

5  
8

НБ МИФИ

53  
Д44

МОСКОВСКИЙ  
ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

А. Я. Диденко, В. П. Филиппов

**Сборник задач по физике**  
*(ЭЛЕКТРИЧЕСТВО, КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ, ОПТИКА)*

Для слушателей  
подготовительных курсов

Москва 1983

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ СССР

52  
201

МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

А. Я. Диденко, В. П. Филиппов

СБОРНИК ЗАДАЧ  
ПО ФИЗИКЕ  
(электричество, колебания и волны, оптика)

Для слушателей  
подготовительных курсов

Утверждено  
в качестве учебного пособия  
редсоветом института

Москва 1983

Диденко А.Я., Филиппов В.П. Сборник задач по физике (электричество, колебания и волны, оптика). - М.: Изд. МИФИ, 1983, 76 с.

Настоящий сборник составлен в соответствии с программой и календарным планом занятий по физике на подготовительных курсах МИФИ. Каждая тема содержит качественные задачи, задачи методического характера и комбинированные задачи типа экзаменационных. Практически все задачи снабжены ответами. Для особо трудных задач даются указания.

В сборник включены некоторые задачи, предлагавшиеся абитуриентам на приемных экзаменах, а также из "Сборника домашних заданий" для слушателей телекурсов и "Сборника задач по физике в помощь поступающим в МИФИ".

Данное учебное пособие предназначено для слушателей подготовительных курсов и курсов рабочей молодежи МИФИ.

© Московский инженерно-физический институт, 1981 г.

## 1. ЭЛЕКТРОСТАТИКА

### Закон Кулона. Электрическое поле

1. Почему легкий проводящий шарик, вначале притянувшийся к наэлектризованной палочке, затем отталкивается от нее?
2. Как движется заряженная пылинка в поле точечного заряда того же знака? Действием других сил пренебречь.
3. Как с помощью отрицательно заряженного проводника, не изменяя его заряда, зарядить другой проводник положительно? Зарядить два проводника: один положительно, другой отрицательно?
4. В электростатическое поле поместили незаряженный шар. Будет ли поле действовать на него?
5. Легкий шаровой проводник, подвешенный на шелковой нити, притягивается заряженной палочкой. Оснащает ли это, что шар заряжен? А если шар отталкивается?
6. Равна ли сила взаимодействия двух одинаковых металлических шаров с равными зарядами в случаях, если заряды: а) одноименные, б) разноименные? Расстояние между центрами одинаковое.
7. Как изменится сила, действующая на каждый из двух разноименно заряженных шариков, если между ними вносят стеклянный стержень?
8. Внутри полой проводящей незаряженной сферы поместили шарик с зарядом  $q$ . На короткое время сферу соединили с землей, затем шарик удалили из сферы. Какой заряд приобретает сфера? Где и как будет распределен этот заряд? Где и какое будет существовать электрическое поле?
9. Даны заряженное и незаряженное тела. Будут ли они притягиваться, отталкиваться или не будут взаимодействовать?
10. Описать словесно поведение электрического диполя в полях, показанных на рис. 1.

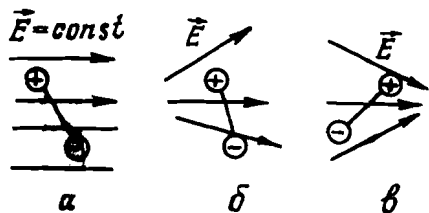


Рис. 1

11. Известно, что заряженный шарик притягивает бумажку. Как изменится сила притяжения, если окружить металлической сферой: а) заряженный шарик, б) бумажку?

12. Нарисовать линии напряженности поля: а) двух точечных зарядов, расположенных на расстоянии  $\ell$  друг от друга ( $q_1 = -10q_2$ ); б) точечного заряда, находящегося в центре заземленной проводящей сферы; в) точечного заряда, находящегося на расстоянии  $R/2$  от центра сферы.

13. Заряженные шарики, находящиеся на расстоянии  $\ell = 0,5$  м, отталкиваются с силой  $F = 2,0$  Н. Суммарный заряд шариков  $q = 2 \cdot 10^{-5}$  Кл. Определить больший заряд  $Q$ .

14. Два заряда, содержащих по  $M = 2$  г электронов, находятся на расстоянии  $\ell = 150$  млн. км. Какова величина действующей на заряд силы  $F$  ( $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл,  $m = 9,11 \times 10^{-31}$  кг)?

15. В центр квадрата, в вершинах которого находится по заряду  $q$ , помещен отрицательный заряд  $Q$ . Какова его величина, если система находится в равновесии? Будет ли равновесие устойчивым?

16. Бесконечная заряженная плоскость имеет отверстие диаметром  $d$ . Плоскость действует на положительный заряд, находящийся на оси отверстия на расстоянии  $\ell$  от плоскости, с силой  $F$ . В каком случае эта сила больше: при  $\ell = 5d$  или при  $\ell = 10d$ ?

17. На расстоянии  $H$  от поверхности Земли находится заряд  $q$ . Определить силу  $F$  взаимодействия заряда с Землей ( $H \ll R_3$ ).

18. Тело массой  $m$  и с зарядом  $q$  брошено под углом  $\alpha$  к горизонту с начальной скоростью  $v_0$ . Движение тела происходит в поле тяготения Земли и в электростатиче-

ческом поле напряженностью  $E$ . Линии напряженности направлены вниз под углом  $\beta$  к вертикали. Определить время полета  $t$ , дальность полета тела  $L$  и максимальную высоту его подъема  $H$ .

19. Шарик массой  $m$  и с зарядом  $q$  подвешен на нити длиной  $\ell$  и движется по окружности в вертикальной плоскости. В центре помещен такой же заряд  $q$ . Какую минимальную скорость  $v$  надо сообщить шару в нижнем положении?

20. В однородном электростатическом поле напряженностью  $E$ , линии напряженности которого направлены вертикально вниз, равномерно вокруг вертикальной оси на нити длиной  $\ell$  вращается заряженный шарик массой  $m$  и с зарядом  $q$ . Угол отклонения от вертикали равен  $\alpha$ . Найти силу натяжения нити  $T$  и кинетическую энергию шарика  $W_k$ .

21. Непроводящий невесомый стержень длиной  $\ell$  с закрепленными на его концах одинаковыми шариками с зарядами  $q = 4x \times 10^{-8}$  Кл массой  $m = 0,1$  г каждый подвешен на изолирующих нитях длиной  $\ell = 10$  см в точке С, где находится такой же заряд  $q$  (рис. 2). Определить величины ускорений  $a_A$  и  $a_B$  обоих зарядов сразу после пережигания нити ВС.

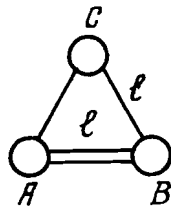


Рис. 2

22. Заряд одного проводника меньше, чем другого, но потенциал больше. Как будут перемещаться заряды при соприкосновении проводников?

23. Металлический заряженный шар помещен в центре толстого шарового слоя, изготовленного: а) из диэлектрика с  $\epsilon = 2$ , б) из металла. Нарисовать картины линий напряженности вне и внутри шара, начертить графики зависимости напряженности поля и потенциала от расстояния до центра шара.

24. В вершинах правильного шестиугольника со стороной  $a$  помещены заряды величиной  $q$ . Определить потенциал  $\varphi$  и напряженность  $E$  в центре шестиугольника, если: а) все заряды одинакового знака; б) положительные и отрицательные заряды чередуются.

25. Определить потенциал  $\varphi$  и напряженность поля  $E$  в центре тонкого кольца радиусом  $R$  и на расстоянии  $d$  от центра вдоль оси кольца, если весь заряд  $Q$  распределен равномерно по кольцу.

26. Как изменится потенциал шарика, если его внести внутрь проводящей заряженной сферы через небольшое отверстие?

27. Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускаются из воздуха в керосин с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$  и плотностью  $\rho_0 = 0,8 \text{ г/см}^3$ . При каком значении плотности материала шариков  $\rho$  угол расхождения нитей не изменится?

28. Две тонкие металлические концентрические сферы радиусами  $R_1$  и  $R_2$  ( $R_1 < R_2$ ) погружены в диэлектрическую среду с проницаемостью  $\epsilon$  так, что диэлектрик проникает в пространство между сферами. Внутренняя сфера обладает зарядом  $Q$ . Найти напряженность поля  $E$  и потенциал  $\varphi$  как функцию расстояния  $r$  от центра сфер.

29. Два точечных заряда  $q_1 = 6,6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$  и  $q_2 = 1,32 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$  находятся на расстоянии  $r_1 = 40 \text{ см}$ . Какую надо совершить работу  $A$ , чтобы сблизить их до расстояния  $r_2 = 25 \text{ см}$ ?

30. Металлический шар радиусом  $r = 2 \text{ см}$  заряжают до потенциала  $\varphi = 200 \text{ В}$  относительно Земли и окружают сферической металлической оболочкой радиусом  $R = 4 \text{ см}$ , концентрической с шаром. Определить потенциал шара  $\varphi_1$  после заземления оболочки.

31. Пылинка массой  $m = 4 \cdot 10^{-10} \text{ кг}$  с зарядом  $q_1 = 10^{-16} \text{ Кл}$  попадает в поле заряженного закрепленного шарика, имея скорость  $v = 10 \text{ см/с}$ , направленную к центру шарика. Каким должен быть минимальный радиус  $r$  шарика, чтобы пылинка достигла его поверхности, если заряд шарика  $q_2 = 10^{-9} \text{ Кл}$ ?

32. Под действием светового облучения с поверхности изолированного металлического шара радиусом  $r$  вылетают электроны с начальными скоростями  $v$ , в результате чего шарик заряжается. До какого максимального заряда  $Q$  можно зарядить шарик таким образом? Отношение заряда электрона к его массе  $e/m$  известно.

33. Сфера радиусом  $R = 0,1 \text{ м}$  заряжена до потенциала  $\varphi = 300 \text{ В}$ . Определить работу  $A$  сил электрического поля при перенесении заряда  $q = 1 \cdot 10^{-10} \text{ Кл}$  из точки А в точку В (рис. 3), которые удалены от поверхности сферы соответственно на расстояния  $r_1 = 0,1 \text{ м}$ ,  $r_2 = 0,2 \text{ м}$ . Влиянием заряда  $q$  на потенциал сферы пренебречь.

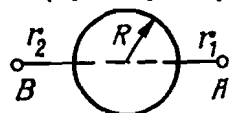


Рис. 3

34. Определить потенциал на поверхности заряженного шара, если работа по перенесению заряда  $q = 2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$  из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии  $d = 1 \text{ см}$  от поверхности шара радиусом  $r = 1 \text{ см}$ , равна  $A = 1,3 \cdot 10^{-4} \text{ Дж}$ .

35. Электрон, подлетая к закрепленному точечному отрицательному заряду  $Q = -10^{-5} \text{ Кл}$  (рис. 4), в точке А ( $R_A = 20 \text{ см}$ ) имеет скорость  $v_A = 10^6 \text{ см/с}$ . На какое минимальное расстояние  $R_B$  приблизится электрон к заряду  $Q$ ? Какова кинетическая энергия электрона  $W_k$  после того, как он, двигаясь в обратном направлении, окажется в точке С на расстоянии  $R_C = 50 \text{ см}$  от заряда  $Q$ ? Масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-28} \text{ г}$ , заряд  $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ .

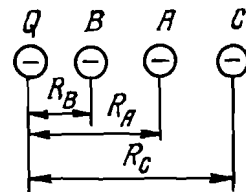


Рис. 4

36. Груз массой  $m = 1 \text{ кг}$ , подвешенный на нити длиной  $l = 1 \text{ м}$ , несет заряд  $q = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$ . Под ним находится заряженное тело с таким же по величине зарядом противоположного знака. Груз отклоняют от положения равновесия на угол  $\alpha = 90^\circ$  и отпускают. Определить скорость груза  $v$  в момент прохождения состояния равновесия, если расстояние между зарядами в момент наибольшего отклонения равно  $nl$ , где  $n = 2$ .

37. Шар массой  $m = 1 \text{ кг}$ , имеющий заряд  $q = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$ , висит на нерастяжимой нити в однородном электростатическом поле напряженностью  $E = 3 \cdot 10^4 \text{ В/м}$ . Вектор напряженности  $E$  параллелен поверхности Земли. Шар отклонили на угол  $\alpha = 30^\circ$  вдоль вектора напряженности и отпустили. Определить максимальную силу натяжения нити  $T_0$ .

38. Электростатическое поле создано равномерно заряженным шаром. В точке В, находящейся на расстоянии  $R = 20 \text{ м}$  от центра шара, потенциал поля  $\varphi = 0,12 \text{ кВ}$ , в точке С напряженность поля  $E = 0,25 \text{ кВ/м}$ . Шарик массой  $m = 0,6 \text{ г}$ , несущий электрический заряд  $q = -17 \text{ нКл}$ , перемещают из точки В, где он покоился, в точку С, разгоняя его при этом до скорости  $v = 15 \text{ см/с}$ . Определить работу  $A$ ,

которую совершают над зарядом  $q$  силы поля при перемещении шарика из точки  $B$  в точку  $C$ , и работу  $A'$  других сил, действующих на шарик во время перемещения.

