110^3$  В/м; б)  $E=31 \cdot 10^3$  В/м; в)  $E=2110^3$  В/м; г)  $E=1110^3$  В/м; д)  $E=110^3$  В/м.

4. Рассчитать напряженность электрического поля двух бесконечно протяженных равномерно заряженных плоскостей, заряд на которых равномерно распределен с поверхностными плотностями  $|a'| = |a^+| = 0,3$  мкКл/м<sup>2</sup>.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=74 \cdot 10^3$  В/м; б)  $E=6410^3$  В/м; в)  $E=54 \cdot 10^3$  В/м; г)  $E=44 \cdot 10^3$  В/м; д)  $E=34 \cdot 10^3$  В/м.

5. Найти поверхностную плотность  $\sigma$  электрических зарядов уединенного металлического шара, если напряженность  $E$  поля, при которой происходит пробой воздуха, равна  $3$  МВ/м.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10$  Ф/м.

Ответ: а)  $\sigma=56,610^{16}$  Кл/м<sup>2</sup>; б)  $\sigma=46,6 \cdot 10^{15}$  Кл/м<sup>2</sup>; в)  $\sigma=36,610^{16}$  Кл/м<sup>2</sup>; г)  $\sigma=26,610^{16}$  Кл/м<sup>2</sup>; д)  $\sigma=16,6 \cdot 10^{16}$  Кл/м<sup>2</sup>.

6. Рассчитать напряженность электрического поля равномерно заряженной сферической поверхности, радиус которой  $R=0,5$  м, в точке, находящейся на расстоянии  $r=0,25$  м от центра сферы.

Ответ: а)  $E=0$ ; б)  $E=10$  В/м; в)  $E=20$  В/м; г)  $E=30$  В/м; д)  $E=40$  В/м.

7. Рассчитать напряженность электрического поля равномерно заряженной сферической поверхности, заряд на которой равномерно распределен с поверхностной плотностью  $\sigma=0,3$  мкКл/м<sup>2</sup>, в точке, находящейся на расстоянии  $r=R$  от центра сферы.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=24 \cdot 10^3$  В/м ; б)  $E=34 \cdot 10^3$  В/м; в)  $E=44 \cdot 10^3$  В/м; г)  $E=54 \cdot 10^3$  В/м; д)  $E=6410^3$  В/м.

8. Рассчитать напряженность электрического поля равномерно заряженной сферической поверхности, радиус которой  $R=0,5$  м, а поверхностная плотность заряда  $\sigma=0,3$  мкКл/м<sup>2</sup>, в точке,

находящейся на расстоянии  $r=1$  м от центра сферы.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=8,510^3$  В/м; б)  $E=8,5 \cdot 10^5$  В/м; в)  $E=18,5 \cdot 10^3$  В/м; г)  $E=8,5 \cdot 10^5$  В/м; д)  $E=0,5 \cdot 10^3$  В/м.

9. Рассчитать напряженность электрического поля, созданного бесконечно длинным, равномерно заряженным стержнем в точке,

находящейся на кратчайшем расстоянии  $r=10$  см от его оси.

Линейная плотность заряда на стержне  $\tau=0,1$  мкКл.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=38 \cdot 10^4$  В/м; б)  $E=28 \cdot 10^4$  В/м; в)  $E=18 \cdot 10^4$  В/м; г)  $E=8 \cdot 10^4$  В/м; д)  $E=1,8 \cdot 10^4$  В/м.

10. На пластинах плоского конденсатора находится заряд  $Q=10$  нКл. Площадь  $S$  каждой пластины конденсатора равна  $100 \text{ см}^2$ , диэлектрик - воздух. Определить силу  $F$ , с которой притягиваются пластины. Поле между пластинами считать однородным.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $F=8,65 \cdot 10^4$  Н; б)  $F=7,65 \cdot 10^4$  Н; в)  $F=6,65 \cdot 10^4$  Н; г)  $F=5,65 \cdot 10^4$  Н; д)  $F=4,65 \cdot 10^4$  Н.

11. С какой силой  $F$  электрическое поле заряженной бесконечной плоскости действует на единицу длины заряженной бесконечно длинной нити, помещённой в это поле? Линейная плотность заряда на нити,  $\tau=3$  мкКл/м, а поверхностная плотность заряда на плоскости  $\sigma=20$  мкКл/м<sup>2</sup>.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $F_2=6,4$  Н/м; б)  $F_f=5,4$  Н/м; в)  $F_j=4,4$  Н/м; г)  $F_j=3,4$  Н/м; д)  $F_2=2,4$  Н/м.

12. Тонкий длинный стержень равномерно заряжен. Линейная плотность заряда  $\tau=10$  мкКл/м. Какова сила, действующая на точечный заряд  $Q=10$  нКл, находящийся на расстоянии  $a=20$  см от стержня, вблизи его середины?  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $F=10 \cdot 10^3$  Н; б)  $F=9 \cdot 10^3$  Н; в)  $F=8 \cdot 10^3$  Н; г)  $F=7 \cdot 10^3$  Н; д)  $F=6 \cdot 10^3$  Н.

13. Точечный заряд  $q=25$  нКл находится в поле, созданном прямым бесконечным цилиндром радиуса  $R=1$  см, равномерно заряженным с поверхностной плотностью  $\sigma=0,2$  нКл/см<sup>2</sup>. Определить силу, действующую на заряд, если его расстояние от оси цилиндра  $r=10$  см.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $F=865$  мкН; б)  $F=765$  мкН; в)  $F=665$  мкН; г)  $F=565$  мкН; д)  $F=465$  мкН.

14. Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускаются в керосин. Какой должна быть плотность материала шариков, чтобы угол расхождения нитей в воздухе и в керосине был один и тот же?  $\epsilon_k=2$ ;  $\rho_k=0,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

Ответ: а)  $\rho=1,6 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; б)  $\rho=1,5 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; в)  $\rho=1,4 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; г)  $\rho=1,3 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>; д)  $\rho=1,2 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

15. Две одинаковые пластинки заряжены равными одноимёнными зарядами, причём расстояние между ними мало. Как изменится сила

взаимодействия между пластинками, если пространство между ними заполнить жидким диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon=7$ ?

Ответ: а)  $\epsilon_1/\epsilon_2=9$ ; б)  $\epsilon_1/\epsilon_2=8$ ; в)  $\epsilon_1/P_2=7$ ; г)  $\epsilon_1/\epsilon_2=6$ ; д)  $\epsilon_1/\epsilon_2=5$ .

16.

Р

рассчитать напряженность электрического поля заряженного диэлектрического шара, радиус которого  $R=0,05$  м, а

объемная плотность заряда  $\rho=10$  нКл/м<sup>3</sup>, в точке, находящейся на расстоянии  $r=0,03$  м от центра шара. Шар изготовлен из эбонита ( $\epsilon=3$ ).  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=33,6$  В/м; б)  $E=13,6$  В/м; в)  $E=3,78$  В/м; г)  $E=43,6$  В/м; д)  $E=53,8$  В/м.

17.

Р

рассчитать напряженность электрического поля заряженного диэлектрического шара, радиус которого  $R=0,05$  м, а

объемная плотность заряда  $\rho=10$  нКл/м<sup>3</sup>, в точке, находящейся на поверхности шара. Шар изготовлен из эбонита ( $\epsilon=3$ ).  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $E=63$  В/м; б)  $E=0,5$  В/м; в)  $E=0,043$  В/м; г)  $E=6,3$  В/м; д)  $E=0,2$  В/м.

18.

М

металлический шарик диаметром  $d=2$  см заряжен отрицательно до потенциала  $\phi=150$  В. Сколько электронов находится на поверхности шарика?  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;  $e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $N=0,110^9$ ; б)  $N=1 \cdot 10^9$ ; в)  $N=2 \cdot 10^9$ ; г)  $N=310^9$ ; д)  $N=4 \cdot 10^9$ .

19. Найти потенциал точки поля  $\phi$ , находящейся на расстоянии  $r=10$  см от центра заряженного шара радиусом  $R=1$  см.

Поверхностная плотность заряда на шаре  $\sigma=0,1$  мкКл/м<sup>2</sup>.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $\phi=11,3$  В; б)  $\phi=113$  В; в)  $\phi=200$  В; г)  $\phi=22,3$  В; д)  $\phi=26$  В.

20. Найти потенциал точки поля  $\phi$ , находящейся на расстоянии  $r=10$  см от центра заряженного шара радиусом  $R=1$  см. Потенциал шара  $\phi_0=300$  В.

Ответ: а)  $\phi=10$  В; б)  $\phi=20$  В; в)  $\phi=30$  В; г)  $\phi=40$  В; д)  $\phi=50$  В.

21. Шар, погруженный в керосин, имеет потенциал  $4500$  В и поверхностную плотность заряда  $\sigma=1,1$  мкКл/м<sup>2</sup>. Найти радиус шара.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;  $\epsilon_K=2$ .

Ответ: а)  $R=52 \cdot 10^3$  м; б)  $R=62 \cdot 10^3$  м; в)  $R=72 \cdot 10^3$  м; г)  $R=8210^3$  м; д)  $R=92 \cdot 10^3$  м.

22. Два точечных электрических заряда  $q_1=10^{-9}$  Кл и  $q_2=-2 \cdot 10^{-9}$  Кл находятся в воздухе на некотором расстоянии друг от друга. Определить потенциал поля, создаваемого этими зарядами, если расстояния от первого и второго зарядов до рассматриваемой точки поля, соответственно равны:  $r_1=9$  см и  $r_2=7$  см.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $\phi=-139$  В; б)  $\phi=-129$  В; в)  $\phi=-157,5$  В; г)  $\phi=-15,7$  В; д)  $\phi=15,7$  В.

23. Определить разность потенциалов между двумя металлическими шарами радиуса  $r_0=50$  см каждый, если заряд одного шара  $q_1=1,5$  нКл, а другого  $q_2=1,5$  нКл.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $\phi_1 - \phi_2=7,4$  В; б)  $\phi_1 - \phi_2=6,4$  В; в)  $\phi_1 - \phi_2=54$  В; г)  $\phi_1 - \phi_2=44$  В; д)  $\phi_1 - \phi_2=34$  В.

24. Напряжённость поля между металлическими пластинами не должна превышать  $2,5 \cdot 10^4$  В/м. Определить допустимое расстояние между пластинами  $d$ , если с ним будет подано напряжение 5000 В.

Ответ: а)  $d > 0,6$  м; б)  $d > 0,5$  м; в)  $d > 0,4$  м; г)  $d > 0,3$  м; д)  $d > 0,2$  м.

25. Напряжённость однородного электрического поля в некоторой точке  $E=120$  В/м. Найти численное значение разности потенциалов между точками, лежащими на одной силовой линии на расстоянии  $\Delta r=1$  мм.

Ответ: а)  $\phi_1 - \phi_2=0,12$  В; б)  $\phi_1 - \phi_2=0,22$  В; в)  $\phi_1 - \phi_2=0,32$  В; г)  $\phi_1 - \phi_2=0,42$  В; д)  $\phi_1 - \phi_2=0,52$  В.

26. Заряд распределен равномерно по бесконечной плоскости с поверхностной плотностью  $\sigma=10$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить численное значение разности потенциалов  $\Delta\phi$  двух точек поля, одна из которых находится на плоскости, а другая удалена от плоскости на расстояние  $d=10$  см.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $\Delta\phi=36,5$  В; б)  $\Delta\phi=46,5$  В; в)  $\Delta\phi=56,5$  В; г)  $\Delta\phi=66,5$  В; д)  $\Delta\phi=76,5$  В.

27. Две бесконечные параллельные плоскости находятся на расстоянии  $d=0,5$  см друг от друга. На плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1=0,2$  мкКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2=-0,3$  мкКл/м<sup>2</sup>. Определить численное значение разности

потенциалов  $U$  между плоскостями.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $U=541$  В; б)  $U=441$  В; в)  $U=341$  В; г)  $U=241$  В; д)  $U=141$  В.



28. Электрическое поле создано длинным цилиндром радиусом  $R=1$  см, равномерно заряженным с линейной плотностью  $\tau=20$  нКл/м. Определить разность потенциалов двух точек этого поля, находящихся на расстоянии  $a_1=0,5$  см и  $a_2=2$  см от поверхности

цилиндра, в средней его части.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $\phi_1 - \phi_2 = 210$  В; б)  $\phi_1 - \phi_2 = 220$  В; в)  $\phi_1 - \phi_2 = 230$  В; г)  $\phi_1 - \phi_2 = 240$  В; д)  $\phi_1 - \phi_2 = 250$  В.

### Практическое занятие №2

*Электрическое поле в веществе. Проводники в электрическом поле. Конденсаторы и их емкость. Энергия электрического поля.*

29. Как изменится емкость плоского конденсатора, если между его обкладками поместить стеклянную пластину ( $\epsilon=6$ ), толщина которой равна половине расстояния между обкладками.