39. В однородном электростатическом поле с напряженностью  $E$ , направление линии напряженности которого совпадает с направлением силы тяжести, на нити длиной  $l$  вокруг вертикальной оси вращается шарик массой  $m$ , имеющий положительный заряд  $q$ . Определить работу  $A$ , затраченную внешними силами для разгона шарика из состояния покоя до угловой скорости  $\omega$ .

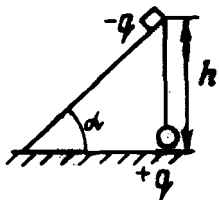


Рис. 5

40. По наклонной плоскости прямоугольной неподвижной призмы (угол наклона  $\alpha$ ) с высотой  $h$  (рис. 5) соскальзывает без трения тело массой  $m$  и с зарядом  $(-q)$ . Положительный заряд  $q$  помещен в вершине прямого угла призмы. Определить скорость тела  $v$  в момент перехода на горизонтальную плоскость.

41. Металлический шар, имеющий заряд  $q$ , лежит на изолирующей горизонтальной подставке. С высоты  $H$ , имея начальную скорость  $v'$ , направленную вниз, падает второй шар с таким же зарядом и массой  $m$ . На какое минимальное расстояние  $h$  сблизятся шары? Размеры шаров пренебрежимо малы, удар центральный.

42. Два электрона отстоят друг от друга на бесконечно большом расстоянии, причем один электрон находится в состоянии покоя, а другой движется со скоростью  $v$  к первому. Масса электрона  $m$ , заряд  $-e$ . Определить наименьшее расстояние  $r_0$ , на которое они сблизятся.

43. В вертикальном однородном электрическом поле находятся два шарика одинаковой массы  $m = 0,90$  г, связанные легкой изолирующей нитью, параллельной силовым линиям поля. Шарик несёт заряды  $q_1 = -5,0 \cdot 10^{-8}$  Кл и  $q_2 = 10 \cdot 10^{-8}$  Кл (рис. 6). Определить напряженность  $E_0$  электрического поля,

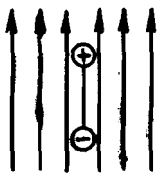


Рис. 6

при которой связанные шариком шары находятся в покое. Могут ли связанные нитью шары двигаться в однородном электрическом поле?

44. По условиям предыдущей задачи, считая  $E = 4,0$  кВ/см и расстояние между зарядами  $d = 10$  см, определить натяжение нити  $T$ .

45. Внутри плоского конденсатора, к обкладкам которого приложена разность потенциа-

лов  $U = 5$  В, помещен стержень длиной  $l = 5$  см с двумя точечными зарядами  $q = 2 \cdot 10^{-3}$  Кл противоположного знака. Найти максимальный момент  $M$  сил, действующих на стержень с зарядами, если расстояние между обкладками  $d = 10$  см. Определить работу  $A$  сил электрического поля при повороте стержня на угол  $\alpha = 90^\circ$  от положения неустойчивого равновесия.

46. Два шарика массами  $m_1$  и  $m_2$  с зарядами  $q_1$  и  $q_2$  соответственно связаны нитью, перекинутой через неподвижный блок. Вычислить величину ускорения шариков  $a$  и силу натяжения нити  $T$ , если вся система помещена в однородное электрическое поле напряженностью  $E$ , линии напряженности которого направлены вертикально вверх. Электрическим взаимодействием между заряженными шариками, трением нити о блок и массой нити пренебречь.

47. Электрон со скоростью  $v_0 = 4 \cdot 10^7$  м/с влетает в плоский конденсатор, причем вектор его скорости параллелен пластинам конденсатора. На сколько сместится точка вылета электрона из конденсатора, если к конденсатору приложена разность потенциалов  $U = 300$  В? Расстояние между горизонтально расположенными пластинами конденсатора  $d = 1$  см, длина  $l = 5$  см.

48. С какой скоростью пролетит электрон, втягиваемый в закрепленное кольцо, заряженное положительно с линейной плотностью  $\lambda$ , через центр кольца? Электрон находится в бесконечности.

#### Емкость. Конденсаторы. Энергия электрического поля

49. Двум проводникам, имеющим одинаковые размеры и форму, но один из которых полый, сообщены одинаковые заряды. Какой проводник имеет больший потенциал?

50. Два металлических шара с разными радиусами зарядили до одинакового потенциала. Одинаковы ли заряды на шарах? Будут ли заряды переходить от одного шара к другому, если их соединить проводом?

51. Как изменится потенциал заряженного проводника, если к нему приблизить (без соприкосновения) незаряженное тело?

52. Изменится ли разность потенциалов между обкладками плоского воздушного конденсатора, если одну обкладку заземлить?

53. Изменится ли емкость конденсатора или уединенного проводника, если увеличить их заряд в 2 раза?

54. Изменится ли емкость плоского конденсатора, если в воздушный зазор между пластинами вдвинуть незаряженную очень тонкую пластинку?

55. Пластины плоского конденсатора раздвигаются один раз будучи подключенными к источнику напряжения, другой раз — отключенными после зарядки. Равны ли работы при раздвижении пластин?

56. Наэлектризованный мыльный пузырь, не меняя заряда, раздувается так, что его радиус возрастает в 2 раза. Изменяется ли при этом энергия заряда? Препятствует ли заряд раздуванию пузыря?

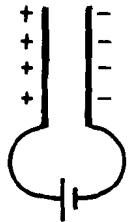


Рис. 7

57. Пластины конденсатора присоединены к гальваническому элементу (рис. 7). Как изменится сила взаимодействия, если их поместить в непроводящую жидкость с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 3$ ?

58. Во сколько раз изменится емкость плоского конденсатора, если между его обкладками ввести пластину из диэлектрика ( $\epsilon = 4$ )? Отношение расстояния между пластинами  $d$  к толщине диэлектрика  $t$  равно  $\frac{d}{t} = 3$ . Во сколько раз емкость изменится, если пластина будет сделана из металла?

59. Два конденсатора емкостью  $C_1 = 2$  мкФ и  $C_2 = 4$  мкФ соединены последовательно и подключены к источнику ЭДС  $\mathcal{E} = 120$  В. Определить напряжение  $U_1$  и  $U_2$  на каждом конденсаторе.

60. Два одинаковых конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику ЭДС. Во сколько раз  $n$  изменится разность потенциала на одном из конденсаторов, если другой погрузить в жидкость с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 2$ ?

61. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора соединены последовательно и подключены к источнику ЭДС. Внутри одного из них вносят диэлектрик с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Диэлектрик заполняет все пространство между обкладками. Во сколько раз  $n$  изменится напряженность электрического поля в этом конденсаторе?

62. Пластины воздушного конденсатора имеют площадь  $S = 300$  см<sup>2</sup> и отдалены друг от друга на расстояние  $d = 3$  мм. Между ними находится металлическая пластинка с та-

кой же площадью и толщиной  $d_1 = 1$  мм, изолированная от земли. Конденсатор заряжен до напряжения  $U = 600$  В и отключен от источника напряжения. Какую работу  $A$  надо произвести, чтобы вытащить пластинку?

63. В открытом стеклянном цилиндре с площадью сечения  $S = 100$  см<sup>2</sup> газ заполняет объем  $V = 0,05$  л между двумя подвижными металлическими поршнями, подключенными к источнику напряжения  $U = 200$  В. Определить заряд  $q$ , который пройдет через источник при нагревании газа от  $t_1 = 20^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 300^\circ\text{C}$ . Диэлектрическая проницаемость газа  $\epsilon \approx 1$ , внешнее давление считать постоянными. Трением пренебречь.

64. Параллельно одному из  $n = 4$  последовательно соединенных одинаковых конденсаторов подключен электростатический вольтметр, емкость которого в  $n = 2$  раза меньше емкости каждого из конденсаторов. Вольтметр показывает  $U = 400$  В. Найти напряжение на всей батарее  $U_0$ .

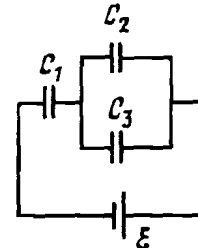


Рис. 8

65. Определить заряды  $q_1, q_2, q_3$  на конденсаторах емкостью  $C_1 = 2,0$  мкФ,  $C_2 = 4,0$  мкФ и  $C_3 = 6,0$  мкФ, подсоединенных к источнику напряжения  $\mathcal{E} = 24$  В так, как показано на рис. 8.

66. В схеме соединения конденсаторов (см. рис. 8) емкости  $C_1 = C_2 = C = 4,0$  мкФ,  $\mathcal{E} = 350$  В. На конденсаторе  $C_1$  разность потенциалов  $U = 200$  В. Определить емкость конденсатора  $C_3$ .

67. В схеме, показанной на рис. 9, емкость батареи конденсаторов не изменяется при замыкании ключа. Определите  $C_x$ .

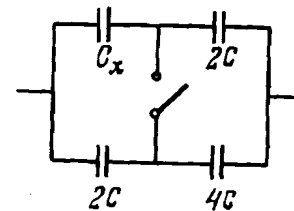


Рис. 9

68. Конденсаторы  $C_1$  и  $C_2$  (рис. 10) при помощи переключателя присоединяются сначала к батарее с ЭДС, равной  $\mathcal{E}$ , а затем к незаряженному конденсатору  $C_3$ . Найти заряд  $q$ , который появится на конденсаторе  $C_3$ .

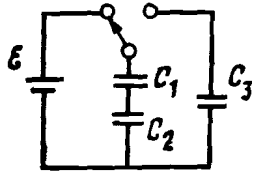


Рис. 10

69. Плоский конденсатор имеет два слоя из диэлектриков с диэлектрическими проницаемостями  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ . При каком соотношении толщин  $d_1$  и  $d_2$  слоев диэлектриков падение потенциалов в каждом слое будет в  $n = 2$  раза меньше разности потенциалов, приложенной к обкладкам конденсатора площадью  $S$  каждая? Какова емкость конденсатора  $C$ ?

70. Вычислить полную емкость  $C$  системы конденсаторов, изображенной на рис. 11. ( $C_1 = 2$  мкФ;  $C_2 = 4$  мкФ).

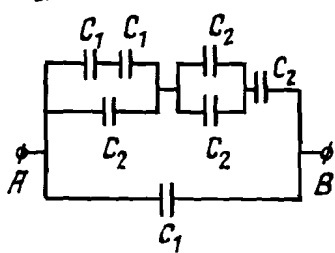


Рис. 11

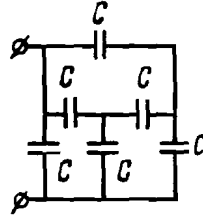


Рис. 12

71. Найти емкость  $C_0$  изображенной на рис. 12 батареи одинаковых конденсаторов. Емкость каждого конденсатора равна  $C$ .

72. Между пластинами плоского конденсатора, заряженного до напряжения  $U = 1200$  В, зажата стеклянная ( $\epsilon = 6$ ) пластинка толщиной  $d = 4$  мм. Какова поверхностная плотность поляризации заряда  $\sigma$  на стекле?

73. Найти емкость  $C_{общ}$  системы конденсаторов, включенных между точками  $A$  и  $B$ , как показано на рис. 13. Найти разность потенциалов  $\Delta \varphi$  между точками  $a$  и  $\delta$  в схеме, изображенной на рис. 14.

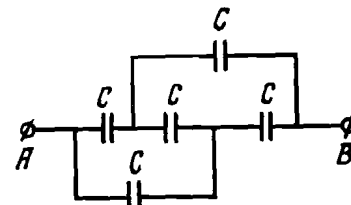


Рис. 13

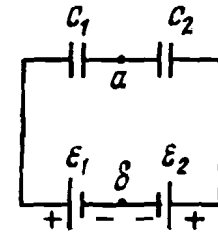


Рис. 14

74. Плоский воздушный конденсатор с расстоянием между пластинами  $d = 5$  мм и площадью пластин  $S = 500$  см<sup>2</sup> подключен к гальваническому элементу с ЭДС  $\mathcal{E} = 2000$  В. В пространство между пластинами конденсатора параллельно обкладкам вводят металлическую пластинку толщиной  $d_1 = 1$  мм. Определить работу  $A$ , совершаемую батареей.

75. Два одинаковых воздушных конденсатора емкостью по  $C = 10^3$  пФ заряжены до напряжения  $U = 600$  В и отключены от источника. Один из конденсаторов погружается в заряженном состоянии в керосин ( $\epsilon = 2$ ), после чего конденсаторы соединяются параллельно одноименно заряженными обкладками. Определить работу электрических сил  $A$  при перезарядке конденсаторов.

76. Рассчитать, с какой силой  $F$  притягиваются друг к другу пластины заряженного плоского конденсатора, емкость которого равна  $C$ , а разность потенциалов  $U$ . Расстояние между пластинами  $d$ .

77. Плоский конденсатор с диэлектриком ( $\epsilon = 4$ ) приобрел энергию  $W = 0,12$  Дж от подключенного к нему источника напряжения. Определить работу внешних сил  $A$  по удалению диэлектрика из пространства между пластинами и работу источника тока  $A_0$ .

78. Три источника с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 6$  кВ,  $\mathcal{E}_2 = 3$  кВ и  $\mathcal{E}_3 = 2$  кВ и три конденсатора с емкостями  $C_1 = 3$  мкФ,  $C_2 = 2$  мкФ и  $C_3 = 1$  мкФ соединяются между собой последовательно в замкнутую цепь, чередуясь друг с другом. Найти напряжения  $U_1$ ,  $U_2$  и  $U_3$  на каждом конденсаторе.