Ответ: а)  $C'=4,7C_0$ ; б)  $C'=0,7C_0$ ; в)  $C'=3,7C_0$ ; г)  $C'=2,7C_0$ ; д)  $C'=1,7C_0$ .

30. Шар, погруженный в керосин: имеет потенциал 4500 В и поверхностную плотность заряда  $\sigma=1,1$  мкКл/м<sup>2</sup>. Найти электроёмкость шара.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;  $\epsilon_k=2$ .

Ответ: а)  $C=4,610^{12}$  Ф; б)  $C=3,610^{12}$  Ф; в)  $C=2,610^{12}$  Ф; г)  $C=1,610^{12}$  Ф; д)  $C=0,610^{12}$  Ф.

31. Шар, погруженный в керосин: имеет потенциал 4500 В и поверхностную плотность заряда  $\sigma=1,1$  мкКл/м<sup>2</sup>. Найти заряд шара.  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м;  $\epsilon_k=2$ .

Ответ: а)  $q=32(10^9)$  Кл; б)  $q=42(10^9)$  Кл; в)  $q=52(10^9)$  Кл; г)  $q=62(10^9)$  Кл; д)  $q=72(10^9)$  Кл.

32. Найти емкость  $C$  уединенного металлического шара радиусом  $R=1$  см.

33. Определить емкость  $C$  металлической сферы радиусом  $R=2$  см, погруженной в воду.

34. Определить емкость  $C$  Земли, принимая ее за шар радиусом  $R=6400$  км.

35. Два металлических шара радиусами  $R_1=2$  см и  $R_2=6$  см соединены проводником, емкостью которого можно пренебречь. Шарам сообщен заряд  $Q=1$  нКл. Найти поверхностную плотность  $\sigma$  зарядов на шарах.

36. Шар радиусом  $R_1=6$  см заряжен до потенциала  $\phi_1=300$  В, а шар радиусом  $R_2=4$  см - до потенциала  $\phi_2=500$  В. Определить потенциал

(р шаров после того, как их соединили металлическим проводником. Емкостью соединительного проводника пренебречь.

*Электрическая емкость плоского конденсатора*

37. Определить емкость  $C$  плоского слюдяного конденсатора, площадь  $S$  пластин которого равна  $100 \text{ см}^2$ , а расстояние между ними равно  $0,1 \text{ мм}$ .

38.

Между пластинами плоского конденсатора, заряженного до разности потенциалов  $U = 600 \text{ В}$ , находятся два слоя диэлектриков: стекла толщиной  $d_1 = 1 \text{ мм}$  и эбонита толщиной  $d_2 = 3 \text{ мм}$ . Площадь  $S$  каждой пластины конденсатора равна  $200 \text{ см}^2$ . Найти: 1) емкость  $C$  конденсатора; 2) смещение  $D$ , напряженность  $E$  поля и падение потенциала  $\Delta\phi$  в каждом слое.

39. Расстояние  $d$  между пластинами плоского конденсатора равно  $1,33 \text{ мм}$  площадь  $S$  пластин равна  $20 \text{ см}^2$ . В пространстве между пластинами конденсатора находятся два слоя диэлектриков: слюды толщиной  $d_1 = 0,7 \text{ мм}$  и эбонита толщиной  $d_2 = 0,3 \text{ мм}$ . Определить емкость  $C$  конденсатора.

40. На пластинах плоского конденсатора равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью  $\sigma = 0,2 \text{ мкКл/м}^2$ . Расстояние  $d$  между пластинами равно  $1 \text{ мм}$ . На сколько изменится разность потенциалов на его обкладках при увеличении расстояния  $d$  между пластинами до  $3 \text{ мм}$ ?

41. В плоский конденсатор вдвинули плитку парафина толщиной  $d = 1 \text{ см}$ , которая вплотную прилегает к его пластинам. На сколько нужно увеличить расстояние между пластинами, чтобы получить прежнюю емкость?

42. Емкость  $C$  плоского конденсатора равна  $1,5 \text{ мкФ}$ . Расстояние  $d$  между пластинами равно  $5 \text{ мм}$ . Какова будет емкость  $C$  конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита толщиной  $d_1 = 3 \text{ мм}$ ?

43. Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластинка. Конденсатор заряжен до разности потенциалов  $U = 100 \text{ В}$ . Какова будет разность потенциалов  $U_2$ , если вытащить стеклянную пластинку из конденсатора?

*Электрическая емкость сферического конденсатора*

44. Две концентрические металлические сферы радиусами  $R_1 = 2 \text{ см}$  и  $R_2 = 2,1 \text{ см}$  образуют сферический конденсатор. Определить его емкость  $C$ , если пространство между сферами заполнено парафином.

45. Конденсатор состоит из двух концентрических сфер. Радиус  $R_1$  внутренней сферы равен 10 см, внешней  $R_2=10,2$  см, Промежуток между сферами заполнен парафином. Внутренней сфере сообщен заряд  $Q=5$  мкКл. Определить разность потенциалов  $U$  между сферами.

*Соединения конденсаторов*

46. К воздушному конденсатору, заряженному до разности потенциалов  $U = 600$  в и отключенному от источника напряжения, присоединили параллельно второй незаряженный конденсатор таких же размеров и формы, но с диэлектриком (фарфор). Определить диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  фарфора, если после присоединения второго конденсатора разность потенциалов уменьшилась до  $\epsilon/i=100$  В.

47. Два конденсатора емкостями  $C_1=3$  мкФ и  $C_2=6$  мкФ соединены между собой и присоединены к батарее с ЭДС.  $\epsilon=120$  В. Определить заряды  $Q_1$  и  $Q_2$  конденсаторов и разности потенциалов  $U_1$  и  $U_2$  между их обкладками, если конденсаторы соединены: 1) параллельно; 2) последовательно.

48. Конденсатор емкостью  $C_1=0,2$  мкФ был заряжен, до разности потенциалов  $U_1=320$  В. После того как его соединили параллельно со вторым конденсатором, заряженным до разности потенциалов  $U_2=450$  В, напряжение  $U$  на нем изменилось до 400 В. Вычислить емкость  $C_2$  второго конденсатора.

49. Конденсатор емкостью  $C_1=0,6$  мкФ был заряжен до разности потенциалов  $U_1=300$  В и соединен со вторым конденсатором емкостью  $C_2=0,4$  мкФ, заряженным до разности потенциалов  $U_2=150$  В. Найти заряд  $Q$ , перетекший с пластин первого конденсатора на второй.

50. Три одинаковых плоских конденсатора соединены последовательно. Емкость  $C$  такой батареи конденсаторов равна 89 пФ. Площадь  $S$  каждой пластины равна 100 см<sup>2</sup>. Диэлектрик - стекло. Какова толщина  $d$  стекла?

/Ответы к задачам 32-50 в Чертов А. Г., Воробьев А. А. Задачник по физике /

51. Работа сил электрического поля по переносу заряда  $2 \cdot 10^{-4}$  Кл из бесконечности в заданную точку поля равна  $8 \cdot 10^{-4}$  Дж. Определить потенциал в этой точке поля.

Ответ: а)  $\phi=-5000$  В; б)  $\phi=-4000$  В; в)  $\phi=-3000$  В; г)  $\phi=-2000$  В; д)  $\phi=-1000$  В.

52. Точечные заряды 1 мкКл и 0,1 мкКл находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Какую работу совершат силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние 10 м?  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $A=8,9$  мДж; б)  $A=99$  Дж; в)  $A=89$  мДж; г)  $A=59$  мДж; д)  $A=79$  мДж.

53. Электрическое поле создано отрицательно заряженным металлическим шаром, радиус которого  $R$ . Определить работу  $A_{12}$  внешних сил по перемещению заряда  $Q=40$  нКл из точки 1 с потенциалом  $\phi_x=-300$  В в точку 2. Расстояния точек от поверхности шара соответственно равны:  $r^R$ ;  $r_2=3R$ .

Ответ: а)  $A_{12}=6 \cdot 10^{-6}$  Дж; б)  $A_{12}=5 \cdot 10^{-6}$  Дж; в)  $A_{12}=410^{-6}$  Дж; г)  $A_{12}=310^{-6}$  Дж; д)  $A_{12}=2 \cdot 10^{-6}$  Дж.

54. Точечные заряды  $Q_1=1$  мкКл и  $Q_2=0,1$  мкКл находятся на расстоянии  $r_1=10$  см друг от друга. Какую работу  $A$  совершат силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние  $r_2=10$  м?  $s_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $A_{12}=5,910^{-3}$  Дж; б)  $A_{12}=6,910^{-3}$  Дж; в)  $A_{12}=7,9 \cdot 10^{-3}$  Дж; г)  $A_{12}=8,9 \cdot 10^{-3}$  Дж; д)  $A_{12}=9,9 \cdot 10^{-3}$  Дж.

55. Точечные заряды  $Q_1=1$  мкКл и  $Q_2=0,1$  мкКл находятся на расстоянии  $r_x=10$  см друг от друга. Какую работу  $A$  совершат силы поля, если второй заряд, отталкиваясь от первого, удалится от него на расстояние  $r_2=\infty$ ?  $s_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $A_{100}=1910^{-3}$  Дж; б)  $A_{100}=1010^{-3}$  Дж; в)  $A_{100}=910^{-3}$  Дж; г)  $A_{100}=1 \cdot 10^{-3}$  Дж; д)  $A_{100}=0,9 \cdot 10^{-3}$  Дж.

56. Два точечных заряда  $4 \cdot 10^{-6}$  Кл и  $8 \cdot 10^{-6}$  Кл находятся на расстоянии 0,8 м. На сколько уменьшится энергия взаимодействия этих зарядов, если расстояние между ними будет равно 1,6 м?  $s_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $\Delta W=0,18$  Дж; б)  $\Delta W=0,28$  Дж; в)  $\Delta W=0,38$  Дж; г)  $\Delta W=0,48$  Дж; д)  $\Delta W=0,58$  Дж.

57. Определить тормозящую разность потенциалов, под действием которой электрон, движущийся со скоростью 40000 км/с, остановился.  $m_e=9,110^{-31}$  кг;  $q_e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $\phi_x - \phi_2=2550$  В; б)  $\phi_x - \phi_2=3550$  В; в)  $\phi_2 - \phi_2=4550$  В; г)  $\phi_1 - \phi_2=5550$  В; д)  $\phi_1 - \phi_2=6550$  В.

58. Определить численное значение ускоряющей разности потенциалов  $U$ , которую должен пройти в электрическом поле электрон, обладающий скоростью  $v=10^6$  м/с, чтобы скорость его возросла в  $n=2$  раза.

$\tau_e=9,110^{31}$  кг;  $q_e=1,6\cdot 10^{19}$  Кл.

Ответ: а)  $U=8,53$  В; б)  $U=7,53$  В; в)  $U=6,53$  В; г)  $U=5,53$  В; д)  $U=53$  В.

59. Определить численное значение разности потенциалов между точками электрического поля, если при движении электрона от одной точки к другой его скорость возросла от  $10^6$  м/с до  $3 \cdot 10^6$  м/с.  $\epsilon_0=8,85\cdot 10^{12}$  Ф/м;  $\tau_e=9,110^{31}$  кг;  $q_e=1,6\cdot 10^{19}$  Кл.

Ответ: а)  $\phi_1 - \phi_2=12,75$  В; б)  $\phi_1 - \phi_2=22,75$  В; в)  $\phi_x - \phi_2=32,75$  В; г)  $\phi_1 - \phi_2=42,75$  В; д)  $\phi_1 - \phi_2=52,75$  В.

60. Какой скоростью сближения должны обладать протоны, находясь на расстоянии 5 см, чтобы они могли сблизиться друг с другом до расстояния  $10^{11}$  см?  $\epsilon_0=8,85\cdot 10^{12}$  Ф/м;  $\tau_p=1,67\cdot 10^{27}$  кг;  $q_p=1,6\cdot 10^{19}$  Кл.

Ответ: а)  $v_i=5,7\cdot 10^6$  м/с; б)  $v_i=4,7\cdot 10^6$  м/с; в)  $v_i=3,7\cdot 10^6$  м/с; г)  $v_i=2,7\cdot 10^6$  м/с; д)  $v_i=1,7\cdot 10^6$  м/с.

61. Определить начальную скорость  $v_0$  сближения протонов, находящихся на достаточно большом расстоянии друг от друга, если минимальное расстояние  $r_{\text{мин}}$ , на которое они могут сблизиться, равно  $10^{11}$  см.  $\epsilon_0=8,85\cdot 10^{12}$  Ф/м;  $\tau_p=1,67\cdot 10^{27}$  кг;  $q_p=1,6\cdot 10^{19}$  Кл.