## 2. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

### Закон Ома для однородного участка цепи

79. Показания какого вольтметра больше (рис. 15)?

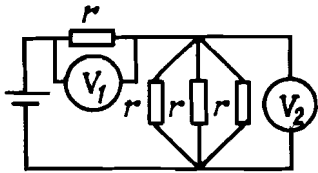


Рис. 15

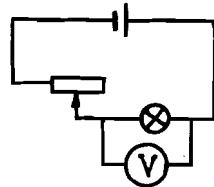


Рис. 16

80. Как изменится напряжение на зажимах лампы при перемещении ползунка реостата (рис. 16) вправо?

81. Как будет меняться напряжение на зажимах лампы (рис. 17) и ток через амперметры  $A_1$  и  $A_2$  при движении ползунка реостата из среднего положения до: а) крайнего левого положения; б) крайнего правого?

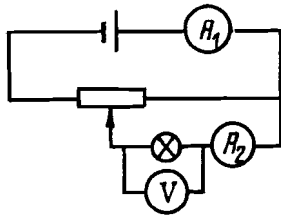


Рис. 17

82. Какой схемой (рис. 18) надо воспользоваться при измерении сопротивления резистора  $R$ : а) малой величины; б) большой величины?

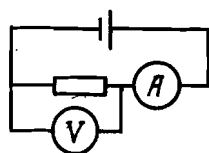
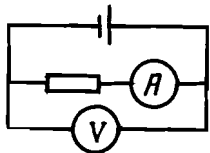


Рис. 18

83. Определить сопротивление участка  $AB$  (рис. 19), состоящего из шести одинаковых резисторов  $R$ .

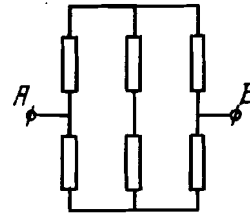


Рис. 19

84. Определить среднюю скорость  $v$  направленного движения электронов вдоль медного проводника при плотности постоянного тока  $j = 11 \text{ А/мм}^2$ , если считать, что на каждый атом меди в металле имеется один свободный электрон. Молярная масса меди  $\mu = 64 \text{ г/моль}$ . Плотность меди  $\rho = 8,9 \text{ г/см}^3$ .

85. Существуют ли токи, текущие от более низкого потенциала к более высокому?

86. К сети напряжением  $U = 120 \text{ В}$  присоединяются два сопротивления. При их последовательном соединении ток  $I_1 = 3 \text{ А}$ , а при параллельном соединении суммарный ток  $I_0 = 16 \text{ А}$ . Чему равны сопротивления  $R_1$  и  $R_2$ ?

87. Последовательно соединены  $n$  равных сопротивлений. Во сколько раз  $K$  изменится сопротивление цепи, если их соединить параллельно?

88. Плоский конденсатор емкостью  $C$  заполнен средой с удельным сопротивлением  $\rho$  и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Определить его сопротивление  $R$ .

89. Определить температуру  $t_f$  нити лампочки, если при включении в сеть напряжением  $U = 220 \text{ В}$  по нити идет ток  $I = 0,68 \text{ А}$ . При  $t = 20^\circ\text{C}$  сопротивление вольфрамовой нити электрической лампочки  $R = 36 \text{ Ом}$ . Температурный коэффициент сопротивления вольфрама  $\alpha = 4,6 \cdot 10^{-3} \text{ К}^{-1}$ .

90. Несколько ламп ( $n = 4$ ), рассчитанных на напряжение  $U_1 = 3 \text{ В}$  и силу тока  $I = 0,3 \text{ А}$ , надо включить параллельно и питать от источника напряжением  $U_2 = 5,4 \text{ В}$ . Какое дополнительное сопротивление  $R$  надо включить последовательно лампам?

91. Обкладки плоского конденсатора, представляющие собой квадратные пластины со стороной  $a = 40 \text{ см}$ , расположены вертикально в ванне с глицерином и соединены с источником напряжением  $U = 500 \text{ В}$ . Определить силу тока  $I$  в цепи, если в ванну подливают глицерин так, что уровень его повышается со скоростью  $v = 10 \text{ см/с}$ . Расстояние между пластинами  $d = 5 \text{ мм}$ , диэлектрическая проницаемость глицерина  $\epsilon = 36$ .

92. Из куска проволоки сопротивлением  $R = 10$  Ом сделано кольцо. Где следует соединить провода, подводящие ток, чтобы сопротивление кольца получилось  $r = 1$  Ом?

93. Определить общее сопротивление цепи, показанной на рис. 20.

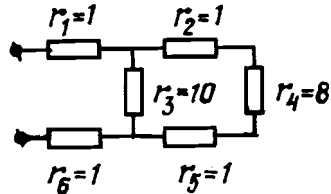


Рис. 20

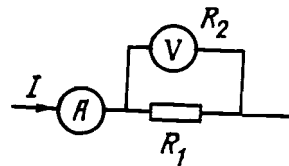


Рис. 21

94. Определить сопротивление  $R_1$ , если амперметр показывает ток  $I = 5$  А, а вольтметр напряжение  $U = 100$  В (рис. 21). Внутреннее сопротивление вольтметра  $R_2 = 2500$  Ом.

95. Найти сопротивление  $r$  проволочного куба при включении его в цепь между точками  $A$  и  $B$  (рис. 22). Сопротивление каждого ребра куба равно  $R$ .

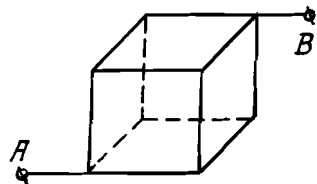


Рис. 22

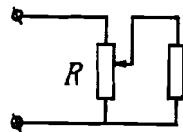


Рис. 23

96. Для регулирования напряжения на нагрузке собрана схема, изображенная на рис. 23. Сопротивления нагрузки и регулировочного реостата равны  $R$ . Нагрузка подключена к половине реостата. Как изменится напряжение на нагрузке, если ее сопротивление увеличить вдвое?

Закон Ома для неоднородного участка цепи и для замкнутой цепи

97. Какое напряжение показывает высокоомный вольтметр, включенный в схему, как показано на рис. 24? ЭДС и внутренние сопротивления обоих элементов равны.

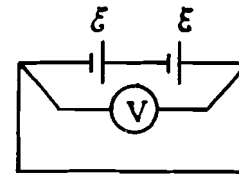


Рис. 24

98. К точке  $A$  однородного проволочного кольца, имеющего значительное сопротивление, присоединен провод, а к диаметрально противоположной точке  $B$  — скользящий контакт (рис. 25). Как будут меняться показания вольтметра при движении скользящего контакта?

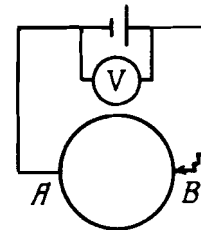


Рис. 25

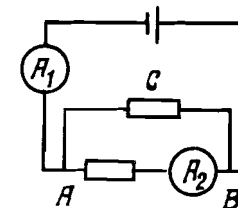


Рис. 26

99. Параллельно участку  $AB$  (рис. 26) подключен проводник  $ACB$  с резистором  $C$ , сопротивление которого равно сопротивлению исходного участка  $AB$ . Уменьшится ли в 2 раза падение напряжения на участке цепи  $AB$ ? Как изменится сила тока  $I_1$  и  $I_2$  соответственно в неразветвленной части цепи и на участке  $AB$ ?

100. Сравните показания амперметров в цепях, составленных из одинаковых приборов (рис. 27).

101. Два одинаковых гальванических элемента соединили в батарею (рис. 28). Какое напряжение покажет вольтметр в каждой из схем, если ЭДС одного элемента  $\mathcal{E}$ ? Внутренние сопротивления элементов считать равными нулю, а внутреннее сопротивление вольтметра очень большим.

102. Источник тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 5$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом подсоединен к резистору сопротивлением  $R = 3$  Ом, параллельно которому подключен конденса-

тор емкостью  $C = 4 \text{ мкФ}$  (рис. 29). Определить заряд  $q$  конденсатора.

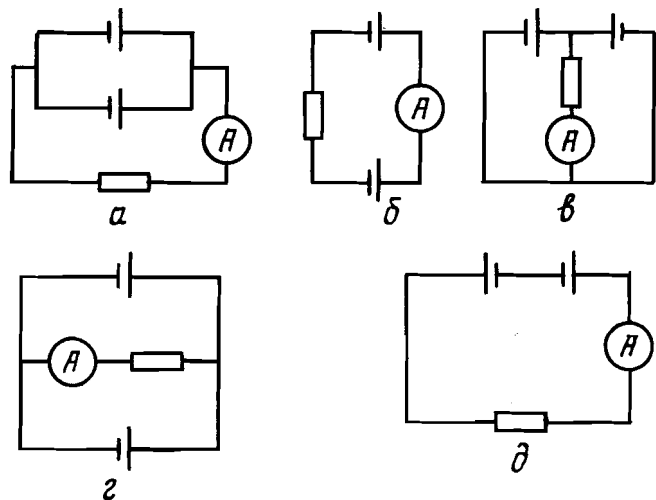


Рис. 27

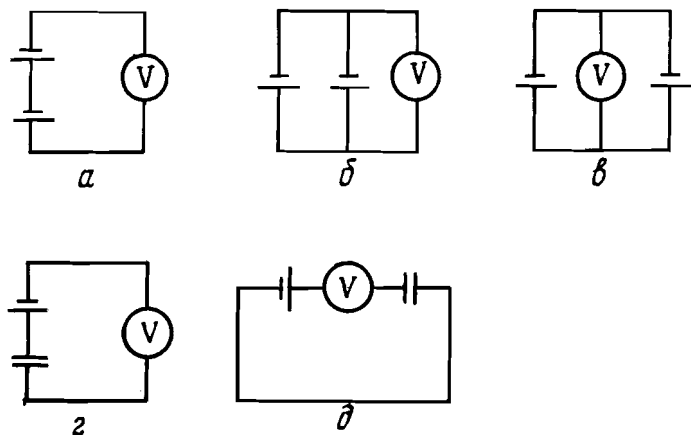


Рис. 28

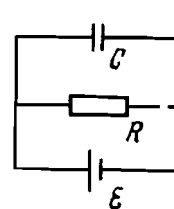


Рис. 29

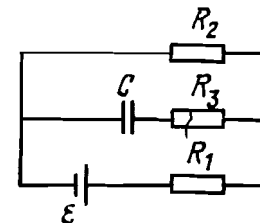


Рис. 30

103. Источник тока с внутренним сопротивлением  $r = 1 \text{ Ом}$  и ЭДС  $\mathcal{E} = 3,6 \text{ В}$  подключен к цепи, состоящей из резисторов  $R_1 = 4 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 7 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 3 \text{ Ом}$  и конденсатора  $C = 2 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$  (рис. 30). Определить разность потенциалов  $U$  и заряд  $q$  на конденсаторе.

104. Источники тока с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 2 \text{ В}$  и  $\mathcal{E}_2 = 3 \text{ В}$ , внутренними сопротивлениями  $r_1 = 2 \text{ Ом}$  и  $r_2 = 1 \text{ Ом}$  подключены к резистору сопротивлением  $R = 10 \text{ Ом}$  (рис. 31). Определить ток  $I$ , идущий через амперметр, и разность потенциалов  $U$  на первом источнике тока.

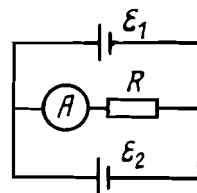


Рис. 31

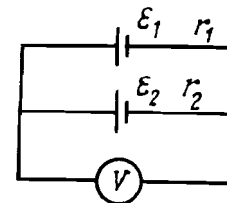


Рис. 32

105. Два источника тока с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 1,5 \text{ В}$  и  $\mathcal{E}_2 = 2 \text{ В}$  соединены параллельно (рис. 32). Вольтметр, подключенный к полюсам источников, показывает напряжение  $U = 1,7 \text{ В}$ . Определить отношение внутренних сопротивлений  $r_1/r_2$ . Считать, что внутреннее сопротивление вольтметра велико  $R_B \gg (r_1, r_2)$ .

106. На рис. 33 изображена схема моста Уитстона для измерения сопротивлений, где  $R_x$  - неизвестное сопротивление;  $R_0$  - эталонное сопротивление;  $G$  - гальванометр, соединенный скользящим контактом Д с однородным проводом большого сопротивления АВ (реохорд). Показать, что при отсут-

ствия тока через гальванометр имеет место соотношение  $R_x/R_0 = \rho_1/\rho_2$ . Сопротивлением соединительных проводов пренебречь.

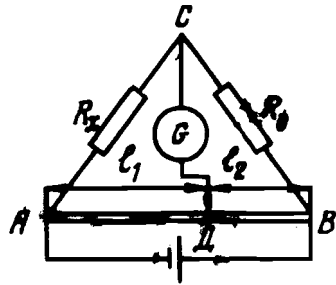


Рис. 33

107. При подключении к источнику внешнего сопротивления  $R_1 = 1 \text{ Ом}$  в цепи идет ток  $I_1 = 5 \text{ А}$ . При внешнем сопротивлении  $R_2 = 2 \text{ Ом}$  сила тока  $I_2 = 3 \text{ А}$ . Найти внутреннее сопротивление  $r$  источника тока.

108. Какова электродвижущая сила  $\mathcal{E}$  элемента, если при измерении напряжения на его зажимах вольтметром с внутренним сопротивлением  $R_1 = 90 \text{ Ом}$  получим  $U = 10,8 \text{ В}$ , а при замыкании элемента на сопротивлении  $R_2 = 20 \text{ Ом}$  получим ток  $I = 0,4 \text{ А}$ ?

109. При замыкании гальванического элемента на сопротивление  $R_1 = 1,8 \text{ Ом}$  в цепи идет ток  $I_1 = 0,7 \text{ А}$ , а при замыкании на сопротивление  $R_2 = 2,3 \text{ Ом}$  в цепи идет ток  $I_2 = 0,56 \text{ А}$ . Чему равен ток короткого замыкания  $I_{кз}$ ?

110. Два источника тока с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 1,5 \text{ В}$  и  $\mathcal{E}_2 = 2 \text{ В}$  и внутренними сопротивлениями  $r_1 = 0,5 \text{ Ом}$  и  $r_2 = 0,3 \text{ Ом}$  соединены параллельно. Определить ток через внешнее сопротивление  $R = 2 \text{ Ом}$ .

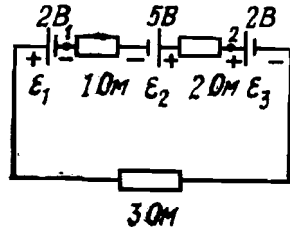


Рис. 34

111. На рис. 34 изображена цепь постоянного тока, состоящая из трех источников тока и трех резисторов, включен-

ных последовательно. Определить разность потенциалов  $\varphi_1 - \varphi_2$  между точками 1 и 2. Сопротивлениями источников тока и соединительных проводов пренебречь.

112. Определить разность потенциалов  $U_{AB}$  между точками A и B в цепи, показанной на рис. 35, где  $\mathcal{E}_1 = 1 \text{ В}$ ,  $R_1 = 1 \text{ Ом}$ ;  $\mathcal{E}_2 = 2 \text{ В}$ ,  $R_2 = 2 \text{ Ом}$ ;  $\mathcal{E}_3 = 3 \text{ В}$ ,  $R_3 = 3 \text{ Ом}$ ;  $\mathcal{E}_4 = 4 \text{ В}$ ,  $R_4 = 4 \text{ Ом}$  и токи, идущие через резисторы.

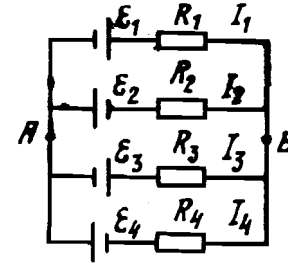


Рис. 35.

113. На схеме (рис. 36)  $\mathcal{E}_1 = 1,0 \text{ В}$ ,  $\mathcal{E}_2 = 2,0 \text{ В}$ ,  $\mathcal{E}_3 = 3,0 \text{ В}$ ,  $R_1 = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_2 = 200 \text{ Ом}$ ,  $R_3 = 300 \text{ Ом}$ ,  $R_4 = 400 \text{ Ом}$ . Определить токи, текущие через резисторы. Сопротивлениями источников тока и соединительных проводов пренебречь.

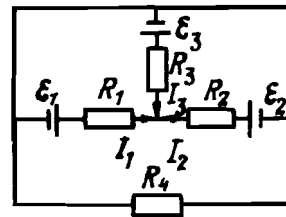


Рис. 36

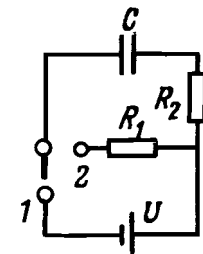


Рис. 37

114. Конденсатор емкостью  $C = 5,0 \text{ мкФ}$  подсоединяется к источнику постоянного тока напряжением  $U = 200 \text{ В}$  (рис. 37). Затем переключатель переводится с контакта 1 на контакт 2. Найти количество тепла  $Q$ , выделившееся в резисторе  $R_1 = 500 \text{ Ом}$ . Сопротивление резистора  $R_2 = 300 \text{ Ом}$ .

115. В одно из плеч мостика Уитстона (рис. 38) включено нелинейное сопротивление  $X$ , для которого закон Ома не справедлив и зависимость тока (в амперах) от приложенного напряжения  $U$  (в вольтах) имеет вид  $I = \kappa U^3$ , где  $\kappa = 0,01 \text{ A/B}^3$ . В остальные плечи моста включены одинаковые резисторы сопротивлением  $R = 4 \text{ Ом}$ . При каком токе  $I_{\text{УСТ}}$  через батарею мост окажется сбалансированным?

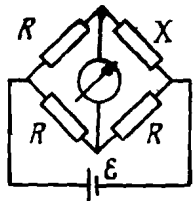


Рис. 38

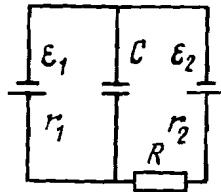


Рис. 39

116. В схеме, изображенной на рис. 39, величины ЭДС батарей  $\mathcal{E}_1$  и  $\mathcal{E}_2$ , их внутренние сопротивления  $r_1$ ,  $r_2$ , сопротивление  $R$  и емкость  $C$  заданы. Определить заряд конденсатора  $q$ .

117. Динамо-машина имеет ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 12 \text{ В}$  и внутреннее сопротивление  $r_1 = 0,2 \text{ Ом}$ . Она заряжает батарею аккумуляторов с ЭДС  $\mathcal{E}_2 = 10 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r_2 = 0,6 \text{ Ом}$ . Параллельно батарее включена лампочка сопротивлением  $R = 3 \text{ Ом}$ . Определить токи  $I_1$  и  $I_2$  в батарее и в лампочке.

### Работа и мощность тока

118. Через лампочку карманного фонаря и через лампу, включаемую в электросеть для освещения, проходит ток приблизительно одной и той же величины. Почему лампочки выделяют разные количества теплоты при прохождении через них тока в течение равного времени?

119. Три проводника с одинаковыми сопротивлениями подключают к источнику постоянного напряжения сначала параллельно, затем последовательно. В каком случае потребляется большая мощность и во сколько раз?

120. На участке цепи последовательно включены два амперметра, показывающие одну и ту же величину тока. Одинако-

вые ли мощности потребляются, если сопротивления амперметров разные?

121. В каком из резисторов (рис. 40) выделяется наибольшее количество теплоты?

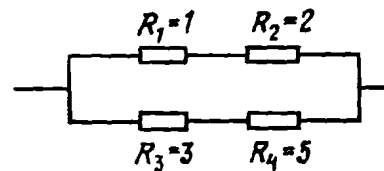


Рис. 40

122. Четыре одинаковые лампы, рассчитанные на 110 В, включены в цепь на участке АВ под напряжением 220 В (рис. 41).

1) Какая из ламп будет гореть ярче?

2) Уменьшится, останется неизменным или возрастет расход энергии, если: а) замкнуты лампы 2; б) последовательно с лампой 4 включить еще одну?

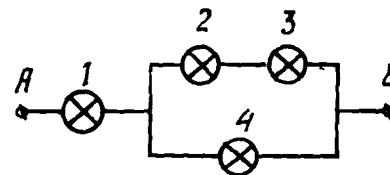


Рис. 41

123. Как изменится накал спирали электроплитки, если на участок спирали попадет вода?

124. К источнику тока подключаются два потребителя: один раз последовательно, второй – параллельно. В каком случае КПД источника больше?

125. Дан источник напряжения с ЭДС, равной  $\mathcal{E}$ , и внутренним сопротивлением  $r$ , замкнутый на реостат. Выразить мощность тока  $P$  во внешней цепи как функцию силы тока  $I$ . Построить график этой функции. При каком токе мощность будет наибольшей? Построить также график зависимости  $\eta$  от силы тока в цепи.

126. Источник тока с ЭДС, равной  $\mathcal{E}$ , и внутренним сопротивлением  $r$  замкнут на реостат. Построить графики изменения силы тока  $I$ , напряжения  $U$ , мощности  $P$ , развиваемой во внешней цепи, полной мощности  $P_0$  и КПД  $\eta$  при изменении сопротивления реостата  $R$ . При каком соотношении внешнего и внутреннего сопротивлений достигается максимальная мощность во внешней цепи? Каков при этом КПД установки?

127. Электрическая цепь показана на рис. 42. Дано:  $\mathcal{E} = 100$  В,  $r = 36$  Ом, КПД источника тока  $\eta = 50\%$ . Вычислить сопротивление  $R$  и полезную мощность  $N$ .

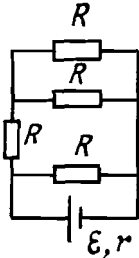


Рис. 42

128. При подсоединении к источнику ЭДС сопротивления  $R_1 = 18$  Ом на нем выделяется мощность  $P_1 = 18$  Вт, при подсоединении сопротивления  $R_2 = 3$  Ом выделяется мощность  $P_2 = 12$  Вт. Найти ток короткого замыкания источника  $I$ .

129. При подключении к батарее сначала сопротивления  $R_1 = 3,0$  Ом, а затем последовательно с ним сопротивления  $R_2 = 63$  Ом коэффициент полезного действия возрос в  $n = 2$  раза. Определить внутреннее сопротивление батареи  $r$ .

130. Аккумулятор с внутренним сопротивлением  $r = 0,08$  Ом при токе  $I_1 = 4$  А отдает во внешнюю цепь мощность  $P_1 = 8$  Вт. Сопротивление нагрузки уменьшают. Какую мощность  $P_2$  отдаст аккумулятор во внешнюю цепь при токе  $I_2 = 6$  А?

131. ЭДС источника тока  $\mathcal{E} = 2$  В, внутреннее сопротивление  $r = 1$  Ом. Определить силу тока  $I$ , если внешняя цепь потребляет мощность  $P = 0,75$  Вт.

132. Как при параллельном, так и при последовательном соединении двух одинаковых аккумуляторов на внешнем сопротивлении выделяется мощность  $P_1 = 80$  Вт. Какая мощность  $P_2$  будет выделяться на этом сопротивлении, если замкнуть на него лишь один из аккумуляторов?

133. Электромотор, включенный в сеть напряжением  $U = 120$  В, потребляет ток  $I = 15$  А. Определить мощность мотора  $P$  и его КПД  $\eta$ , если сопротивление обмотки мотора  $R = 1$  Ом.

134. Электромотор питается от сети напряжением  $U = 24$  В. Чему равна мощность  $P$  на валу мотора при проте-

кании по его обмотке тока  $I = 8$  А, если известно, что при полном затормаживании по цепи идет ток  $I_0 = 16$  А?

135. Электромобиль массой  $M = 1000$  кг движется со скоростью  $v = 72$  км/ч. Определить максимальное ускорение электромобиля  $a_0$ , учитывая, что КПД двигателя  $\eta = 0,96$ , напряжение на полюсах источника тока  $U = 125$  В и максимальный ток, идущий через двигатель,  $I = 500$  А.

136. Электрическая цепь постоянного тока состоит из двух источников с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 4$  В и  $\mathcal{E}_2 = 6$  В, включенных навстречу. Внутренние сопротивления источников одинаковы:  $r = 1$  Ом. Определить тепловую мощность  $P$ , которая выделяется на сопротивлении  $R = 2$  Ом, подключенном параллельно источнику тока.

137. Нагреватель электрочайника состоит из двух секций. При включении первой секции вода в чайнике закипает за время  $t_1 = 10$  мин, а при включении второй секции за  $t_2 = 40$  мин. За какое время  $t$  закипит вода, если включить обе секции: а) параллельно; б) последовательно?

138. Требуется изготовить нагревательную спираль для электрической плитки мощностью  $P = 0,5$  кВт, предназначенной для включения в цепь напряжением  $U = 220$  В. Какой длины нужно взять для этого нихромовую проволоку диаметром  $d = 0,4$  мм? Удельное сопротивление нихрома в нагретом состоянии  $\rho = 1,05 \cdot 10^{-6}$  Ом·м.

139. Какой силы ток  $I$  надо пропустить через железную проволоку длиной  $l = 1$  м, массой  $m = 1$  г, чтобы нагреть ее за  $\tau = 1$  с до температуры плавления  $t = 1600^\circ\text{C}$ . Передачу тепла другим телам не учитывать. Удельное сопротивление  $\rho = 1,2 \cdot 10^{-7}$  Ом·м, удельная теплоемкость  $c = 500$  Дж/(кг·К). Начальная температура  $t_0 = 0^\circ\text{C}$ , плотность  $D = 7900$  кг/м<sup>3</sup>.

140. Между пластинами плоского конденсатора расположена диэлектрическая пластина ( $\epsilon = 3$ ), заполняющая весь объем конденсатора. Конденсатор через резистор подключен к батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 100$  В (рис. 43). Пластины выдергивают. Какое количество энергии  $Q$  выделится в цепи в виде тепла? Емкость пустого конденсатора  $C = 100$  мкФ.