Ответ: а)  $v_0=0,17\cdot 10^6$  м/с; б)  $v_0=1,7\cdot 10^6$  м/с; в)  $v_0=2,7\cdot 10^6$  м/с; г)  $v_0=3,7\cdot 10^6$  м/с; д)  $v_0=4,7\cdot 10^6$  м/с.

62. Найти энергию электрического поля плоского конденсатора, заряженного до разности потенциалов  $U=1$  кВ с площадью пластин  $S=1$  м<sup>2</sup>. Пластины расположены на расстоянии  $d=1$  мм друг от друга. Относительная диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами  $\epsilon=1$ .  $\epsilon_0=8,85\cdot 10^{12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $W=4,4\cdot 10^3$  Дж; б)  $W=5,4\cdot 10^3$  Дж; в)  $W=6,4\cdot 10^3$  Дж; г)  $W=7,4\cdot 10^3$  Дж; д)  $W=8,4\cdot 10^3$  Дж.

63. Напряжённость электрического поля конденсатора ёмкостью  $0,8$  мкФ равна  $1000$  В/м. Определить энергию конденсатора, если расстояние между его обкладками равно  $1$  мм.

Ответ: а)  $W=1\cdot 10^7$  Дж; б)  $W=2\cdot 10^7$  Дж; в)  $W=3\cdot 10^7$  Дж; г)  $W=4\cdot 10^7$  Дж; д)  $W=5\cdot 10^7$  Дж.

64. Найти энергию электрического поля сферического конденсатора с радиусами сфер  $r_1=5$  см и  $r_2=10$  см, заряженного до разности потенциалов  $U=1$  кВ. Относительная диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство между пластинами  $\epsilon=1$ .  $\epsilon_0=8,85\cdot 10^{12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $W=6,6\cdot 10^6$  Дж; б)  $W=5,6\cdot 10^6$  Дж; в)  $W=4,6\cdot 10^6$  Дж; г)  $W=3,6\cdot 10^6$  Дж; д)  $W=2,6\cdot 10^6$  Дж.

65. Найти энергию электрического поля цилиндрического конденсатора длиной  $l=20$  см с радиусами обкладок  $R_1=5$  см и  $R_2=10$  см, заряженного до разности потенциалов  $U=1$  кВ. Относительная

диэлектрическая проницаемость среды, заполняющей пространство

между пластинами  $\epsilon=1$ .  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$  Ф/м.

Ответ: а)  $W=9 \cdot 10^{-6}$  Дж; б)  $W=810^{-6}$  Дж; в)  $W=710^{-6}$  Дж; г)  $W=6 \cdot 10^{-6}$  Дж; д)  $W=5 \cdot 10^{-6}$  Дж.

66. Конденсатор емкостью  $3 \cdot 10^{-6}$  Ф был заряжен до разности потенциалов 40 В. После отключения от источника тока конденсатор был соединен параллельно с другим конденсатором емкостью  $5 \cdot 10^{-6}$  Ф. Какое количество энергии первого конденсатора израсходуется на образование искры в момент присоединения второго конденсатора?

Ответ: а)  $\Delta W=3,5$  мДж ; б)  $\Delta W=2,5$  мДж; в)  $\Delta W=1,5$  мДж; г)  $\Delta W=0,5$  мДж; д)  $\Delta W=0,05$  мДж.

67. Объемная плотность энергии электрического поля внутри заряженного плоского конденсатора с твердым диэлектриком равна  $2,5$  Дж/м<sup>3</sup>. Найти численное значение давления, производимого пластинами конденсатора на диэлектрик, помещенный между ними.

Ответ: а)  $p=1,5$  Па; б)  $p=2,5$  Па; в)  $p=3,5$  Па; г)  $p=4,5$  Па; д)  $p=5,5$  Па.

68. Объемная плотность энергии электрического поля внутри заряженного плоского конденсатора с твердым диэлектриком равна  $2,5$  Дж/м<sup>3</sup>. Площадь пластин конденсатора  $S=20$  см<sup>2</sup>. Найти силу  $F'$ , которую необходимо приложить к пластинам для их отрыва от диэлектрика.

Ответ: а)  $F'=1 \cdot 10^{-3}$  Н; б)  $F'=2 \cdot 10^{-3}$  Н; в)  $F'=3 \cdot 10^{-3}$  Н; г)  $F'=4 \cdot 10^{-3}$  Н; д)  $F'=5 \cdot 10^{-3}$  Н.

### Практическое занятие № 3, 4

*Постоянный электрический ток. Законы постоянного тока.*

69. Через лампу накаливания проходит ток  $0,8$  А. Сколько электронов пройдет через поперечное сечение нити накала лампы за  $1$  с.  $q_e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $N=11018$ ; б)  $N=31018$ ; в)  $N=5 \cdot 1018$ ; г)  $N=61018$ ; д)  $N=7 \cdot 1018$ .

70. По медному проводу сечением  $S=0,17$  мм течёт ток  $I=0,2$  А. Определить, какая сила действует на отдельные свободные электроны со стороны электрического поля.  $q_e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл;  $\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом-м.

Ответ: а)  $F=7,2 \cdot 10^{-21}$  Н; б)  $F=6,2 \cdot 10^{-21}$  Н; в)  $F=5,2 \cdot 10^{-21}$  Н; г)  $F=4,2 \cdot 10^{-21}$  Н.

10-21 Н; д)  $F=3,2 \cdot 10^{-21}$  Н.

71. В сеть с напряжением 220В включены последовательно две электрические лампы, сопротивление которых в нагретом состоянии  $R=200$  Ом каждой. Определить силу тока, проходящего через каждую лампу.

Ответ: а)  $I_1=I_2=0,45$  А; б)  $I_1=I_2=0,55$  А; в)  $I_1=I_2=0,65$  А; г)  $I_1=I_2=0,75$  А; д)  $I_1=I_2=0,85$  А.

72. Если к концам проводника подать напряжение 100 В, то по нему пойдёт ток 2 А. Какое напряжение надо приложить к концам этого проводника, чтобы сила тока в нём стала 1,2 А.

Ответ: а)  $U=60$  В; б)  $U=50$  В; в)  $U=40$  В; г)  $U=30$  В; д)  $U=20$  В.

73. Найти падение напряжения на медном проводе длиной 500 м и диаметром 2 мм, если ток в нём 2 А.  $\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом-м.

Ответ: а)  $U=1,4$  В; б)  $U=5,4$  В; в)  $U=2,4$  В; г)  $U=4$  В д)  $U=8,4$  В.

74. Определить плотность тока в медной проволоке длиной  $l=1$  м, если разность потенциалов на ее концах  $\phi_1 - \phi_2=12$  В.  $\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом-м.

Ответ: а)  $j=3,108$  (А/м<sup>2</sup>); б)  $j=4,108$  (А/м<sup>2</sup>); в)  $j=5,108$  (А/м<sup>2</sup>); г)  $j=6,108$  (А/м<sup>2</sup>); д)  $j=7,108$  (А/м<sup>2</sup>).

75. Определить плотность тока в железном проводнике длиной  $l=10$  м, если провод находится под напряжением  $U=6$  В.  $\rho=9,8 \cdot 10^{-8}$  Ом-м.

Ответ: а)  $j=6,106$  (А/м<sup>2</sup>); б)  $j=4,107$  (А/м<sup>2</sup>); в)  $j=5,106$  (А/м<sup>2</sup>); г)  $j=36,107$  (А/м<sup>2</sup>); д)  $j=7,106$  (А/м<sup>2</sup>).

76. Три сопротивления  $R_1$ ,  $R_2=20$  Ом и  $R_3=15$  Ом соединены параллельно. Последовательно к такому соединению подключен амперметр, который показывает ток  $I=1$  А. Через сопротивление  $R_2$  течет ток  $I_2=0,3$  А. Найти сопротивление  $R_1$ . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

Ответ: а)  $R_1=50$  Ом; б)  $R_1=40$  Ом; в)  $R_1=30$  Ом; г)  $R_1=20$  Ом; д)  $R_1=10$  Ом.

77. Какую работу должны совершить сторонние силы при разделении зарядов +10 и -10 Кл, чтобы ЭДС источника была 3,5В?

Ответ: а)  $A_{ст}=65$  Дж; б)  $A_{ст}=55$  Дж; в)  $A_{ст}=45$  Дж; г)  $A_{ст}=35$  Дж; д)  $A_{ст}=25$  Дж.

78. Определить ЭДС источника тока, если при перемещении по замкнутой цепи заряда 10 Кл сторонняя сила совершает работу 120 Дж.

Ответ: а)  $E=21$  В; б)  $E=19$  В; в)  $E=17$  В; г)  $E=15$  В; д)  $E=12$  В.

79. Источник тока с Э.Д.С. 220В и внутренним сопротивлением 2 Ом замкнут проводником сопротивлением 108 Ом. Определить падение напряжения внутри источника.

Ответ: а)  $U=5$  В; б)  $U=1$  В; в)  $U=2$  В; г)  $U=3$  В; д)  $U=4$  В.

80. Э.Д.С. источника тока 100В. При внешнем сопротивлении 49 Ом сила тока в цепи 2А. Найти внутреннее сопротивление источника.

Ответ: а)  $r=2$  Ом; б)  $r=1$  Ом; в)  $r=3$  Ом; г)  $r=4$  Ом; д)  $r=5$  Ом.

81. Э.Д.С. источника тока 220В, внутреннее сопротивление 1,5 Ом. Какое надо взять сопротивление внешнего участка цепи, чтобы сила тока была 4А.

Ответ: а)  $R=53,5$  Ом; б)  $R=43,5$  Ом; в)  $R=33,5$  Ом; г)  $R=23,5$  Ом; д)  $R=13,5$  Ом.

82. Напряжение на зажимах генератора 120В, сопротивление внешнего участка в 20 раз больше внутреннего сопротивления генератора. Определить ЭДС генератора.

Ответ: а)  $E=166$  В; б)  $E=156$  В; в)  $E=146$  В; г)  $E=136$  В; д)  $E=126$  В.

83. Три сопротивления  $R_1=R_3=40$  Ом и  $R_2=80$  Ом соединены параллельно. Последовательно к такому соединению присоединены сопротивление  $R_4=34$  Ом и батарея с ЭДС  $E=100$  В. Найти ток  $I_2$ , текущий через сопротивление  $R_2$ . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

Ответ: а)  $I_2=0,2$  А; б)  $I_2=0,3$  А; в)  $I_2=0,4$  А; г)  $I_2=0,5$  А; д)  $I_2=0,6$  А.

84. Три сопротивления  $R_1=R_3=40$  Ом и  $R_2=80$  Ом соединены параллельно. Последовательно к такому соединению подключены сопротивление  $R_4=34$  Ом и батарея с ЭДС  $E=100$  В. Найти падение напряжения  $U_2$  на сопротивлении  $R_2$ . Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

Ответ: а)  $U_2=72$  В; б)  $U_2=62$  В; в)  $U_2=52$  В; г)  $U_2=42$  В; д)  $U_2=32$  В.

85. Батарея с  $E=100$  В, сопротивления  $R_1=100$  Ом,  $R_2=200$  Ом и амперметр соединены последовательно. Параллельно сопротивлению  $R_2$  подключен вольтметр, сопротивление которого  $R_v=2$  кОм. Какое падение напряжения  $U_v$  показывает вольтметр? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.

Ответ: а)  $U_v=24,5$  В; б)  $U_v=34,5$  В; в)  $U_v=44,5$  В; г)  $U_v=54,5$  В; д)  $U_v=64,5$  В.

86. Два последовательно соединенных элемента с одинаковым ЭДС  $E_1=E_2=2$  В и внутренними сопротивлениями  $r_1=1$  Ом и  $r_2=1,5$  Ом замкнуты на внешнее сопротивление  $R=0,5$  Ом. Найти разность потенциалов  $U_i$  на зажимах первого элемента.



Ответ: а)  $U_r=2,67$  В; б)  $U_x=1,67$  В; в)  $U^*=0,167$  В; г)  $U_x=0,67$  В; д)  $U^*=0,267$  В.

87. Батарея аккумуляторов имеет Э.Д.С. 12В. Сила тока в цепи равна 4А, а напряжение на клеммах 11В. Определить ток короткого замыкания.

Ответ: а)  $I_{кз}=78$  А; б)  $I_{кз}=68$  А; в)  $I_{кз}=58$  А; г)  $I_{кз}=48$  А; д)  $I_{кз}=38$  А.

88. При внешнем сопротивлении  $R_i=3$  Ом ток в цепи  $I_i=0,3$ А, при  $R_2=5$  Ом,  $I_2=0,2$  А. Определить ток короткого замыкания источника.

Ответ: а)  $I_{кз}=3,2$  А; б)  $I_{кз}=2,2$  А; в)  $I_{кз}=1,52$  А; г)  $I_{кз}=0,2$  А; д)  $I_{кз}=22$  А.

89. Сопротивление  $R=1,6$  Ом и два элемента, ЭДС которых одинаковы и равны 3,5 В, с внутренними сопротивлениями соответственно равными  $r_x=0,7$  Ом и  $r_2=1,2$  Ом, соединены параллельно. Определить силу тока в каждом из элементов и во всей цепи.

Ответ: а)  $I_1=1,74$  А;  $I_1^*=1,1$  А;  $I_2=0,64$  А; б)  $I_1=2,74$  А;  $I_1^*=2,1$  А;  $I_2=0,4$  А; в)  $I_1=1,1$  А;  $I_x=1,0$  А;  $I_2=0,1$  А; г)  $I_1=3,7$  А;  $I_x=3,1$  А;  $I_2=0,6$  А; д)  $I_1=3,7$  А;  $I_i=1,1$  А;  $I_2=2,6$  А.

90. Батарея с внутренним сопротивлением 1 Ом замкнута на внешнее сопротивление 23 Ом. Найти КПД батареи.

Ответ: а)  $\eta=0,6$ ; б)  $\eta=0,9$ ; в)  $\eta=0,66$ ; г)  $\eta=0,76$ ; д)  $\eta=0,96$ .

91. КПД источника тока 95%. Определить внутреннее сопротивление источника, если внешнее сопротивление равно 19 Ом.

Ответ: а)  $r=1$  Ом; б)  $r=2$  Ом; в)  $r=3$  Ом; г)  $r=4$  Ом; д)  $r=5$  Ом.

92. Через поперечное сечение спирали нагревательного элемента паяльника в каждую секунду проходит  $0,5 \cdot 10^{19}$  электронов. Определить мощность паяльника, если он подключен в сеть с напряжением 220В.  $q_e=1,6 \cdot 10^{19}$  Кл.

Ответ: а)  $P=376$  Вт; б)  $P=276$  Вт; в)  $P=176$  Вт; г)  $P=76$  Вт; д)  $P=27,6$  Вт.

93. По проводнику сопротивлением 20 Ом за 5 мин прошёл заряд 300 Кл. Вычислить работу тока за это время.

Ответ: а)  $A=4$  кДж; б)  $A=5$  кДж; в)  $A=6$  кДж; г)  $A=7$  кДж; д)  $A=8$  кДж.

94. Какое сопротивление нужно включить в сеть с напряжением 220 В, чтобы в нём за 10 мин выделилось 66 кДж теплоты?

Ответ: а)  $R=40$  Ом; б)  $R=140$  Ом; в)  $R=240$  Ом; г)  $R=340$  Ом; д)  $R=440$  Ом.

95. Сила тока в проводнике сопротивлением  $r=20$  Ом нарастает по

линейному закону от  $I_0=0$  до  $I=6$  А за 5 с. Определить теплоту  $Q_b$  выделившуюся в этом проводнике за первую секунду.

Ответ: а)  $Q_i=9,6$  Дж; б)  $Q_i=56$  Дж; в)  $Q_i=96$  Дж; г)  $Q_i=36$  Дж; д)  $Q_i=26$  Дж.

96. Сила тока в проводнике сопротивлением  $r=20$  Ом нарастает по линейному закону от  $I_0=0$  до  $I=6$  А за 5 с. Определить теплоту  $Q_2$ , выделившуюся в этом проводнике за вторую секунду.

Ответ: а)  $Q_2=52,0$  Дж; б)  $Q_2=620$  Дж; в)  $Q_2=67,2$  Дж; г)  $Q_2=22,0$  Дж; д)  $Q_2=72,6$  Дж.

97. Источник тока с ЭДС 120 В и внутренним сопротивлением 2 Ом замкнут на внешнее сопротивление 58 Ом. Определить полную  $P$  и  $P_{\text{п}}$  полезную мощности источника тока.

Ответ: а)  $P=340$  Вт;  $P_{\text{п}}=332$  Вт; б)  $P=240$  Вт;  $P_{\text{п}}=232$  Вт; в)  $P=140$  Вт;  $P_{\text{п}}=132$  Вт; г)  $P=200$  Вт;  $P_{\text{п}}=100$  Вт; д)  $P=352$  Вт;  $P_{\text{п}}=252$  Вт.

98. ЭДС батареи аккумуляторов  $E=12$  В, сила тока короткого замыкания  $I_0=5$  А. Какую наибольшую мощность  $P_{\text{тах}}$  можно получить во внешней цепи, соединённой с такой батареей.

Ответ: а)  $P_{\text{тах}}=45$  Вт; б)  $P_{\text{тах}}=35$  Вт; в)  $P_{\text{тах}}=25$  Вт; г)  $P_{\text{тах}}=15$  Вт; д)  $P_{\text{тах}}=5$  Вт.

99. Сила тока  $I$  в цепи, состоящей из термопары с сопротивлением  $R_x=4$  Ом и гальванометра с сопротивлением  $R_2=80$  Ом, равна 26 мкА при разности температур  $\Delta t$  спаев, равной 50 °С. Определить постоянную термопары.

Ответ: а)  $\alpha=6,4 \cdot 10^5$  В/К; б)  $\alpha=5,4 \cdot 10^5$  В/К; в)  $\alpha=4,4 \cdot 10^5$  В/К; г)  $\alpha=3,4 \cdot 10^5$  В/К; д)  $\alpha=2,4 \cdot 10^5$  В/К.

100. Термопара медь-константан с сопротивлением  $R_2=5$  Ом присоединена к гальванометру, сопротивление  $R_g$  которого равно 100 Ом. Один спай термопары погружен в тающий лёд, другой - в горячую жидкость. Сила тока  $I$  в цепи равна 37 мкА. Постоянная термопары  $k=43$  мкВ/К. Определить температуру  $t$  жидкости.

Ответ: а)  $t_i=100$  °С; б)  $t_i=90$  °С; в)  $t_i=80$  °С; г)  $t_i=70$  °С; д)  $t_i=60$  °С.

101. Какой наименьшей скоростью  $v_{\text{min}}$  должны обладать свободные электроны в платине для того, чтобы они смогли покинуть металл? Работа выхода электронов из платины равна  $A=6,3$  эВ.  $q_e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл;  $m_e=9,1 \cdot 10^{-31}$  кг.

Ответ: а)  $v_{\text{min}}=15 \cdot 10^5$  м/с; б)  $v_{\text{min}}=14 \cdot 10^5$  м/с; в)  $v_{\text{min}}=12 \cdot 10^5$  м/с; г)  $v_{\text{min}}=10 \cdot 10^5$  м/с; д)  $v_{\text{min}}=8 \cdot 10^5$  м/с.

102. Какой наименьшей скоростью  $v_{\min}$  должны обладать свободные электроны в цезии для того, чтобы они смогли покинуть металл? Работа выхода электронов из цезия равна  $A=1,9$  эВ.  $q_e=1,6 \cdot 10^{19}$  Кл;  $\tau_e=9,110^{31}$  кг.

Ответ: а)  $v_{\min}=9,3 \cdot 10^5$  м/с; б)  $v_{\min}=8,2 \cdot 10^5$  м/с; в)  $v_{\min}=7,3 \cdot 10^5$  м/с;  
г)  $v_{\min}=6,3 \cdot 10^5$  м/с; д)  $v_{\min}=5,3 \cdot 10^5$  м/с.

103. Какую ускоряющую разность потенциалов должны пройти ионы водорода, чтобы вызвать ионизацию азота? Потенциал ионизации азота  $\varphi_i=14,5$  В.

Ответ: а)  $U=14,5$  В; б)  $U=29$  В; в)  $U=43,5$  В; г)  $U=58$  В; д)  $U=72,5$  В.

104. Потенциал ионизации атома гелия  $U=24,5$  В. Найти работу ионизации  $A$ .  $q_e=1,610^{19}$  Кл.

Ответ: а)  $A=49,2 \cdot 10^{19}$  Дж; б)  $A=39,2 \cdot 10^{19}$  Дж; в)  $A=29,2 \cdot 10^{19}$  Дж; г)  $A=19,2 \cdot 10^{19}$  Дж; д)  $A=9,2 \cdot 10^{19}$  Дж.

105. Какой наименьшей скоростью  $v_{\min}$  должен обладать электрон, чтобы ионизировать атом водорода, если потенциал ионизации  $U_i$  водорода равен  $13,5$  В?  $q_e=1,610^{19}$  Кл;  $\tau_e=9,110^{31}$  кг.

Ответ: а)  $4,2 \cdot 10^6$  м/с; б)  $0,2 \cdot 10^6$  м/с; в)  $1,2 \cdot 10^6$  м/с; г)  $3,2 \cdot 10^6$  м/с;  
д)  $2,2 \cdot 10^6$  м/с.

106. Какой наименьшей скоростью  $v_{\min}$  должен обладать электрон, чтобы ионизировать атом азота, если потенциал ионизации  $U_i$  азота равен  $14,5$  В.  $q_e=1,610^{19}$  Кл;  $\tau_e=9,1 \cdot 10^{31}$  кг.

Ответ: а)  $v_{\min}=1,3 \cdot 10^6$  м/с; б)  $v_{\min}=2,3 \cdot 10^6$  м/с; в)  $v_{\min}=3,3 \cdot 10^6$  м/с;  
г)  $v_{\min}=4,3 \cdot 10^6$  м/с; д)  $v_{\min}=5,3 \cdot 10^6$  м/с.

107. Электрон со скоростью  $1,83 \cdot 10^6$  м/с влетел в однородное электрическое поле в направлении, противоположном направлению вектора напряженности  $E$ . Какую разность потенциалов должен пройти электрон, чтобы обладать энергией, достаточной для

ионизации атома водорода?  $\varphi_i=13,6$  В;  $\tau_e=9,110^{31}$  кг;  $q_e=1,610^{19}$  Кл. Ответ: а)  $U=4,1$  В; б)  $U=5,1$  В; в)  $U=6,1$  В; г)  $U=7,1$  В; д)  $U=8,1$  В.

108. Сколько атомов двухвалентного металла выделится на  $1 \text{ см}^2$  поверхности электрода за время  $t=5$  мин при плотности тока  $j=10 \text{ А/м}^2$ .  $q_e=1,610^{19}$  Кл.

Ответ: а)  $N=3,4 \cdot 10^{17}$ ; б)  $N=5,4 \cdot 10^{17}$ ; в)  $N=7,4 \cdot 10^{17}$ ; г)  $N=9,4 \cdot 10^{17}$ ;  
д)  $N=11,4 \cdot 10^{17}$ .

109. Найти электрохимический эквивалент  $k$  водорода.  $F=96,5$  кКл/моль;  $Z=1$ ;  $\tau_e=1 \cdot 10^{31}$  кг/моль.

Ответ: а)  $k=1,04 \cdot 10^{-8}$  кг/Кл; б)  $k=2,04 \cdot 10^{-8}$  кг/Кл; в)  $k=3,04 \cdot 10^{-8}$  кг/Кл;  
г)  $k=4,04 \cdot 10^{-8}$  кг/Кл; д)  $k=5,04 \cdot 10^{-8}$  кг/Кл.

110. Электрод в виде медной пластины площадью 25 см погружен в электролитическую ванну с раствором медного купороса.

При прохождении тока, плотность, которого  $0,02 \text{ А/см}^2$ , на пластине выделилось 100 мг меди. Определить время пропускания тока.  $F=96,5 \text{ кКл/моль}$ ;  $Z=1$ ;  $\rho=64 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .

Ответ: а)  $t=602 \text{ с}$ ; б)  $t=502 \text{ с}$ ; в)  $t=403 \text{ с}$ ; г)  $t=302 \text{ с}$ ; д)  $t=202 \text{ с}$ .

111. За какое время  $t$  при электролизе водного раствора хлорной меди ( $\text{CuCl}_2$ ) на катоде выделится масса  $m=4,74 \text{ г}$  меди, если ток  $I=2 \text{ А}$ ?  $F=96,5 \text{ кКл/моль}$ ;  $Z=1$ ;  $\rho=64 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .

Ответ: а)  $t=1 \text{ ч}$ ; б)  $1,5 \text{ ч}$ ; в)  $2 \text{ ч}$ ; г)  $2,5 \text{ ч}$ ; д)  $3 \text{ ч}$ .

112. За какое время  $t$  при электролизе медного купороса масса медной пластинки (катада) увеличится на  $\Delta m=99 \text{ мг}$ ? Площадь пластинки  $S=25 \text{ см}^2$ , плотность тока  $j=200 \text{ А/м}^2$ .  $F=96,5 \text{ кКл/моль}$ ;  $Z=1$ ;  $\rho=64 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ .

Ответ: а)  $t=20 \text{ мин}$ ; б)  $t=15 \text{ мин}$ ; в)  $t=10 \text{ мин}$ ; г)  $t=5 \text{ мин}$ ; д)  $t=30 \text{ мин}$ .