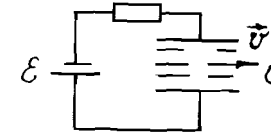


Рис. 43

141. Конденсатор емкостью  $C = 0,04$  мкФ с помощью ключа (рис. 44) периодически с частотой  $n = 50$  раз в секунду заряжается от источника с ЭДС  $\mathcal{E} = 100$  В и внутренним сопротивлением  $r$  и разряжается через сопротивление  $R$ . Определить мощность  $P$ , выделяемую в нагрузке  $R$ . Считать, что во время замыкания контактов ключа конденсатор полностью заряжается (положение 1) и полностью разряжается (положение 2).

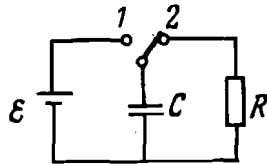


Рис. 44

142. Батарея с ЭДС  $\mathcal{E} = 4$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом входит в состав неизвестной цепи (рис. 45). К полюсам батареи подсоединен вольтметр так, что положительная клемма вольтметра подключена к отрицательному полюсу батареи. Вольтметр при этом показывает напряжение  $U = 2$  В. Какое количество тепла  $Q$  выделяется за время  $t = 1$  с на внутреннем сопротивлении батареи?

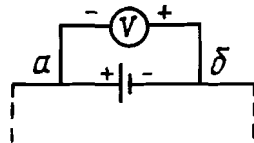


Рис. 45

143. Имеется нелинейный проводник, для которого не выполняется закон Ома, и сила тока связана с приложенным напряжением соотношением  $I = kU^2$ , где  $k = 0,01$  А/В<sup>2</sup>. Этот проводник соединен последовательно с резистором, имеющим сопротивление  $R = 100$  Ом, и подключен к батарее с ЭДС  $\mathcal{E} = 15,75$  В. Пренебрегая внутренним сопротивлением батареи, найти джоулево тепло  $Q$ , выделяющееся на нелинейном проводнике за время  $t = 1$  с.

144. В схеме, изображенной на рис. 46, вторая батарея имеет ЭДС  $\mathcal{E}_2 = 4$  В, сопротивление  $R = 50$  Ом. В схеме имеется нелинейный проводник  $X$ , для которого закон Ома не выполняется и сила тока  $I$  связана с приложенным напряжением  $U$  соотношением  $I = kU^2$ , где  $k = 0,02$  А/В<sup>2</sup>. Схема сбалансирована, т.е. гальванометр  $\Gamma$  дает нулевое показание. Определить мощность  $P_1$ , развиваемую батареей с ЭДС  $\mathcal{E}_1$ , пренебрегая ее внутренним сопротивлением.

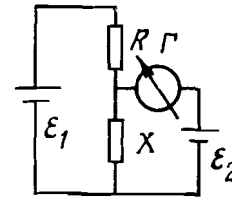


Рис. 46

145. От источника с напряжением  $U = 100$  кВ требуется передать на расстояние  $\ell = 5$  км мощность  $P = 5000$  кВт. Допустимая потеря напряжения в проводах  $n = 1\%$ . Рассчитать минимальное сечение медного провода  $S$ , пригодного для этой цели. Удельное сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

146. Под каким напряжением  $U$  нужно передавать электрическую энергию постоянного тока на расстояние  $\ell = 5$  км, чтобы при плотности тока  $j = 2,5 \cdot 10^5$  А/м<sup>2</sup> в медных проводах двухпроводной линии электропередачи потери в линии составляли  $\eta = 0,01$  от передаваемой мощности? Удельное сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

Законы Фарадея для электролиза. Ток в газах.  
Магнитное взаимодействие токов

147. Два электрода в виде плоских параллельных медных сеток опущены в проточный раствор медного купороса и присоединены к генератору постоянного напряжения. Будет ли изменяться сила тока при переносе электродов в растворе так, что ток пойдет то по направлению течения жидкости, то против него, то под углом к нему?

148. Можно ли на основании законов Фарадея сделать заключение, что для электролитического выделения одинаковых масс данного вещества требуется затратить одинаковые количества энергии тока?

149. Одинаковые ли количества хлора выделяются при электролизе из различных растворов (рис. 47)?

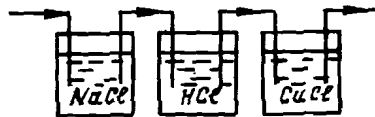


Рис. 47

150. В одной из электролитических ванн, соединенных последовательно, находится раствор сульфата меди  $CuSO_4$ , в другой — раствор хлористой меди  $CuCl_2$ . Одинаковое ли количество меди выделится в обеих ваннах при прохождении тока через них?

151. При электролизе сила тока равномерно менялась от  $I_1 = 2$  А до  $I_2 = 8$  А в течение  $t = 10$  с. Какое количество меди  $m$  выделится из раствора  $CuSO_4$  на катоде, если электрохимический эквивалент меди  $K = 0,328 \cdot 10^{-6}$  кг/Кл?

152. При электролизе воды через ванну в течение времени  $t = 25$  мин пропускали ток  $I = 20$  А. Какова температура  $T$  выделившегося кислорода, если он находится в объеме  $V = 1$  л под давлением  $P = 2$  атм? Универсальная газовая постоянная  $R = 8,3$  Дж/(моль·К). Валентность атома кислорода  $n = 2$ , число Фарадея  $F = 9,65 \cdot 10^4$  Кл/моль.

153. Никелирование металлического изделия с площадью  $S = 120$  см<sup>2</sup> продолжалось  $t = 5$  ч при силе тока  $I = 0,3$  А. Валентность никеля  $n = 2$ ; молярная масса  $\mu = 58,7$  г/моль; плотность  $\rho = 9$  г/см<sup>3</sup>. Определить толщину слоя никеля  $d$ .

154. При каком напряжении зажигается неоновая лампочка (появляется свечение), если расстояние между электродами, имеющими вид тонких плоских пластин,  $d$ ; энергия ионизации неона  $W$ ; длина свободного пробега электронов между двумя последовательными столкновениями с атомами неона  $\ell$ ?

155. Как изготовить сильный электромагнит, если поставлено условие, чтобы ток в электромагните был сравнительно слабым?

156. Электромагнит держит груз, не перемещая его, т.е. не совершая механической работы. На что расходуется энергия, подводимая к электромагниту?

157. Дан плоский замкнутый контур произвольной формы, по которому идет ток (рис. 48). Какое направление имеет вектор индукции магнитного поля в точке А, лежащей внутри контура, и в точке В, лежащей вне контура?

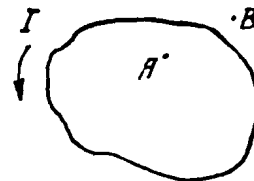


Рис. 48

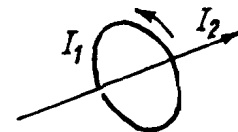


Рис. 49

158. Прямолинейный ток  $I_2$ , проходит по оси кругового тока  $I_1$  (рис. 49). С какой силой взаимодействуют токи?

159. Электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно к линиям индукции. По какой траектории будет двигаться электрон? Изменяется ли при этом численное значение скорости электрона?

160. Электрон движется в однородном магнитном поле. Чему равна работа  $A$  силы, действующей на электрон со стороны магнитного поля?

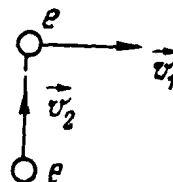


Рис. 50

161. Два электрона движутся, как показано на рис. 50. Пусть  $\vec{F}$  — сила, с которой магнитное поле первого электрона действует на второй, а  $\vec{F}'$  — сила, с которой магнитное поле второго электрона действует на первый. Равны ли величины сил  $F$  и  $F'$ ?

162. Электрон, обладающий скоростью  $\vec{v}$ , попадает в однородное магнитное поле, индукция которого  $B$  составляет угол  $\alpha = 90^\circ$  с  $\vec{v}$ . Окружность какого радиуса  $R$  будет описывать электрон?

163. Какие из частиц катодных лучей отклоняются на больший угол одним и тем же магнитным полем: более быстрые или более медленные?

164. Электрон влетает в область, занятую однородным магнитным полем, индукция которого равна  $B = 10^{-4}$  Тл и направлена перпендикулярно скорости электрона. Какова угловая скорость  $\omega$  движения электрона в магнитном поле?

165. Заряженная частица влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно к линии индукции. Граница поля представляет собой плоскость, параллельную направлению индукции поля. Направление начальной скорости частицы составляет угол  $\alpha = 35^\circ$  с границей поля. Определить угол  $\beta$  между направлениями движения частицы до попадания в магнитное поле и после вылета из него.



166. Заряженная частица с зарядом  $q$  и массой  $m$  со скоростью  $\vec{v}$  влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $\vec{B}$  перпендикулярно границе поля. Направление индукции перпендикулярно к направлению скорости. Через какое время  $t$  частица выйдет из магнитного поля?

167. Свободное проволочное кольцо с током находится в однородном магнитном поле, индукция которого  $B = 10^{-2} \text{ Тл}$ . Величина тока в кольце  $I = 5 \cdot 10^{-2} \text{ А}$ . Радиус кольца  $r = 2 \text{ см}$ . Какой максимальный момент сил  $M$  может действовать на проволочную рамку со стороны магнитного поля?

168. В однородном магнитном поле на тонких вертикальных проволочках одинаковой длины горизонтально подвешен прямолинейный проводник массой  $m = 10 \text{ г}$  и длиной  $l = 20 \text{ см}$ . Индукция поля  $B = 0,25 \text{ Тл}$  направлена вертикально. По проводнику течет ток  $I = 2 \text{ А}$ . На какой угол  $\alpha$  от вертикали отклонятся проволоки, поддерживающие проводник?

169. Определить силу взаимодействия  $F$ , действующую на участок провода  $l = 1 \text{ м}$  двухпроводной воздушной линии электропередачи, если ток в линии  $I = 500 \text{ А}$ , а расстояние между проводами  $r = 50 \text{ см}$ .

#### Электромагнитная индукция

170. Проводник АВ (рис. 51) длиной  $l = 0,6 \text{ м}$  и сопротивлением  $R = 0,02 \text{ Ом}$  под действием силы, действующей со стороны однородного магнитного поля с индукцией  $B = 1,6 \text{ Тл}$  движется равномерно со скоростью  $v = 0,5 \text{ м/с}$  по медным шинам. Шины подключены к источнику ЭДС  $\mathcal{E} = 0,06 \text{ В}$  и внутренним сопротивлением  $r = 0,01 \text{ Ом}$ . Поле перпендикулярно плоскости, в которой лежат шины. Определить силу тока  $I$  в проводнике, мощность  $N$ , развиваемую силой Ампера, и мощность  $P$ , расходуемую на нагревание проводника.

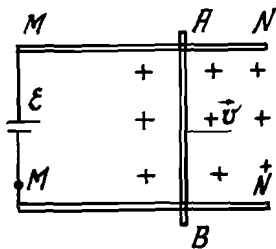


Рис. 51

171. В прямоугольной кювете, передняя и задняя стенки которой изготовлены из металла, а боковые из диэлектрика, находится электролит. Плотность электролита  $\rho$ , электропроводность  $\sigma$ . К металлическим стенкам приложено напряжение  $U$ , а вся кювета помещена в однородное вертикальное магнитное поле  $B$ . Определить разность уровней жидкости  $\Delta h$  около боковых стенок кюветы. Длина кюветы  $l$ , ширина  $d$ .

172. Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии  $l$  друг от друга. Перпендикулярно рельсам лежит стержень, масса которого  $m$ . По стержню течет ток  $I$ . Коэффициент трения стержня о рельсы  $\mu$ . При каком минимальном значении индукции магнитного поля  $B$  стержень будет двигаться? Какой угол  $\alpha$  с вертикалью будет составлять при этом вектор магнитной индукции?

173. Металлическое кольцо колеблется продолжительное время после выведения его из положения равновесия. Если же поднести магнитный стержень так, чтобы при колебаниях кольцо надевалось на магнит (рис. 52), колебания быстро затухают. Объясните причину быстрого торможения кольца.

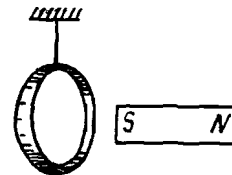


Рис. 52

174. В короткозамкнутую катушку один раз быстро, другой раз медленно вдвигают магнит.

а) Одинаковый ли заряд переносится при этом индукционным током?

б) Одинаковую ли работу против электромагнитных сил совершает сила, вдвигающая магнит?

175. Почему иногда недалеко от мест удара молнии могут расплавиться предохранители и повредиться чувствительные электроизмерительные приборы?

176. Внутри короткозамкнутой катушки вставлена другая, по которой идет ток от аккумулятора. Во вторую катушку втягивается железный сердечник, вследствие чего в первой индуцируется ток, и она нагревается. За счет какой энергии производится нагрев?

177. Горизонтальный металлический стержень длиной  $l = 0,5$  м вращается около вертикальной оси, проходящей через один из концов с угловой скоростью  $\omega = 4\pi$  рад/с. Определить разность потенциалов  $\Delta\varphi$  между концами стержня, если вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли  $B = 5 \cdot 10^{-5}$  Тл.

178. Проволочный виток площадью  $S = 10$  см<sup>2</sup> разрезан в некоторой точке, в разрез включен конденсатор емкостью  $C = 10,0$  мкФ. Виток находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости витка. Индукция магнитного поля равномерно изменяется во времени со скоростью  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 5 \cdot 10^{-3}$  Тл/с. Определить заряд конденсатора  $q$ .