113. Никелирование металлического изделия с поверхностью площадью 120 см продолжалось 5 ч током 0,3 А. Валентность никеля равна 2. Определить толщину слоя никеля.  $\rho=59 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ;  $\rho=8,8 \text{ кг/м}^3$ ;  $F=96,5 \cdot 10^3 \text{ Кл/моль}$ .

Ответ: а)  $d=12 \text{ мкм}$ ; б)  $d=14 \text{ мкм}$ ; в)  $d=16 \text{ мкм}$ ; г)  $d=7 \text{ мкм}$ ; д)  $d=20 \text{ мкм}$ .

114. Найти толщину слоя меди на катоде (медной пластинке) при электролизе медного купороса. Плотность тока  $j=200 \text{ А/м}^2$ .

Время электролиза 10 мин.  $F=96,5 \text{ кКл/моль}$ ;  $Z=1$ ;  $\rho=64 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$ ;  $\rho=8,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ .

Ответ: а)  $d=46,9 \text{ мкм}$ ; б)  $d=76,9 \text{ мкм}$ ; в)  $d=56,9 \text{ мкм}$ ; г)  $d=18,9 \text{ мкм}$ ; д)  $d=8,9 \text{ мкм}$ .

### Практическое занятие № 5

*Магнитное поле в вакууме. Магнитное взаимодействие. Магнитное поле в веществе. Поток магнитной индукции.*

115. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток  $I=10 \text{ А}$ . Определить, пользуясь теоремой о циркуляции вектора  $\mathbf{B}$ , магнитную индукцию в точке, расположенной на расстоянии  $r=10 \text{ см}$  от проводника.  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$ .

Ответ: а)  $B=210^5 \text{ Тл}$ ; б)  $B=310^5 \text{ Тл}$ ; в)  $B=410^5 \text{ Тл}$ ; г)  $B=510^5 \text{ Тл}$ ; д)  $B=610^5 \text{ Тл}$ .

116. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток  $I=5$  А. определить магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной на расстояние  $r=5$  см от проводника.  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $B=500$  мкТл; б)  $B=400$  мкТл; в)  $B=300$  мкТл; г)  $B=200$  мкТл; д)  $B=100$  мкТл.

117. Два длинных параллельных провода находятся на расстоянии  $r=10$  см один от другого. По проводам текут в противоположных направлениях одинаковые токи  $I=10$  А каждый. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=6$  см от одного и  $r_2=8$  см от другого провода.

Ответ: а)  $H=33,2$  А/м; б)  $H=23,2$  А/м; в)  $H=13,2$  А/м; г)  $H=1,32$  А/м; д)  $H=0,132$  А/м.

118. Два длинных параллельных провода находятся на расстоянии  $r=5$  см один от другого. По проводам текут в противоположных направлениях одинаковые токи. Найти величину тока в проводах, если напряженность  $H$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=4$  см от одного и  $r_2=3$  см от другого провода, равна  $H=132$  А/м.

Ответ: а)  $I=3$  А; б)  $I=2$  А; в)  $I=1$  А; г)  $I=0,5$  А; д)  $I=0,1$  А.

119. Расстояние  $d$  между двумя длинными параллельными проводами равно 5 см. По проводам в одном направлении текут одинаковые токи  $I=30$  А каждый. Найти индукцию  $B$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1=4$  см от одного и  $r_2=3$  см от другого провода.  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $B=0,025 \cdot 10^4$  Тл; б)  $B=0,25 \cdot 10^4$  Тл; в)  $B=1,5 \cdot 10^4$  Тл; г)  $B=2,5 \cdot 10^4$  Тл; д)  $B=3,5 \cdot 10^4$  Тл.

120. По двум бесконечно длинным проводам, скрещенным под прямым углом, текут токи  $I_1=30$  А и  $I_2=40$  А. Расстояние  $d$  между проводами равно 20 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке С, одинаково удаленной от обоих проводов на расстояние, равное  $d$ . ( $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м).

Ответ: а)  $B=20 \cdot 10^6$  Тл; б)  $B=30 \cdot 10^6$  Тл; в)  $B=40 \cdot 10^6$  Тл; г)  $B=50 \cdot 10^6$  Тл; д)  $B=60 \cdot 10^6$  Тл.

121. Два бесконечно длинных провода скрещены под прямым углом. По проводам текут токи  $I_1=80$  А и  $I_2=60$  А. Расстояние между проводами  $d=10$  см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке А расположенной между проводами, удаленной от них на одинаковом расстоянии  $r=d/2$ .  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $B=6 \cdot 10^4$  Тл; б)  $B=5 \cdot 10^4$  Тл; в)  $B=4 \cdot 10^4$  Тл; г)  $B=3 \cdot 10^4$  Тл; д)  $B=2 \cdot 10^4$  Тл.

122. По бесконечно длинному прямому проводу, согнутому под углом  $\alpha=120^\circ$ , течет ток  $I=50$  А. Найти магнитную индукцию  $B$  в точке, лежащей на биссектрисе угла, удаленной от его вершины на

расстояние  $a=5$  см. Точка расположена внутри угла.  $B_0=47 \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $B=3,5 \cdot 10^{-4}$  Тл; б)  $B=4,5 \cdot 10^{-4}$  Тл; в)  $B=5,5 \cdot 10^{-4}$  Тл; г)  $B=6,5 \cdot 10^{-4}$  Тл; д)  $B=7,5 \cdot 10^{-4}$  Тл.

123. По бесконечно длинному прямому проводу, согнутому под углом  $\alpha=120^\circ$ , течет ток  $I=50$  А. Найти магнитную индукцию  $B$  в точке, лежащей на биссектрисе угла и удаленной от его вершины на расстояние  $a=5$  см. Точка расположена вне угла.  $B_0=4 \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $B=3,15 \cdot 10^{-4}$  Тл; б)  $B=2,25 \cdot 10^{-4}$  Тл; в)  $B=1,5 \cdot 10^{-4}$  Тл; г)  $B=1,5 \cdot 10^{-4}$  Тл; д)  $B=15 \cdot 10^{-4}$  Тл.

124. По отрезку прямого провода длиной  $l=80$  см течет ток  $I=50$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током, в точке А равноудаленной от концов отрезка провода и

находящейся на расстоянии  $r_0=30$  см от его середины.  $B_0=47 \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $B=26,7$  мкТл; б)  $B=36,7$  мкТл; в)  $B=46,7$  мкТл; г)  $B=56,7$  мкТл; д)  $B=66,7$  мкТл.

125. По обмотке очень короткой катушки радиусом  $r=16$  см течет ток  $I=5$  А. Сколько витков  $N$  проволоки намотано на катушку, если напряженность  $H$  магнитного поля в ее центре равна  $800$  А/м?

Ответ: а)  $N=51$ ; б)  $N=61$ ; в)  $N=71$ ; г)  $N=81$ ; д)  $N=91$ .

126. По тонкому проводящему кольцу радиусом  $R=10$  см течет ток  $I=80$  А. Найти магнитную индукцию  $B$  в точке А, равноудаленной от всех точек кольца на расстоянии  $r=20$  см.  $B_0=4 \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $B=10,3 \cdot 10^{-5}$  Тл; б)  $B=8,3 \cdot 10^{-5}$  Тл; в)  $B=6,3 \cdot 10^{-5}$  Тл; г)  $B=5,3 \cdot 10^{-5}$  Тл; д)  $B=4,3 \cdot 10^{-5}$  Тл.

127. По двум прямым параллельным проводам длиной  $l=2,5$  м каждый, находящимся на расстоянии  $d=20$  см друг от друга, текут одинаковые токи  $I=1$  кА, в одном направлении. Вычислить силу взаимодействия токов.  $B_0=47 \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $F=2,5$  Н; б)  $F=3,5$  Н; в)  $F=4,5$  Н; г)  $F=5,5$  Н; д)  $F=6,5$  Н.

128. Электрон движется в однородном магнитном поле напряженностью  $H=4000$  А/м со скоростью  $10^4$  км/с, направленной перпендикулярно к линиям напряженности. Найти силу  $F$ , с которой поле действует на электрон.  $q_e=1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

Ответ: а)  $F_n=8,1 \cdot 10^{-15}$  Н; б)  $F_n=10,11 \cdot 10^{-15}$  Н; в)  $F_n=6,11 \cdot 10^{-15}$  Н; г)  $F^*=12,1$

$10^{15}$  Н; д)  $F_n=4,1 \cdot 10^{15}$  Н.

129. Электрон движется в однородном магнитном поле напряженностью  $H=4000$  А/м со скоростью  $10^4$  км/с, направленной перпендикулярно к линиям напряженности. Найти радиус  $r$  окружности, по которой он движется.  $q_e=1,610^{19}$  Кл;  $m_e=9,110^{31}$  кг;  $\mu_0=12,56 \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $r=2,1 \cdot 10^2$  м; б)  $r=1,510^2$  м; в)  $r=1,1 \cdot 10^2$  м; г)  $r=3,110^2$  м; д)  $r=110^2$  м.

130. Заряженная частица, обладающая скоростью  $v=2 \cdot 10^6$  м/с, влетела в однородное магнитное поле с индукцией  $B=0,52$  Тл. Найти отношение  $q/m$  заряда частицы к ее массе, если частица в поле описала дугу окружности радиусом  $R=4$  см.

Ответ: а)  $q/m=11,6 \cdot 10^7$  Кл/кг; б)  $q/m=9,6 \cdot 10^7$  Кл/кг; в)  $q/m=610^7$  Кл/кг; г)  $q/m=1,6 \cdot 10^7$  Кл/кг; д)  $q/m=7,610^7$  Кл/кг.

131. Вычислить скорость  $v$   $\alpha$ -частиц, выходящих из циклотрона, если, подходя к выходному окну,  $\alpha$ -частицы движутся по окружности радиусом  $R=50$  см. Индукция  $B$  магнитного поля циклотрона равна 1,7 Тл.  $q_e=1,610^{19}$  Кл;  $m_p=1,67 \cdot 10^{-27}$  кг.

Ответ: а)  $v=0,21 \cdot 10^8$  м/с; б)  $v=0,61 \cdot 10^8$  м/с; в)  $v=0,41 \cdot 10^8$  м/с; г)  $v=0,5110^8$  м/с; д)  $v=0,310^8$  м/с.

132. Ион, несущий один элементарный заряд, движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,015$  Тл по окружности радиусом  $r=10$  см. Определить импульс  $p$  иона.  $q_e=1,610^{19}$  Кл.

Ответ: а)  $p=6,4 \cdot 10^{22}$  кгм/с; б)  $p=5,410^{22}$  кг-м/с; в)  $p=4,410^{22}$  кг-м/с; г)  $p=3,410^{22}$  кг м/с; д)  $p=2,410^{22}$  кг м/с.

133. Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией  $B=0,5$  Тл. Определить момент импульса, которым обладала частица при движении в магнитном поле, если ее траектория представляла дугу окружности радиусом  $R=0,2$  см.  $q_e=1,610^{19}$  Кл.

Ответ: а)  $L=6,2 \cdot 10^{25}$  кг-м<sup>2</sup>/с; б)  $L=1,2 \cdot 10^{25}$  кг м<sup>2</sup>/с; в)  $L=2,2 \cdot 10^{25}$  кг-м<sup>2</sup>/с; г)  $L=5,2 \cdot 10^{25}$  кг-м<sup>2</sup>/с; д)  $L=3,2 \cdot 10^{25}$  кг-м<sup>2</sup>/с.

134. Ток  $I=4$  А существует в короткой катушке площадью поперечного сечения  $S=150$  см<sup>2</sup>, содержащей  $N=200$  витков провода. Определить магнитный момент  $p_T$  катушки.

Ответ: а)  $p_T=18$  А-м<sup>2</sup>; б)  $p_T=16$  А-м<sup>2</sup>; в)  $p_T=14$  А-м<sup>2</sup>; г)  $p_T=12$  А-м<sup>2</sup>; д)  $p_T=10$  А-м<sup>2</sup>.

135. В короткой катушке площадью поперечного сечения  $S=150$  см

, содержащей  $N=200$  витков провода, существует ток  $I=4$  А. Определить магнитный момент катушки.

Ответ: а)  $p_T=12$  А/м<sup>2</sup>; б)  $p_T=1,2 \cdot 10^{13}$  А/м<sup>2</sup>; в)  $p_T=0,12$  А/м<sup>2</sup>; г)  $p_T=12 \cdot 10^{13}$  А/м<sup>2</sup>; д)  $p_T=2$  А/м<sup>2</sup>.

136. Очень короткая катушка содержит  $N=1000$  витков тонкого провода. Катушка имеет квадратное сечение со стороной длиной  $a=10$  см. Найти магнитный момент  $p_T$  катушки при силе тока  $I=1$  кА.