179. Прямоугольную рамку из проводника (рис. 53) погонным сопротивлением  $\rho = 1$  Ом/м переместили с постоянной скоростью  $v = 10$  м/с через область, в которой находится магнитное поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Вектор  $\vec{B}$  перпендикулярен к плоскости рамки, протяженность области с магнитным полем  $l = 4$  см, стороны рамки  $a = 5$  см,  $b = 15$  см. Найти приращение внутренней энергии рамки  $\Delta U$ . Теплообменом пренебречь.

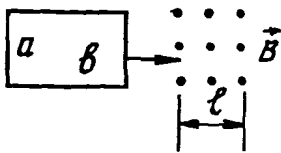


Рис. 53

180. Кусок провода длиной  $l = 2$  м складывается вдвое и его концы замыкаются на гальванометр. Затем провод растягивается в квадрат так, что плоскость квадрата перпендикулярна к горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли  $B = 2 \cdot 10^{-5}$  Тл. Какое количество электричества  $q$  пройдет через гальванометр, если сопротивление контура  $R = 1$  Ом?

181. В вертикальном магнитном поле  $B$  движется горизонтально проводящий стержень длиной  $l$  со скоростью  $v$  (рис. 54). Концы стержня присоединены к батарее с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$ . Найти приращение внутрен-

ней энергии стержня за время  $t$ , если его сопротивление равно  $R$ ? Теплообменом пренебречь.

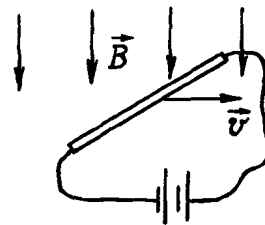


Рис. 54

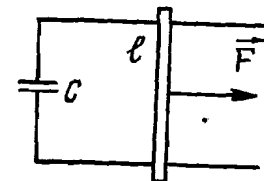


Рис. 55

182. По двум металлическим параллельным рейкам (рис. 55), расположенным в горизонтальной плоскости и замкнутым на них конденсатором емкости  $C$ , может без трения двигаться проводник массой  $m$  и длиной  $l$  под действием силы  $F$  ( $v_0 = 0$ ). Определить ускорение проводника. Сопротивлением реек и проводника пренебречь. Силы трения отсутствуют, индукция магнитного поля  $B$  вертикальна. Какие виды энергии увеличиваются при движении проводника?

183. К концам катушки диаметром  $D = 5$  см, имеющей  $n = 10^3$  витков, подсоединен незаряженный конденсатор емкостью  $C = 10$  мкФ. Катушка помещается в однородное магнитное поле, индукция которого параллельна ее оси и изменяется со скоростью  $\Delta B / \Delta t = 10^{-2}$  Тл/с. Определить заряд  $q$  на пластинах конденсатора.

184. Рамка, имеющая  $n = 1000$  витков, площадью  $S = 5$  см<sup>2</sup> замкнута на гальванометр сопротивлением  $R = 10$  кОм. Рамка находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 10^{-3}$  Тл, причем линии индукции поля перпендикулярны к ее плоскости. Какой заряд  $q$  протечет по цепи гальванометра, если направление магнитного поля изменилось на обратное? Считать, что индукция магнитного поля изменялась равномерно.

185. В однородном магнитном поле с индукцией  $B$  расположена замкнутая катушка диаметром  $d$  с числом витков  $n$ . Плоскость катушки перпендикулярна к линиям индукции поля. Какой заряд  $q$  протечет по цепи катушки, если ее повернуть на  $180^\circ$ ? Проволока, из которой намотана катушка, имеет плоскость сечения  $S$  и удельное сопротивление  $\rho$ .

186. Два металлических стержня расположены вертикально на расстоянии  $l = 0,6$  м друг от друга и замкнуты сверху

проводником. По этим стержням без трения и нарушения контакта скользит горизонтально расположенная перемычка массой  $m = 5$  г. Вся система находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 2 \cdot 10^{-2}$  Тл, перпендикулярной плоскости конструкции. Установившаяся скорость перемычки  $v = 5$  м/с. Пренебрегая сопротивлением остальной части системы, найти сопротивление перемычки  $R$ .

187. По двум металлическим стержням, замкнутым проводником и расположенным параллельно друг другу на расстоянии  $\ell = 0,5$  м под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту, скользит железный стержень массой  $m = 10$  г. Система расположена в однородном вертикальном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Определить установившуюся скорость движения стержня  $v$ , если коэффициент трения  $\mu = 0,5$ , а сопротивление контура постоянно и составляет  $R = 0,1$  Ом.

188. Пластины конденсатора емкостью  $C = 20$  мкФ подключены к двум параллельным рейкам, расположенным на расстоянии  $\ell = 0,5$  м друг от друга, по которым без трения может скользить проводящий стержень массой  $m = 0,1$  г. Вся система находится в магнитном поле с индукцией  $B = 10^{-3}$  Тл, линии индукции перпендикулярны к плоскости расположения реек. После замыкания ключа стержень приобретает скорость  $v = 0,2$  м/с. Определить разность потенциалов  $\Delta\varphi$  на конденсаторе.

189. Поток проводящей жидкости (расплавленный металл) течет по керамической трубе. Для измерения скорости жидкости трубу помещают в однородное магнитное поле, перпендикулярное к оси трубы, а в трубе закрепляют два электрода, образующих плоский конденсатор (рис. 56). Измеряется разность потенциалов между электродами. Определить скорость потока  $v$ , если магнитная индукция поля  $B = 0,01$  Тл, расстояние между электродами  $d = 2$  см, измеренная разность потенциалов  $U = 0,4$  мВ.

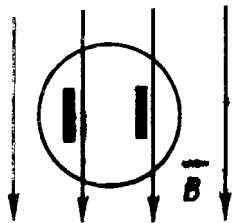


Рис. 56

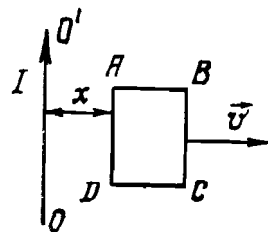


Рис. 57

190. Прямоугольный контур ABCD перемещается поступательно со скоростью  $v$  в магнитном поле тока  $I$ , текущего по длинному прямому проводу  $OO'$  (рис. 57). Стороны  $AD = BC = \ell$  параллельны проводу и  $AB = DC = a$ . Сопротивление контура  $R$ . Определить силу  $i$  индуцированного в контуре тока, как функцию расстояния  $x$ .

191. Прямоугольная рамка со сторонами  $2\ell$  и  $\ell$  (где  $\ell = 10$  см), выполненная из однородной медной проволоки постоянного сечения, прикреплена к неподвижному жесткому изолирующему стержню (рис. 58). Через нижнюю половину площади рамки создается поток индукции, нарастающий пропорционально времени (линии индукции магнитного поля перпендикулярны плоскости рамки). Когда индукция достигает значения  $B_0 = 0,17$  Тл, механическое напряжение в вертикальном стержне исчезает. Определить, через какое время  $t$  после включения поля  $B(t)$  это произойдет. Плотность меди  $\rho_1 = 8,5 \times 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, удельное сопротивление  $\rho_2 = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

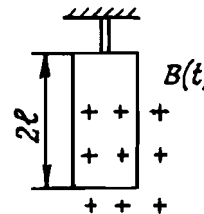


Рис. 58

192. Катушка диаметром  $d = 6$  см, содержащая  $n = 500$  витков медной проволоки удельным сопротивлением  $\rho = 1,7 \times 10^{-8}$  Ом·м и сечением  $S = 0,4$  мм<sup>2</sup>, рас-

положена в однородном магнитном поле, индукция которого направлена вдоль оси катушки и равномерно изменяется со скоростью  $\Delta B/\Delta t = 2 \cdot 10^{-2}$  Тл/с. Концы катушки замкнуты на коротко. Определить тепловую мощность  $P$ , выделяющуюся в катушке.

193. Прямоугольная рамка со сторонами  $\ell_1 = 0,5$  м и  $\ell_2 = 0,3$  м, изготовленная из медного провода с погонным сопротивлением  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-5}$  Ом/м, с постоянной скоростью  $v = 4$  м/с вводится в область магнитного поля с индукцией  $B = 3,4 \cdot 10^{-2}$  Тл, линии индукции перпендикулярны к плоскости рамки. Определить работу  $A$ , которая затрачивается на введение рамки в область магнитного поля.

194. Прямоугольная рамка со сторонами  $\ell_1$  и  $\ell_2$  расположена в магнитном поле с вектором индукции  $B$ , перпендикулярным к плоскости рамки (рис. 59). По двум сторонам со скоростью  $v$  движется стержень АВ сопротивлением  $R$ . Определить количество выделившегося в окружающую среду тепла  $Q$ , если температура рамки не изменилась.

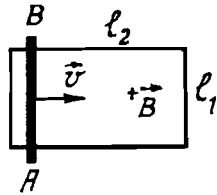


Рис. 59

195. Металлический диск радиусом  $r = 10$  см, расположенный перпендикулярно к магнитному полю с индукцией  $B = 1$  Тл, вращается вокруг оси, проходящей через центр, с угловой скоростью  $\omega = 200\pi$  рад/с. Два скользящих контакта (один на оси диска, другой на окружности) соединяют диск с реостатом сопротивлением  $R = 5$  Ом. Чему равна тепловая мощность  $P$ , выделяемая на реостате?

196. В демонстрационном генераторе переменного тока магнитное поле создается постоянными магнитами, а якорь приводится во вращение опускающимся грузом (груз прикреплен к нити, намотанной на шкив генератора). Увеличится ли ток, генерируемый этой машиной, если усилить ее магниты?

197. Генератор, описанный в предыдущей задаче, замкнут на электрическую лампочку. Как изменится накал этой лампочки, если последовательно с ней включить небольшое дополнительное сопротивление?

198. В демонстрационном электродвигателе магнитное поле создается постоянными магнитами. Станет ли ротор двигателя вращаться медленнее, если сделать его магниты немного слабее? (Двигатель работает без нагрузки.)

199. Электромотор постоянного тока, включенный в цепь батареи с ЭДС  $\mathcal{E}_1 = 24$  В, при полном сопротивлении цепи  $R = 20$  Ом имеет угловую скорость  $\omega_1 = 600$  об/мин при токе в цепи  $I_0 = 0,2$  А. Какую ЭДС  $\mathcal{E}_2$  разовьет электромотор, работая в качестве динамо-машины, при угловой скорости  $\omega_2 = 1400$  об/мин.

200. Груз массой  $m$  подвешен на нити, намотанной на ось якоря динамо-машины с постоянным магнитом. Динамо-машина замкнута на сопротивление  $R$ . Нить сматывается с оси так, что груз опускается с постоянной скоростью  $v$ . С какой скоростью  $v'$  будет подниматься вверх тот же груз, если ди-

намо-машину включить как электромотор в цепь постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E}$  и с тем же сопротивлением цепи  $R$ ?

201. Какую угловую скорость  $\omega$  разовьет электромотор постоянного тока с постоянным магнитом, если его включить в цепь с ЭДС  $\mathcal{E}$  при полном сопротивлении цепи  $R$ ? Момент сил трения на оси мотора  $M$ .

202. Прямоугольная проволочная рамка со сторонами  $a = 5$  см,  $b = 10$  см входит с постоянной скоростью  $v = 1$  м/с своей узкой стороной в область однородного магнитного поля, индукция которого  $B = 10^{-2}$  Тл и направлена по нормали к плоскости рамки. Сопротивление рамки  $R = 0,01$  Ом. Какую работу  $A$  совершает индукционный ток с момента, когда рамка начинает входить в поле, до момента, когда рамка полностью вышла из поля?

Самоиндукция

203. На рис. 60 показан график изменения силы тока в катушке при замыкании и размыкании цепи. В каком случае сила тока изменяется быстрее: при замыкании или размыкании?

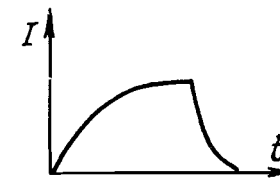


Рис. 60

204. В какой момент искрит рубильник: при замыкании или размыкании? Если параллельно рубильнику включить конденсатор, то искрение прекращается. Объясните явление.

205. Во сколько раз  $n$  изменится индуктивность цепи, если скорость изменения тока возрастет в  $n$  раз?

206. Два проволочных кольца 1 и 2 лежат на непроводящем столе (рис. 61). Необходимо изобразить графически примерную зависимость токов от времени в этих кольцах при замыкании и размыкании ключа К.

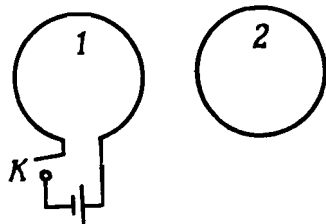


Рис. 61

207. В катушке без сердечника за время  $\Delta t = 0,01$  с ток возрос от  $I_1 = 1$  А до  $I_2 = 2$  А, при этом в катушке возникла ЭДС самоиндукции  $\mathcal{E} = 20$  В. Определить величину потока магнитной индукции  $\Phi$  в конце процесса нарастания тока и изменение энергии магнитного поля катушки  $\Delta W$ .