Ответ: а)  $p_T=1 \cdot 10^4$  А-м<sup>2</sup>; б)  $p_T=2 \cdot 10^4$  А-м<sup>2</sup>; в)  $p_T=3 \cdot 10^4$  А-м<sup>2</sup>; г)  $p_T=4 \cdot 10^4$  А-м<sup>2</sup>; д)  $p_T=5 \cdot 10^4$  А-м<sup>2</sup>.

137. Рамка гальванометра длиной  $a=4$  см и шириной  $b=1,5$  см, содержит  $N=200$  витков тонкой проволоки. Каков магнитный момент  $p_T$  рамки, когда по виткам потечет ток силой  $I=1$  мА?

Ответ: а)  $p_T=5,2 \cdot 10^6$  А-м<sup>2</sup>; б)  $p_T=4,2 \cdot 10^6$  А-м<sup>2</sup>; в)  $p_T=3,2 \cdot 10^6$  А-м<sup>2</sup>; г)  $p_T=2,2 \cdot 10^6$  А-м<sup>2</sup>; д)  $p_T=1,2 \cdot 10^6$  А-м<sup>2</sup>.

138. По кольцу радиусом  $R$  течет ток. На оси кольца на расстоянии  $d=1$  м от его плоскости магнитная индукция  $B=10$  нТл. Определить магнитный момент  $p_T$  кольца с током. Считать  $R$  много меньшим  $d$ .  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $p_T=7 \cdot 10^2$  А-м<sup>2</sup>; б)  $p_T=6 \cdot 10^2$  А-м<sup>2</sup>; в)  $p_T=5 \cdot 10^2$  А-м<sup>2</sup>; г)  $p_T=4 \cdot 10^2$  А-м<sup>2</sup>; д)  $p_T=3 \cdot 10^2$  А-м<sup>2</sup>.

139. Определить степень неоднородности магнитного поля ( $\Delta B/\Delta x$ ), если максимальная сила, действующая на точечный магнитный диполь,  $F_{\text{макс}}=10^{-3}$  Н. Магнитный момент точечного диполя  $p_T=2 \cdot 10^3$  А-м<sup>2</sup>.

Ответ: а)  $\Delta B/\Delta x=0,6$  Тл/м; б)  $\Delta B/\Delta x=0,5$  Тл/м; в)  $\Delta B/\Delta x=0,4$  Тл/м; г)  $\Delta B/\Delta x=0,3$  Тл/м; д)  $\Delta B/\Delta x=0,5$  Тл/м.

### Практическое занятие № 6

#### *Явление электромагнитной индукции. Самоиндукция.*

140. Рамка гальванометра длиной  $a=4$  см и шириной  $b=1,5$  см, содержащая  $N=200$  витков тонкой проволоки, находится в магнитном поле с индукцией  $B=0,1$  Тл. Плоскость рамки параллельна линиям индукции. Какой вращающий момент  $M$  действует на рамку, когда по виткам потечет ток силой  $I=1$  мА?

Ответ: а)  $M=42 \cdot 10^{-6}$  Н м; б)  $M=32 \cdot 10^{-6}$  Н-м; в)  $M=22 \cdot 10^{-6}$  Н м; г)  $M=12 \cdot 10^{-6}$  Н-м; д)  $M=0,210^{-6}$  Н-м.

141. Проволочный виток радиусом  $r=5$  см, по которому течет ток



$I=20$  А, находится в однородном магнитном поле напряженностью  $H=2 \cdot 10^3$  А/м. Плоскость витка образует угол  $\alpha=60^\circ$  с направлением поля. Найти вращающий момент  $M$ , действующий на виток.  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $M=0,2 \cdot 10^3$  Н м; б)  $M=3 \cdot 10^3$  Н м; в)  $M=0,4 \cdot 10^3$  Н м; г)  $M=0,5 \cdot 10^3$  Н-м; д)  $M=0,6 \cdot 10^3$  Н-м.

142. Короткая катушка площадью  $S$  поперечного сечения, равной  $150 \text{ см}^2$ , содержит  $N=200$  витков провода, по которому течет ток  $I=4$  А. Катушка помещена в однородное магнитное поле напряженностью  $H=8$  кА/м. Определить вращающий момент  $M$ , действующий на нее со стороны поля, если ось катушки, лежащая в ее плоскости, составляет угол  $\alpha=60^\circ$  с линиями индукции.  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $M=20 \cdot 10^3$  Н-м; б)  $M=30 \cdot 10^3$  Н-м; в)  $M=40 \cdot 10^3$  Н-м; г)  $M=50 \cdot 10^3$  Н-м; д)  $M=60 \cdot 10^3$  Н-м.

143. Квадратная рамка со стороной 2 см, содержащая 100 витков тонкого провода подвешена на упругой нити, постоянная кручения которой  $9,8 \cdot 10^{-6}$  (Н-м)/град. Плоскость рамки совпадает с направлением линий напряженности внешнего магнитного поля. Определить напряженность внешнего магнитного поля, если при пропускании по рамке тока силой 1 А она повернулась на угол  $60^\circ$ .  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $H=4,3 \cdot 10^4$  А/м; б)  $H=3,3 \cdot 10^4$  А/м; в)  $H=2,3 \cdot 10^4$  А/м; г)  $H=1,3 \cdot 10^4$  А/м; д)  $H=0,3 \cdot 10^4$  А/м.

145. Плоский контур, площадь  $S$  которого равна  $25 \text{ см}^2$ , находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,04$  Тл. Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий контур, если его плоскость составляет угол ( $\beta=30^\circ$  с линиями индукции).

Ответ: а)  $\Phi=10 \cdot 10^6$  Вб; б)  $\Phi=20 \cdot 10^6$  Вб; в)  $\Phi=30 \cdot 10^6$  Вб; г)  $\Phi=40 \cdot 10^6$  Вб; д)  $\Phi=50 \cdot 10^6$  Вб.

146. Плоский контур площадью  $S=20 \text{ см}^2$  находится в однородном магнитном поле ( $B=0,03$  Тл). Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол  $\phi=60^\circ$  с направлением линий индукции.

Ответ: а)  $\Phi=62 \cdot 10^6$  Вб; б)  $\Phi=52 \cdot 10^6$  Вб; в)  $\Phi=42 \cdot 10^6$  Вб; г)  $\Phi=32 \cdot 10^6$  Вб; д)  $\Phi=22 \cdot 10^6$  Вб.

147. На длинный картонный каркас диаметром  $D=5$  см уложена виток к витку однослойная обмотка из проволоки диаметром  $d=0,2$  мм. Определить магнитный поток  $\Phi$ , создаваемый таким соленоидом при силе тока  $I=0,5$  А.  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $\Phi=7,210^6$  Вб; б)  $\Phi=6,2 \cdot 10^6$  Вб; в)  $\Phi=5,210^6$  Вб; г)  $\Phi=4,2 \cdot 10^6$  Вб.

$10^6$  Вб; д)  $\Phi=3,2 \cdot 10^6$  Вб.

148. Соленоид длиной  $l=1$  м и сечением  $S=16$  см содержит  $N=200$  витков. Вычислить потокосцепление  $4^x$  при силе тока  $I$  в обмотке  $10$  А.  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $V=0,410^3$  Вб; б)  $\Psi=0,610^3$  Вб; в)  $\Psi=0,810^3$  Вб; г)  $U=1,010^3$  Вб; д)  $\Psi=1,810^3$  Вб.

149. Магнитный поток  $\Phi$  сквозь сечение соленоида равен  $50$  мкВб. Длина соленоида  $l=50$  см. Найти магнитный момент  $p_T$

соленоида, если его витки плотно прилегают друг к другу.  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $p_T=50$  А-м<sup>2</sup>; б)  $p_T=40$  А-м<sup>2</sup>; в)  $p_T=30$  А-м<sup>2</sup>; г)  $p_T=20$  А-м<sup>2</sup>; д)  $p_T=10$  А-м<sup>2</sup>.

150. Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий соленоид, если его длина  $l=50$  см и магнитный момент  $p_T=0,4$  А-м<sup>2</sup>.  $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $\Phi=1 \cdot 10^6$  Вб; б)  $\Phi=2 \cdot 10^6$  Вб; в)  $\Phi=3 \cdot 10^6$  Вб; г)  $\Phi=4 \cdot 10^6$  Вб; д)  $\Phi=5 \cdot 10^6$  Вб.

156. Квадратный контур со стороной  $a=10$  см, по которому течет ток  $I=50$  А, свободно установился в однородном магнитном поле ( $B=10$  мТл). Определить изменение  $\Delta W$  потенциальной энергии контура при повороте вокруг оси, лежащей в плоскости контура, на угол  $\phi=180^\circ$ .

Ответ: а)  $\Delta W=6 \cdot 10^{-3}$  Дж; б)  $\Delta W=8 \cdot 10^{-3}$  Дж; в)  $\Delta W=10 \cdot 10^{-3}$  Дж; г)  $\Delta W=12 \cdot 10^{-3}$  Дж; д)  $\Delta W=14 \cdot 10^{-3}$  Дж.

162. Определить число ампер витков тороида без сердечника, внешний диаметр которого  $d_x=30$  см, а внутренний диаметр  $d_2=20$  см. Индукция магнитного поля внутри тороида  $B=1,6 \cdot 10^{-3}$  Тл.  $\mu_0=12,56 \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $N_1=200$  ав; б)  $N_1=400$  ав; в)  $N_1=600$  ав; г)  $N_1=800$  ав; д)  $N_1=1000$  ав.

163. Определить напряженность магнитного поля на оси тороида без сердечника, по обмотке которого, содержащей  $N=200$  витков, идет ток силой  $5$  А. Внешний диаметр тороида  $d_x=30$  см, внутренний диаметр  $d_2=20$  см.

Ответ: а)  $H=1,3 \cdot 10^3$  А/м; б)  $H=2,3 \cdot 10^3$  А/м; в)  $H=3,3 \cdot 10^3$  А/м; г)  $H=4,3 \cdot 10^3$  А/м; д)  $H=5,3 \cdot 10^3$  А/м.

164. Чугунный тороид, длина которого по средней линии  $l=1,00$  м, имеет воздушный зазор  $l_2=5,00$  мм. По обмотке тороида, пустили ток  $I=4$  А, в результате чего индукция в зазоре стала  $B_2=0,5$  Тл. Сколько витков

содержит обмотка тороида? Рассеиванием магнитного поля в воздушном зазоре можно пренебречь. При индукции магнитного поля в зазоре  $B_2=0,5$  Тл, напряженность магнитного поля в сердечнике тороида  $H=1500$  А/м.

Ответ: а)  $N=773$ ; б)  $N=873$ ; в)  $N=973$ ; г)  $N=1073$ ; д)  $N=1171$ .

165. В проволочное кольцо, присоединенное к баллистическому гальванометру, вставили прямой магнит. При этом по цепи прошел заряд  $q=50$  мкКл. Определить изменение магнитного потока  $\Delta\Phi$  через кольцо, если сопротивление цепи гальванометра  $R=10$  Ом.

Ответ: а)  $\Delta\Phi=0,5 \cdot 10^3$  Вб; б)  $\Delta\Phi=0,410^3$  Вб; в)  $\Delta\Phi=0,3Ю^3$  Вб; г)  $\Delta\Phi=0,2 \cdot 10^3$  Вб; д)  $\Delta\Phi=0,М0^3$  Вб.

166. Проволочный виток радиусом  $r=4$  см, имеющий сопротивление  $R=0,01$  Ом, находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,04$  Тл. Плоскость витка составляет угол ( $\beta=30^\circ$ ) с линиями индукции поля. Какое количество электричества  $q$  протечет по витку, если магнитное поле исчезнет?

Ответ: а)  $q=16 \cdot 10^3$  Кл; б)  $q=14 \cdot 10^3$  Кл; в)  $q=1010^3$  Кл; г)  $q=610^3$  Кл; д)  $q=210^3$  Кл.

167. Проволочный виток диаметром  $D=5$  см и сопротивлением  $R=0,02$  Ом находится в однородном магнитном поле ( $B=0,3$  Тл). Плоскость витка составляет угол  $\alpha=40^\circ$  с линиями индукции. Какой заряд  $q$  протечет по витку при выключении магнитного поля?

Ответ: а)  $q=1,910^3$  Кл; б)  $q=0,1910^3$  Кл; в)  $q=910^3$  Кл; г)  $q=1910^3$  Кл; д)  $q=29 \cdot 10^3$  Кл.

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

Ответ: а)  $q=6,28 \cdot 10^9$  Кл; б)  $q=5,28 \cdot 10^9$  Кл; в)  $q=4,28 \cdot 10^9$  Кл; г)  $q=3,28 \cdot 10^9$  Кл; д)  $q=2,28 \cdot 10^9$  Кл.

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

Ответ: а)  $q=3,1410^6$  Кл; б)  $q=4,14 \cdot 10^6$  Кл; в)  $q=5,1410^6$  Кл; г)  $q=6,14$

$10^6$  Кл; д)  $q=7,14 \cdot 10^6$  Кл.

170. Рамка из провода сопротивлением  $R=0,04$  Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле ( $B=0,6$  Тл). Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки  $S=200$  см<sup>2</sup>. Определить заряд  $q$ , который потечет по рамке при изменении угла между нормалью к рамке и линиями индукции от  $0$  до  $45^\circ$ .

Ответ: а)  $q=10810^3$  Кл; б)  $q=98 \cdot 10^3$  Кл; в)  $q=88 \cdot 10^3$  Кл; г)  $q=78 \cdot 10^3$  Кл; д)  $q=68 \cdot 10^3$  Кл.

171. Рамка из провода сопротивлением  $R=0,04$  Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле ( $B=0,6$  Тл). Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки  $S=200$  см<sup>2</sup>. Определить заряд  $q$ , который потечет по рамке при изменении угла между нормалью к рамке и линиями индукции от  $45^\circ$  до  $90^\circ$ .

Ответ: а)  $q=0,61$  Кл; б)  $q=0,51$  Кл; в)  $q=0,41$  Кл; г)  $q=0,31$  Кл; д)  $q=0,21$  Кл.

172. Тонкий медный провод массой  $m=1$  г согнут в виде квадрата, и его концы замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле ( $B=0,1$  Тл) так, что его плоскость перпендикулярна линиям поля. Определить заряд  $q$ , который потечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.  $r_{\text{си}}=1,7 \cdot 10^8$  Ом-м; плотность меди  $\rho=8,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

Ответ: а)  $q=61 \cdot 10^3$  Кл; б)  $q=110^3$  Кл; в)  $q=5,110^3$  Кл; г)  $q=51 \cdot 10^3$  Кл; д)  $q=4110^3$  Кл.

173. В однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,4$  Тл в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля, вращается стержень длиной  $l=10$  см. Ось вращения проходит через один из концов стержня. Определить разность потенциалов  $U$  на концах стержня при частоте вращения  $\omega=16$  с<sup>-1</sup>.

Ответ: а)  $U \approx 0,5$  В; б)  $U=0,4$  В; в)  $U=0,3$  В; г)  $U=0,2$  В; д)  $U=0,1$  В.

174. В однородном магнитном поле ( $B=0,1$  Тл) равномерно с частотой  $\omega=5$  с<sup>-1</sup> вращается стержень длиной  $l=50$  см так, что плоскость его вращения перпендикулярна линиям напряженности, а ось вращения проходит через один из его концов. Определить индуцируемую на концах стержня разность потенциалов  $U$ .

Ответ: а)  $U=0,5$  В; б)  $U=0,4$  В; в)  $U=0,3$  В; г)  $U=0,2$  В; д)  $U=0,1$  В.

175. В однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,5$  Тл

вращается с частотой  $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$  стержень длиной  $l = 20 \text{ см}$ . Ось вращения параллельна линиям индукции и проходит через один из концов стержня перпендикулярно его оси. Определить разность потенциалов  $U$  на концах стержня.

Ответ: а)  $U = 0,53 \text{ В}$ ; б)  $U = 0,63 \text{ В}$ ; в)  $U = 0,73 \text{ В}$ ; г)  $U = 0,83 \text{ В}$ ; д)  $U = 0,93 \text{ В}$ .

176. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,5 \text{ Тл}$  в плоскости, перпендикулярной линиям индукции поля, вращается стержень длиной  $l = 20 \text{ см}$ . Ось вращения проходит через один из концов стержня. Определить разность потенциалов  $U$  на концах стержня при частоте вращения  $\omega = 10 \text{ с}^{-1}$ .

Ответ: а)  $U = 330 \text{ мВ}$ ; б)  $U = 430 \text{ мВ}$ ; в)  $U = 530 \text{ мВ}$ ; г)  $U = 630 \text{ мВ}$ ; д)  $U = 730 \text{ мВ}$ .

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

Ответ: а)  $P = 0,12 \text{ Вт}$ ; б)  $P = 0,22 \text{ Вт}$ ; в)  $P = 0,32 \text{ Вт}$ ; г)  $P = 0,42 \text{ Вт}$ ; д)  $P = 0,52 \text{ Вт}$ .

178. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,35 \text{ Тл}$  равномерно с частотой  $\omega = 480 \text{ мин}^{-1}$  вращается рамка, содержащая

$N = 500$  витков площадью  $S = 50 \text{ см}^2$ . Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определить максимальную ЭДС индукции  $E_{\text{тах}}$ , возникшую в рамке.

Ответ: а)  $E_{\text{тах}} = 84 \text{ В}$ ; б)  $E_{\text{тах}} = 74 \text{ В}$ ; в)  $E_{\text{тах}} = 64 \text{ В}$ ; г)  $E_{\text{тах}} = 54 \text{ В}$ ; д)  $E_{\text{тах}} = 44 \text{ В}$ .

179. Рамка, содержащая  $N = 200$  витков тонкого провода, может свободно вращаться относительно оси, лежащей в плоскости рамки. Площадь рамки  $S = 50 \text{ см}^2$ . Ось рамки перпендикулярна линиям индукции однородного магнитного поля ( $B = 0,05 \text{ Тл}$ ). Определить максимальную Э.Д.С.  $E_{\text{тах}}$ , которая индуцируется в рамке при ее вращении с частотой  $\omega = 40 \text{ с}^{-1}$ .

Ответ: а)  $E_{\text{тах}} = 32,6 \text{ В}$ ; б)  $E_{\text{тах}} = 12,6 \text{ В}$ ; в)  $E_{\text{тах}} = 42,6 \text{ В}$ ; г)  $E_{\text{тах}} = 1,26 \text{ В}$ ; д)  $E_{\text{тах}} = 2,6 \text{ В}$ .

180. Короткая катушка, содержащая  $N = 1000$  витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,04 \text{ Тл}$  с

угловой скоростью  $\omega = 5$  рад/с относительно оси, совпадающей с диаметром катушки и перпендикулярной линиям индукции поля. Определить мгновенное значение ЭДС индукции  $E_x$  для тех моментов времени  $t$ , когда плоскость катушки составляет угол ( $\beta = 60^\circ$ ) с линиями индукции поля. Площадь  $S$  катушки равна  $100 \text{ см}^2$ .

Ответ: а)  $E = 0,5 \text{ В}$ ; б)  $E \sim 1 \text{ В}$ ; в)  $E_{\text{эф}} = 1,5 \text{ В}$ ; г)  $E = 2,5 \text{ В}$ ; д)  $E = 3,5 \text{ В}$ .

181. Короткая катушка, содержащая  $N = 10$  витков, равномерно вращается с частотой  $\nu = 10 \text{ с}^{-1}$  относительно оси АВ, лежащей в плоскости катушки и перпендикулярной линиям однородного магнитного поля ( $B = 0,04 \text{ Тл}$ ). Определить мгновенное значение ЭДС

индукции для тех моментов времени, когда плоскость катушки составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с линиями поля. Площадь катушки  $S = 100 \text{ см}^2$ .

Ответ: а)  $E = 1,26 \text{ В}$ ; б)  $E = 12,6 \text{ В}$ ; в)  $E = 126 \text{ В}$ ; г)  $E = 26 \text{ В}$ ; д)  $E = 56 \text{ В}$ .

182. Рамка площадью  $S = 200 \text{ см}^2$  равномерно вращается с частотой  $\nu = 10 \text{ с}^{-1}$  относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля ( $B = 0,2 \text{ Тл}$ ). Каково среднее значение ЭДС индукции  $\langle E_j \rangle$  за время, в течение которого магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения?

Ответ: а)  $\langle E_j \rangle = 0,06 \text{ В}$ ; б)  $\langle E_j^* \rangle = 0,16 \text{ В}$ ; в)  $\langle E_j \rangle = 0,26 \text{ В}$ ; г)  $\langle E_j \rangle = 0,36 \text{ В}$ ; д)  $\langle E_j \rangle = 0,46 \text{ В}$ .

2

3

183. Соленоид сечением  $S = 10 \text{ см}^2$  содержит  $N = 10$  витков. При силе тока  $I = 5 \text{ А}$  магнитная индукция  $B$  поля внутри соленоида равна  $0,05 \text{ Тл}$ . Определить индуктивность  $L$  соленоида.

Ответ: а)  $L = 0,02 \text{ Гн}$ ; б)  $L = 0,015 \text{ Гн}$ ; в)  $L = 0,02 \text{ Гн}$ ; г)  $L = 0,01 \text{ Гн}$ ; д)  $L = 0,05 \text{ Гн}$ .

184. Соленоид с сердечником из немагнитного материала содержит  $N = 1200$  витков провода, плотно прилегающих друг к другу. При силе тока  $I = 4 \text{ А}$  магнитный поток  $\Phi = 6 \text{ мкВб}$ . Определить индуктивность  $L$  соленоида.

Ответ: а)  $L = 5,8 \cdot 10^3 \text{ Гн}$ ; б)  $L = 4,8 \cdot 10^3 \text{ Гн}$ ; в)  $L = 3,8 \cdot 10^3 \text{ Гн}$ ; г)  $L = 2,8 \cdot 10^3 \text{ Гн}$ ; д)  $L = 1,8 \cdot 10^3 \text{ Гн}$ .

185. По длинному соленоиду с немагнитным сердечником сечением  $S = 5,0 \text{ см}^2$ , содержащему  $N = 1200$  витков, течет ток силой  $I = 2,00 \text{ А}$ . Индукция магнитного поля в центре соленоида  $B = 10,0 \text{ мТл}$ . Определить его индуктивность.

Ответ: а)  $L = 3,0 \cdot 10^3 \text{ Гн}$ ; б)  $L = 4,0 \cdot 10^3 \text{ Гн}$ ; в)  $L = 5,0 \cdot 10^3 \text{ Гн}$ ; г)  $L = 6,0 \cdot 10^3 \text{ Гн}$ ; д)  $L = 7,0 \cdot 10^3 \text{ Гн}$ .

186. По катушке индуктивностью  $L = 8 \text{ мкГн}$  течет ток  $I = 6 \text{ А}$ .

Определить среднее значение ЭДС  $\langle E_s \rangle$  самоиндукции, возникающей в контуре, если сила тока изменяется практически до нуля за время  $\Delta t = 5$  мс.

Ответ: а)  $\langle E_s \rangle = 12,6 \cdot 10^3$  В; б)  $\langle E_s \rangle = 7,6 \cdot 10^3$  В; в)  $\langle E_s \rangle = 10,6 \cdot 10^3$  В; г)  $\langle E_s \rangle = 8,6 \cdot 10^3$  В; д)  $\langle E_s \rangle = 9,6 \cdot 10^3$  В.

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

Ответ: а)  $I = 20,7$  А; б)  $I = 18,7$  А; в)  $I = 28,7$  А; г)  $I = 16,7$  А; д)  $I = 38,7$  А.

188. Источник тока замкнули на катушку сопротивлением  $R = 20$  Ом. Через время  $t = 0,1$  с сила тока  $I$  в катушке достигла 0,95 предельного значения. Определить индуктивность  $L$  катушки.

Ответ: а)  $L = 0,67$  Гн; б)  $L = 0,60$  Гн; в)  $L = 0,70$  Гн; г)  $L = 0,77$  Гн; д)  $L = 0,87$  Гн.

189. Две катушки намотаны на один общий сердечник. Когда сила тока  $I_1$  в первой катушке изменяется со скоростью  $dI_1/dt$  А/с, во второй катушке возникает ЭДС индукции  $E_2 = 0,1$  В. Определить коэффициент  $L_{21}$  взаимной индукции катушек.

Ответ: а)  $L_{21} = 0,04$  Гн; б)  $L_{21} = 0,03$  Гн; в)  $L_{21} = 0,02$  Гн; г)  $L_{21} = 0,01$  Гн; д)  $L_{21} = 0,25$  Гн.

## Практическое занятие № 7

*Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.  
Энергия магнитного поля.*

190. Плоский квадратный контур со стороной  $a = 10$  см, по которому течет ток  $I = 100$  А, свободно установился в однородном магнитном поле индукцией  $B = 1$  Тл. Определить работу, совершаемую внешними силами при повороте контура относительно оси, проходящей через середину его противоположных сторон, на угол  $\alpha = 90^\circ$ . При повороте контура сила тока в нем поддерживается постоянной.

Ответ: а)  $A = 5$  Дж; б)  $A = 4$  Дж; в)  $A = 3$  Дж; г)  $A = 2$  Дж; д)  $A = 1$  Дж.

191. Виток, по которому течет ток  $I = 20$  А, свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,016$  Тл. Диаметр  $d$  витка равен 10 см. Определить работу  $A$ , которую нужно совершить, чтобы повернуть виток на угол  $\alpha = \pi/2$  относительно оси, совпадающей с диаметром.