208. В цепь включены последовательно батарея с ЭДС  $\mathcal{E} = 1,2$  В, проводник сопротивлением  $R = 1$  Ом и катушка с индуктивностью  $L = 1$  Гн. В цепи протекал постоянный ток  $I_0$ . Начиная с некоторого момента, сопротивление изменяют так, чтобы ток уменьшался с постоянной скоростью  $\Delta I / \Delta t = 0,2$  А/с. Каково сопротивление  $R_2$  цепи спустя время  $t = 2$  с после начала изменения тока? Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

209. Определить ЭДС самоиндукции  $\mathcal{E}$  в неподвижной катушке, в которой за время  $\Delta t = 0,2$  с энергия магнитного поля равномерно уменьшилась в  $n = 4$  раза. Индуктивность катушки  $L = 0,16$  Гн, первоначальный ток в катушке  $I = 8$  А.

210. Катушка индуктивностью  $L = 2,0$  мкГн и сопротивлением  $R_0 = 1,0$  Ом подключена к источнику постоянного тока с ЭДС  $\mathcal{E} = 3,0$  В (рис. 62). Параллельно катушке включен проводник с сопротивлением  $R = 2,0$  Ом. После того, как ток в катушке принимает установившееся значение, источник тока отключается. Найти количество теплоты  $Q$ , выделившееся из проводника  $R$  в окружающую среду после разрыва цепи. Сопротивлением источника тока и соединительных проводов пренебречь. Температура проводника постоянна.

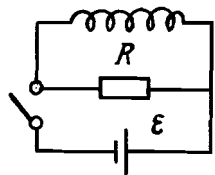


Рис. 62

211. Какую максимальную мощность  $P$  может развить электромотор, включенный в сеть постоянного тока напряжением  $U = 120$  В, если полное сопротивление цепи  $R = 20$  Ом? Какой ток  $I$  протекает при этом по цепи?

212. Кольцо из сверхпроводника радиусом  $r$  и индуктивностью  $L$  помещено в однородное магнитное поле, индукция которого нарастает от нуля до  $B_0$ . Плоскость кольца перпендикулярна к линиям индукции магнитного поля. Определить силу индукционного тока  $I$ , возникающего в кольце.

### 3. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

#### Механические колебания и волны

213. Как изменится период колебаний маятника, представляющего собой железный шарик на нити, если под ним поместить электромагнит?

214. По какой траектории будет двигаться шарик математического маятника, если нить маятника пережечь в тот момент, когда шарик проходит положение равновесия?

215. Как изменится ход маятниковых часов, находящихся в неотапливаемом помещении, при наступлении летних дней?

216. Изменится ли период колебаний математического маятника, если его поместить в воду? Трением о воду пренебречь.

217. На некоторой планете маятник с длиной нити  $l_1$  совершает колебания с частотой  $\nu_1 = 10$  Гц, а маятник с длиной нити  $l_2$  — с частотой  $\nu_2 = 6$  Гц. Разность длин  $\Delta l = l_2 - l_1 = 16$  см. Определить длину нити первого маятника  $l_1$ .

218. Период колебания математического маятника  $T = 2$  с, при этом нить отклоняется от положения равновесия на угол  $\alpha = 5^\circ$ . Какова величина скорости груза  $v$  при прохождении положения равновесия?

219. В неподвижном лифте висит маятник, период колебаний которого  $T = 1$  с. В каком направлении и с каким ускорением  $a$  движется лифт, если период колебаний этого маятника изменился до  $T_1 = 1,1$  с?

220. Маятник длиной  $l$  подвешен к потолку вагона, движущегося с ускорением  $a$  по горизонтальному пути. Найти период колебаний  $T$  маятника.

221. Между вертикальными обкладками плоского воздушного конденсатора подвешен на нити маленький металлический шарик массы  $m = 1$  г. Напряженность поля в конденсаторе  $E = 1,5 \cdot 10^4$  В/м. Период колебаний незаряженного шарика  $T_1 = 0,6$  с. После того, как шарик зарядили, период его колебаний стал равен  $T_2 = 0,3$  с. Определить заряд шарика  $q$ .

222. Шарик массой  $m$  и с зарядом  $q$  подвешен на тонкой нити длиной  $l$  внутри плоского конденсатора, пластины которого составляют с горизонтом угол  $\beta$ . Найти период колебаний  $T$  и угол  $\alpha$  между вертикалью и равновесным положением нити.

223. Груз, подвешенный к пружине, вызывает ее удлинение на  $\Delta l = 4$  см. Каков период  $T$  собственных колебаний этой системы?

224. Период малых свободных колебаний груза, подвешенного на вертикальной пружине,  $T = 0,28$  с. Пренебрегая массой пружины, определить величину ее удлинения  $\Delta l$ , когда груз висит неподвижно.

225. Шар массой  $M$ , прикрепленный к пружине с коэффициентом упругости  $K$ , лежит на гладком горизонтальном столе. Второй конец пружины закреплен. В шар попадает пуля массой  $m$ , имеющая в момент удара скорость  $v_0$ , направленную вдоль оси пружины. Определить амплитуду  $A$  и период колебаний  $T$  шара, считая удар абсолютно неупругим и пренебрегая массой пружины.

226. Два груза с массами  $m_1 = 50$  г и  $m_2 = 100$  г соединены пружиной жесткостью  $K = 0,5 \cdot 10^3$  Н/м и лежат на горизонтальной поверхности. Трение отсутствует. Масса пружины пренебрежимо мала. Каков период колебаний грузов  $T$ ?

227. Ареометр массой  $m$  и поперечным сечением  $S$  помещен в жидкость плотностью  $\rho$ . Ареометр погружают в жидкость несколько глубже, чем при равновесии, а затем отпускают. Определить период малых колебаний  $T$ .

228. Узкая  $U$ -образная трубка, открытая с двух сторон, частично заполнена водой. Поперечное сечение трубки постоянно и равно  $S = 0,5$  см<sup>2</sup>. Период малых свободных колебаний воды в такой трубке  $T = 0,9$  с. Определить массу воды  $m$ , налитой в трубку.

229. Составить уравнение гармонического колебания, если амплитуда колебаний  $A = 4$  см, а период  $T = 0,01$  с. Начальная фаза  $\varphi_0 = 0$ .

230. Можно ли звук сильного взрыва, например извержение вулкана на Луне, услышать на Земле?

231. Известно, что человек лучше слышит звук в направлении ветра, чем в противоположном, если находится на одной высоте с источником звука. Как объяснить это явление?

232. Определить разность фаз  $\Delta \varphi$  колебаний двух точек, находящихся на прямой, вдоль которой распространяется звук, и отстоящих друг от друга на расстоянии  $l = 25$  см. Частота звука  $\nu = 660$  Гц, скорость звука  $v = 330$  м/с.

233. Самолет летит горизонтально со сверхзвуковой скоростью  $v_0$ . Наблюдатель услышал звук от самолета через время  $t$  после того, как увидел самолет над головой. На какой высоте  $h$  летел самолет, если скорость звука  $v$ ?

234. Движущийся по озеру теплоход дает свисток, частота которого  $\nu_0 = 400$  Гц. Стоящий на берегу наблюдатель воспринимает звук свистка как колебание с частотой  $\nu = 395$  Гц. С какой скоростью  $u$  движется теплоход? Приближается или удаляется? Скорость звука  $v = 340$  м/с.

#### Переменный ток. Электромагнитные колебания и волны

235. В электрическую цепь включена катушка, по которой пропускают сначала постоянный, а затем переменный ток одинакового напряжения. В каком случае катушка нагреется сильнее?

236. Как изменится накал лампочки, включенной в сеть по схеме, показанной на рис. 63, если конденсатор будет пробит и цепь в этом месте замкнется?

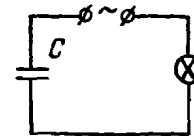


Рис. 63

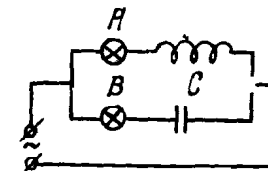


Рис. 64

237. Две одинаковые лампы  $A$  и  $B$  включены в сеть, как показано на рис. 64. Частота меняется от 3 Гц до 150 кГц. Как будет изменяться яркость свечения ламп?

238. В цепь учебного электродвигателя постоянного тока включен амперметр. Если вращающийся якорь двигателя затормозить, величина тока возрастет. Почему?

239. Как изменится частота электромагнитных колебаний в закрытом колебательном контуре, если: а) в его катушку ввести железный стержень, б) увеличить расстояние между пластинами конденсатора?

240. Чем отличаются друг от друга свободные колебания в двух контурах с одинаковыми параметрами, если их конденсаторы были заряжены от батарей с разными ЭДС?

241. Цепь переменного тока состоит из трех последовательно соединенных сопротивлений: омического, индуктивного, емкостного. Может ли одновременное увеличение каждого из них привести к уменьшению общего сопротивления?

242. Сила тока меняется по закону  $i = 25 \sin 200\pi t$ . Определить амплитуду тока  $I_0$ , период  $T$ , частоту  $\nu$  и начальную фазу  $\varphi_0$ .

243. В магнитном поле с индукцией  $B = 0,5 \text{ Тл}$  вращается с угловой скоростью  $\omega = 600\pi$  рад/мин прямоугольная рамка, имеющая площадь  $S = 400 \text{ см}^2$ . Определить период  $T$  и максимальное значение ЭДС  $\mathcal{E}_0$  в рамке, если ось вращения перпендикулярна полю.

244. Прямоугольная рамка площадью  $S = 300 \text{ см}^2$ , содержащая  $n = 200$  витков, вращается в магнитном поле с индукцией  $B = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ Тл}$ . Максимальное значение ЭДС  $\mathcal{E}_0 = 14 \text{ В}$ . Определить период колебаний  $T$ .

245. В первичную и вторичную обмотки трансформатора включены лампочки (рис. 65). Как будет меняться яркость лампочки в первичной обмотке, если число лампочек во вторичной обмотке уменьшить?

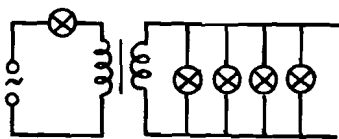


Рис. 65

246. Неоновая лампа с симметричными электродами включена в сеть переменного тока напряжением  $U = 71 \text{ В}$  и периодом  $T = 0,02 \text{ с}$ . Определить промежуток времени  $\Delta t$ , в те-

чение которого длится вспышка лампы, и число  $n$  вспышек за время  $t = 1 \text{ с}$ . Напряжение зажигания лампы  $U_{\text{ж}} = 86,7 \text{ В}$ . Напряжение гашения лампы принять равным напряжению зажигания.

247. Первичная обмотка силового трансформатора для питания накала радиоприемника имеет  $n_1 = 12000$  витков и включена в цепь напряжением  $U_1 = 120 \text{ В}$ . Какое количество витков  $n_2$  должна иметь вторичная обмотка, если ее сопротивление  $r = 0,5 \text{ Ом}$ , а напряжение накала  $U_2 = 3,5 \text{ В}$  при силе тока  $I = 1 \text{ А}$ ?

248. Определить емкость  $C$  конденсатора колебательного контура, если известно, что при индуктивности  $L = 100 \text{ мкГн}$  контур настроен в резонанс на электромагнитные колебания с длиной волны  $\lambda = 300 \text{ м}$ .

249. При изменении тока в катушке индуктивности на величину  $\Delta I = 1 \text{ А}$  за время  $\Delta t = 0,6 \text{ с}$  в ней возникает ЭДС, равная  $\mathcal{E} = 0,2 \text{ мВ}$ . Какую длину  $\lambda$  будет иметь радиоволна, излучаемая генератором, контур которого состоит из этой катушки и конденсатора емкостью  $C_0 = 14100 \text{ пФ}$ .

250. На какую длину волны  $\lambda$  настроен колебательный контур, если он состоит из катушки, индуктивность которой  $L = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$ , и плоского конденсатора, расстояние между пластинами которого  $d = 1 \text{ см}$ , диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего пространство между пластинами,  $\epsilon = 11$  и площадь пластин  $S = 800 \text{ см}^2$ ?

251. К источнику тока параллельно подключены конденсатор емкостью  $C = 20 \text{ мкФ}$  и катушка с индуктивностью  $L = 0,02 \text{ Гн}$ . Напряжение на конденсаторе  $U = 100 \text{ В}$ . Ток через катушку  $I_0 = 2 \text{ А}$ . Затем источник отключают. Какой заряд  $q$  будет на конденсаторе в момент, когда ток в катушке  $I = 1 \text{ А}$ ? Потерями энергии на нагревание проводов пренебречь.

252. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью  $L = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$  и конденсатора емкостью  $C = 2,5 \text{ мкФ}$ . Максимальная разность потенциалов на конденсаторе  $U = 10 \text{ В}$ . Каков максимальный ток  $I$  в контуре? Потерями на нагревание проводов пренебречь.

#### 4. ОПТИКА

##### Законы отражения и преломления света, Плоские и сферические зеркала

253. Луч падает на зеркало перпендикулярно. На какой угол отклонится отраженный луч от падающего, если зеркало повернуть на угол  $\alpha$ ?

254. Можно ли в плоском зеркале небольшого размера увидеть полное изображение большого здания?