Ответ: а)  $A = 2,5 \cdot 10^3$  Дж; б)  $A = 3,5 \cdot 10^3$  Дж; в)  $A = 4,5 \cdot 10^3$  Дж; г)  $A = 5,5 \cdot 10^3$  Дж; д)  $A = 6,5 \cdot 10^3$  Дж.

192. Плоский контур с током  $I=5$  А свободно установился в однородном магнитном поле ( $B=0,4$  Тл). Площадь контура  $S=200$  см<sup>2</sup>. Поддерживая ток в контуре неизменным, его повернули относительно оси, лежащей в плоскости контура, на угол  $\alpha=40^\circ$ . Определить численное значение работы, совершенной внешними силами.

Ответ: а)  $A=6,4 \cdot 10^3$  Дж; б)  $A=7,4 \cdot 10^3$  Дж; в)  $A=8,4 \cdot 10^3$  Дж; г)  $A=9,4 \cdot 10^3$  Дж; д)  $A=10,4 \cdot 10^3$  Дж.

193. Квадратная рамка со стороной  $a=10$  см, по которой течет ток  $I=200$  А, свободно установилась в однородном магнитном поле с индукцией  $B=0,2$  Тл. Определить работу  $A$ , которую необходимо совершить внешним силам при повороте рамки вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной линиям магнитной индукции, на угол  $\alpha=27^\circ$ .

Ответ: а)  $A=0,3$  Дж; б)  $A=0,4$  Дж; в)  $A=0,5$  Дж; г)  $A=0,6$  Дж; д)  $A=0,7$  Дж.

194. Виток, в котором поддерживается постоянная сила тока  $I=60$  А, свободно установился в однородном магнитном поле ( $B=20$  мТл). Диаметр витка  $d=10$  см. Какую работу  $A$  нужно совершить внешним силам для того, чтобы повернуть виток относительно оси, совпадающей с диаметром, на угол  $\alpha=n/21$

Ответ: а)  $A=1,4 \cdot 10^3$  Дж; б)  $A=10,4 \cdot 10^3$  Дж; в)  $A=9,4 \cdot 10^3$  Дж; г)  $A=8,4 \cdot 10^3$  Дж; д)  $A=7,4 \cdot 10^3$  Дж.

195. Плоский контур с током  $I=50$  А расположен в однородном магнитном поле ( $B=0,6$  Тл) так, что нормаль к контуру перпендикулярна линиям магнитной индукции. Площадь контура  $S=1$  м<sup>2</sup>. Определить работу, совершаемую силами поля при медленном повороте контура около оси, лежащей в плоскости контура, на угол  $\alpha=30^\circ$ .

Ответ: а)  $A=10$  Дж; б)  $A=15$  Дж; в)  $A=20$  Дж; г)  $A=25$  Дж; д)  $A=30$  Дж.

196. В однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции расположен плоский контур площадью  $S=100$  см<sup>2</sup>. Поддерживая в контуре постоянную силу тока  $I=50$  А, его переместили из поля в область пространства, где поле отсутствует. Определить магнитную индукцию  $B$  поля, если при перемещении контура внешними силами была совершена работа  $A=0,4$  Дж.

Ответ: а)  $B=0,9$  Тл; б)  $B=0,8$  Тл; в)  $B=0,7$  Тл; г)  $B=0,6$  Тл; д)  $B=0,5$  Тл.

197. По проводу согнутому в виде квадрата со стороной длиной  $a=10$  см, течет ток  $I=20$  А, сила которого поддерживается неизменной.



Плоскость квадрата составляет угол  $\alpha=20^\circ$  с линиями индукции однородного магнитного поля ( $B=0,1$  Тл). Вычислить работу  $A$ , которую необходимо совершить внешним силам для того, чтобы удалить провод за пределы поля.

Ответ: а)  $A=6,84$  мДж; б)  $A=8,84$  мДж; в)  $A=10,84$  мДж; г)  $A=12,84$  мДж; д)  $A=14,84$  мДж.

198. По проводу, согнутому в виде квадрата со стороной длиной  $a=10$  см, течет ток  $I=20$  А, сила которого поддерживается неизменной. Плоскость квадрата составляет угол  $\alpha=20^\circ$  с линиями индукции однородного магнитного поля ( $B=0,1$  Тл). Вычислить работу  $A$ , которую необходимо совершить внешним силам для того, чтобы удалить провод за пределы поля.

Ответ: а)  $A=7,8 \cdot 10^3$  Дж; б)  $A=6,8 \cdot 10^3$  Дж; в)  $A=5,8 \cdot 10^3$  Дж; г)  $A=4,8 \cdot 10^3$  Дж; д)  $A=3,810^3$  Дж.

199. Квадратный контур со стороной  $a=10$  см, в котором течет ток  $I=6$  А, находится в магнитном поле ( $B=0,8$  Тл) под углом  $\alpha=60^\circ$  к линиям индукции. Какую работу  $A$  нужно совершить (внешним силам), чтобы при неизменной силе тока в контуре изменить его форму на окружность?

Ответ: а)  $A=-2,5 \cdot 10^3$  Дж; б)  $A=-3,5 \cdot 10^3$  Дж; в)  $A=-4,5 \cdot 10^3$  Дж; г)  $A=-5,5 \cdot 10^3$  Дж; д)  $A=-6,5 \cdot 10^3$  Дж.

200. Соленоид с сердечником из немагнитного материала содержит  $N=1200$  витков провода, плотно прилегающих друг к другу. При силе тока  $I=4$  А магнитный поток  $\Phi=6$  мкВб. Определить энергию магнитного поля соленоида.

Ответ: а)  $W=3,44 \cdot 10^2$  Дж; б)  $W=2,4410^2$  Дж; в)  $W=1,44 \cdot 10^2$  Дж; г)  $W=0,144 \cdot 10^2$  Дж; д)  $W=0,4410^2$  Дж.

201. На железное кольцо намотано в один слой  $N=200$  витков. Определить энергию  $W$  магнитного поля, если при силе тока  $I=2,5$  А магнитный поток  $\Phi$  в железе равен  $0,5$  мВб.

Ответ: а)  $W=125 \cdot 10^3$  Дж ; б)  $W=225 \cdot 10^3$  Дж; в)  $W=15510^3$  Дж; г)  $W=255 \cdot 10^3$  Дж; д)  $W=325 \cdot 10^3$  Дж.

202. Индуктивность  $L$  соленоида при длине  $l=1$  м площади поперечного сечения  $S=20$  см<sup>2</sup> равна  $0,4$  мГн. Определить силу тока  $I$  в соленоиде, при которой объемная плотность энергии магнитного поля внутри соленоида равна  $0,1$  Дж/м<sup>3</sup>.

Ответ: а)  $I=5$  А; б)  $I=4$  А; в)  $I=3$  А; г)  $I=2$  А; д)  $I=1$  А.

## Практическое занятие № 8

*Электромагнитные колебания и волны.*

203. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C=5$  мкФ и катушки с индуктивностью  $L=0,200$  Гн. Определить максимальную силу тока  $I_0$  в контуре, если максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора  $U_0=90$  В. Активным сопротивлением контура  $R$  пренебречь.

Ответ: а)  $I_0=0,35$  А; б)  $I_0=0,55$  А; в)  $I_0=0,45$  А; г)  $I_0=0,65$  А; д)  $I_0=0,25$  А.

204. В цепи, состоящей из последовательно соединенных резистора, катушки индуктивности и конденсатора, действует синусоидальная ЭДС. Определить частоту ЭДС  $\omega_0$ , при которой в цепи наступит резонанс, если  $C=0,1$  мкФ,  $L=1,0$  мГн.

Ответ: а)  $\omega_{рез}=3,010^5$  рад/с; б)  $\omega_{рез}=4,0 \cdot 10^5$  рад/с; в)  $\omega_{рез}=2,0 \cdot 10^5$  рад/с; г)  $\omega_{рез}=5,010^5$  рад/с; д)  $\omega_{рез}=1,0 \cdot 10^5$  рад/с.

205. Определить длину  $\lambda$  электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, если максимальный заряд на обкладках конденсатора  $q_m=50$  нКл, а максимальная сила тока в контуре  $I_m=1,5$  А. Активным сопротивлением  $R$  контура пренебречь.

Ответ: а)  $\lambda=62,8$  м; б)  $\lambda=82,8$  м; в)  $\lambda=22,8$  м; г)  $\lambda=52,8$  м; д)  $\lambda=32,8$  м.

206. Плоская монохроматическая электромагнитная волна распространяется вдоль оси  $x$ . Амплитуда напряженности электрического поля волны  $E_0=5$  мВ/м, амплитуда напряженности магнитного поля волны  $H_0=1$  мА/м. Определить энергию  $W$ , перенесенную волной за время  $t=10$  мин через площадку, расположенную перпендикулярно оси  $x$ , площадью поверхности

$S=15$  см<sup>2</sup>. Период волны  $T \ll t$ .

Ответ: а)  $W=0,45 \cdot 10^6$  Дж; б)  $W=4510^6$  Дж; в)  $W=2,510^3$  Дж; г)  $W=0,25 \cdot 10^3$  Дж; д)  $W=4,5 \cdot 10^6$  Дж.

207. Определить энергию, которую переносит за время  $t=1$  мин плоская синусоидальная электромагнитная волна, распространяющаяся в вакууме, через площадку  $S=10$  см<sup>2</sup>, расположенную перпендикулярно направлению распространения волны. Амплитуда напряженности электрического поля волны  $E_0=1$  мВ/м. Период волны  $T \ll t$ .  $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{12}$  Ф/м;  $\mu_0=12,56 \cdot 10^{-7}$  Гн/м.

Ответ: а)  $W=4,110^{12}$  Дж; б)  $W=91 \cdot 10^{12}$  Дж; в)  $W=710 \cdot 10^{12}$  Дж; г)  $W=8 \cdot 10^{12}$  Дж; д)  $W=3 \cdot 10^{12}$  Дж.

208. В вакууме вдоль оси  $x$  распространяется плоская электромагнитная волна и падает перпендикулярно на поверхность тела,

полностью ее поглощающего. Амплитуда напряженности магнитного поля волны  $H_0=0,15$  А/м. Определить давление  $p$ , оказываемое волной на это тело.

Ответ: а)  $p=0,54 \cdot 10^7$  Па; б)  $p=0,44 \cdot 10^7$  Па; в)  $p=0,34 \cdot 10^7$  Па; г)  $p=0,24 \cdot 10^7$  Па; д)  $p=0,4 \cdot 10^7$  Па.

### Список рекомендуемой литературы

1. Савельев, И. В. Курс общей физики [Текст]: учебник: в 3 т. / И. В. Савельев. - Изд. 11-е, стер. - СПб.: Лань, 2011. - Т. 2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. - 496 с.

2. Трофимова Т.И. Курс физики [Текст]: учеб. пособие для вузов./ Т.И. Трофимова. -7-е изд., стер. - М.: Высш. шк., 2002. - 542 с.

3. Физика: постоянный ток, электромагнетизм, волновая оптика [Электронный ресурс]: практикум: учебное пособие / В.И. Барсуков, О.С. Дмитриев, В.Е. Иванов, Ю.П. Ляшенко.- Тамбов: ТГТУ, 2014. - 104 с. - Режим доступа:

<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277918>

4. Барсуков, В. И. Физика: постоянный ток, электромагнетизм, волновая оптика [Электронный ресурс]: практикум / В. И. Барсуков, О. С. Дмитриев, В. Е. Иванов, Ю. П. Ляшенко - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. - 104 с.- Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=277918>

5. Яковенко, А., Соболев В. Р., Бондарь В. А. Общая физика: сборник задач [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. А. Яковенко, В. Р. Соболев, В. А. Бондарь и др. ; под общ. ред. В. Р. Соболева. - Минск : Высшая школа, 2015. - 456 с. - Режим доступа: <http://biblioclub.rii/index.php?page=book&id=448270>

6. Алтунин, К. К. Методы математической физики [Электронный ресурс]: учебное пособие / К. К. Алтунин. - 3-е изд. - М. : Директ-Медиа, 2014. - 123 с. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240552>

7. Перунова, М. Трудные вопросы курса физики: электромагнитная индукция [Электронный ресурс]: учебное пособие / М. Перунова; ОГУ. - Оренбург : ОГУ, 2014. - 120 с. - Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=259218>

8. Малышев, Л. Г. Избранные главы курса физики: электромагнетизм [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л. Г. Малышев, А. А. Повзнер; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. - Екатеринбург : Издательство

Уральского университета, 2014. - 157 с. - Режим доступа:  
<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275795>

Чертов А. Г., Воробьев А. А. Задачник по физике: учеб. пособие для  
втузов.-7-е изд., перераб. и доп. -М.: Издательство Физико-  
математической литературы, 2003.-640 с.