255. Человек стоит перед плоским вертикальным зеркалом и замечает, что не может увидеть полностью свое отражение. Изменятся ли размеры видимого отражения, если он:  
а) подойдет ближе; б) отойдет дальше от зеркала?

256. Человек идет по направлению к плоскому зеркалу со скоростью  $v = 2$  м/с. С какой скоростью  $u$  он приближается к своему изображению?

257. На вогнутое зеркало падает параллельный пучок лучей. Что видит наблюдатель, если его глаз находится в фокусе зеркала и обращен к зеркалу?

258. Может ли изображение светящейся точки в вогнутом зеркале быть на главной оптической оси между зеркалом и его фокусом? Решите тот же вопрос для выпуклого зеркала.

259. Небольшой предмет расположен между двумя плоскими зеркалами, поставленными под углом  $\alpha = 30^\circ$  друг к другу, на расстоянии  $r = 10$  см от линии пересечения зеркал ближе к одному из них. На каком расстоянии  $x$  друг от друга находятся первые мнимые изображения предмета в зеркалах. Как зависит это расстояние от угла  $\alpha$ ?

260. Монета лежит в воде на глубине  $H$ . На нее смотрят сверху по вертикали. На какой глубине увидят монету, если показатель преломления воды  $n$ ?

261. Водолаз ростом  $d = 1,5$  м видит отраженными от поверхности воды части горизонтального дна, расположенные на расстоянии  $S = 15$  м и более. Показатель преломления воды  $n = 1,33$ . На какой глубине  $h$  находится водолаз?

262. Человек смотрит на свое изображение в зеркале, расположенном на дне сосуда с водой высотой  $h_0 = 8$  см. На какое расстояние  $R$  аккомодирован глаз, если он находится на высоте  $h = 10$  см над уровнем воды с показателем преломления  $n = 1,33$ ?

263. Два зеркала поставлены под углом  $\alpha = 60^\circ$  друг к другу: на одно из зеркал падает луч, лежащий в плоскости, перпендикулярной к ребру двугранного угла, образованного зеркалами. Какой угол  $\beta$  составляют падающий луч и луч, отраженный от обоих зеркал?

264. Даны положения главной оптической оси  $OO'$  сферического зеркала, светящейся точки  $S$  и ее изображения  $S'$  (рис. 66). Найти графическим построением положение оптического центра и полюса зеркала. Выяснить, какое зеркало использовано и является ли изображение мнимым или действительным.

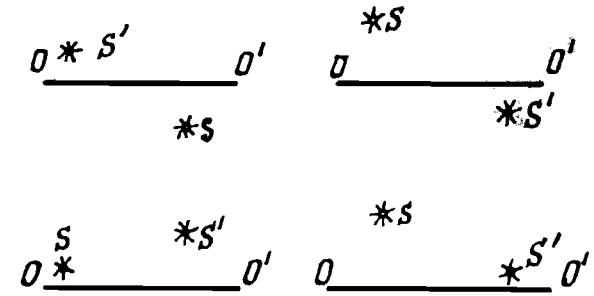


Рис. 66

265. Точечный источник света перемещается равномерно от центра зеркала до его вершины.

1. Как перемещается при этом изображение источника и как изменяется его скорость?

2. Во сколько раз средняя скорость перемещения изображения  $v'$  больше скорости перемещения предмета  $v$  на участке от  $d_1 = 1,5F$  до  $d_2 = 1,1F$ ?

266. Сходящиеся лучи падают на выпуклое зеркало с радиусом кривизны  $R = 60$  см так, что их продолжения пересекаются на оси зеркала в точке на расстоянии  $d = 45$  см за зеркалом. На каком расстоянии  $f$  от зеркала будут пересекаться продолжения этих лучей после отражения от зеркала?

267. При определенном расположении изображение предмета в вогнутом зеркале в  $K_1 = 3,0$  раза меньше самого предмета. Если же предмет передвинуть на расстояние  $l = 15$  см ближе к зеркалу, то изображение станет в  $K_2 = 1,5$  раза меньше предмета. Найти фокусное расстояние  $F$  зеркала.



268. Светящаяся точка находится на оптической оси вогнутого зеркала с радиусом кривизны  $R = 50$  см на расстоянии  $d = 15$  см от зеркала. Каково расстояние  $f_1$  от изображения точки до зеркала? Каким будет это расстояние  $f_2$ , если зеркало отодвинуть от светящейся точки на расстояние  $l = 15$  см?

269. Металлический шарик подбрасывают вертикально вверх из полуса вогнутого зеркала с радиусом кривизны  $R = 7,5$  м с начальной скоростью  $v_0 = 10$  м/с и он движется в поле тяжести Земли вдоль главной оптической оси. Определить, в течение какого промежутка времени движения шарика  $\Delta t$  его изображение является действительным?

270. Заряженное тело массой  $m = 0,02$  кг и с зарядом  $q_1 = 5 \cdot 10^{-6}$  Кл движется из бесконечности со скоростью  $v_0 = 13$  м/с по главной оптической оси вогнутого зеркала с радиусом кривизны  $R = 1$  м к полюсу, где расположен другой заряд  $q_2$ . Определить величину заряда  $q_2$ , если известно, что заряженное тело останавливается в тот момент, когда его изображение совпадает с ним.

271. К полюсу вогнутого зеркала с фокусным расстоянием  $F = 0,1$  м прикреплен гладкий стержень, направленный вдоль главной оптической оси. На стержень надета муфточка массой  $m = 40$  г, скрепленная с зеркалом невесомой пружиной, имеющей длину в свободном состоянии  $l_0 = 0,1$  м и жесткость  $K = 0,5$  Н/м. Найти угловую скорость вращения  $\omega$  вокруг вертикальной оси, проходящей через полюс зеркала (рис.67),

при которой изображение муфточки совпадает с ней.

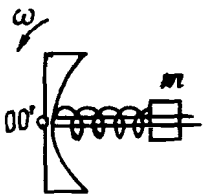


Рис. 67

### Линзы. Законы преломления света

272. Параллельные монохроматические лучи падают на треугольную призму. Останутся ли они параллельными, если пройдут сквозь призму?

273. Луч, падающий на плоскую границу двух сред, относительный показатель преломления которых  $n_2$ , частично отражается, частично преломляется. При каком угле падения отраженный луч перпендикулярен к преломленному лучу?

274. Луч падает на плоскую стеклянную пластину толщиной  $d = 3$  см под углом  $\alpha = 70^\circ$ . Определить смещение луча  $x$  внутри пластинки. Показатель преломления стекла  $n = 1,5$ .

275. Световой луч падает перпендикулярно основанию равнобедренной треугольной призмы с углом при вершине  $\alpha = 40^\circ$ . Испытав полное внутреннее отражение от боковой грани, луч выходит из призмы через другую боковую грань, изменив первоначальное направление на угол  $\beta = 10^\circ$ . Определить показатель преломления стекла  $n$ , из которого сделана призма?

276. На поверхности озера находится плот, длина которого  $a = 8,0$  м, ширина  $b = 6,0$  м. Определить площадь полной тени  $S$  от плота на дне озера при освещении поверхности воды рассеянным светом. Глубина озера  $h = 2,0$  м.

277. Луч света падает на границу раздела двух сред под углом  $\alpha = 30^\circ$ . Показатель преломления первой среды  $n_1 = 2,4$ . Определить показатель преломления  $n_2$  второй среды, если отраженный и преломленный лучи перпендикулярны друг другу.

278. В вогнутое зеркало радиусом  $R = 16$  см налит тонкий слой воды (показатель преломления воды  $n = 4/3$ ). Определить фокусное расстояние  $F$  этой системы.

279. Как изменится фокусное расстояние линзы при повышении ее температуры?

280. Как изменится главное фокусное расстояние линзы в бензоле, имеющем такой же показатель преломления, что и стекло линзы?

281. Получится ли изображение предмета АВ (рис. 68), если участки линзы С и Д заклеены непрозрачной бумагой?

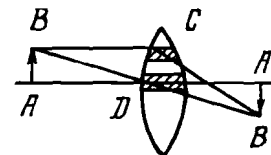


Рис. 68

282. На каком расстоянии надо поместить предмет перед собирающей линзой, чтобы расстояние от предмета до его действительного изображения было наименьшим?

283. На рис. 69 показаны положения оптической оси  $MM'$  тонкой линзы, светящейся точки А и ее изображения  $A'$ . Найти графическим построением положения центра линзы и ее фокуса для обоих случаев.

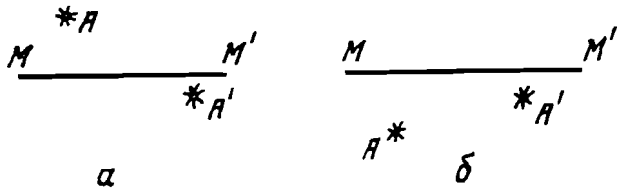


Рис. 69

284. На рис. 70 показано положение главной оптической оси  $MM'$  тонкой линзы  $L$  и ход луча  $ABC$ . Точка  $O$  — оптический центр линзы. Определить построением положение главных фокусов линзы; построить ход произвольного луча  $DE$ .

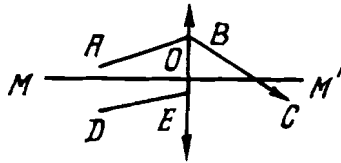


Рис. 70

285. Известны положения светящейся точки  $A$  и ее изображения  $A_1$  на оси линзы неизвестной формы (рис. 71). Определить тип линзы.

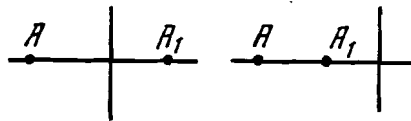


Рис. 71

286. В стекле с показателем преломления  $n = 1,50$  имеется сферическая полость радиусом  $R = 3$  см, заполненная водой ( $n = 1,33$ ). На полость падают параллельные лучи света. Определить радиус  $r$  светового пучка, который проникает в полость.

287. Расстояние от освещенного предмета до экрана составляет  $L = 100$  см. Линза, помещенная между ними, дает четкое изображение предмета при двух положениях, расстояние

между которыми  $l = 20$  см. Найти фокусное расстояние линзы  $F$ .

288. Расстояние между двумя точечными источниками света  $L = 24$  см. Между ними расположена собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = 9,0$  см так, что изображения обоих источников получились в одной и той же точке. На каком наименьшем расстоянии  $l$  от первого источника находится линза?

289. Если точечный источник света поместить на расстоянии  $d = 20$  см от рассеивающей линзы диаметром  $d_1 = 5,0$  см, вставленной в оправу, то на экране, находящемся на расстоянии  $f = 10$  см за линзой, получится светлое пятно диаметром  $d_2 = 15$  см. Каков будет диаметр  $d_3$  пятна на экране, если источник поместить в фокусе линзы?

290. Расстояние между предметом, расположенным на оси, и его прямым изображением, даваемым тонкой линзой,  $l = 5$  см. Увеличение  $\beta = 0,5$ . Определить фокусное расстояние линзы  $F$ .

291. Сходящийся пучок лучей падает на рассеивающую линзу таким образом, что продолжения всех лучей пересекаются в точке, лежащей на оптической оси линзы на расстоянии  $l = 15$  см от нее. Найти фокусное расстояние линзы  $F$  для двух случаев:

- 1) после преломления в линзе лучи собираются в точке, находящейся на расстоянии  $a_1 = 60$  см от линзы;
- 2) продолжения преломленных лучей пересекаются в точке, находящейся перед линзой на расстоянии  $a_2 = 60$  см от нее.

292. Линза с фокусным расстоянием  $F = 2$  м расположена так, что ее главная оптическая ось перпендикулярна Земле. С поверхности линзы взлетает вертикально шарик с начальной скоростью  $v = 7$  м/с. В течение какого промежутка времени  $T$  изображение шарика будет действительным? ( $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.)

293. На главной оптической оси собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 50$  см на расстоянии  $d = 80$  см от линзы расположена светящаяся точка, которая колеблется вдоль оптической оси линзы с периодом колебаний  $T = 0,2$  с и амплитудой  $A = 10$  см. Чему равно среднее за период значение абсолютной величины скорости движения изображения точки  $\langle v \rangle$ ?

294. В фокусе собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 1$  м закреплен заряд  $q_0 = 3,14 \cdot 10^{-5}$  Кл. Вдоль глав-

ной оптической оси линзы к нему из бесконечности приближается шарик массой  $m = 0,5$  кг, с зарядом  $q = 8,85 \cdot 10^{-5}$  Кл и начальной скоростью  $v_0 = 10$  м/с. Определить величину максимального перемещения изображения движущегося заряда  $\Delta$ .

295. Тело с зарядом  $q = 2 \cdot 10^{-6}$  Кл закреплено на расстоянии  $\ell = 0,5$  м от собирающей линзы с фокусным расстоянием  $F = 1$  м. Из бесконечности движется такое же заряженное тело. Когда оно будет находится в фокусе, его кинетическая энергия  $K = 0,4$  Дж. Заряды расположены на главной оптической оси. На каком расстоянии  $\alpha$  от линзы будет располагаться изображение движущегося заряда, когда его ускорение примет максимальное значение.

296. Параллельный пучок света падает на систему из трех линз с общей оптической осью. Фокусные расстояния линз соответственно равны  $F_1 = 10$  см,  $F_2 = -20$  см и  $F_3 = 9$  см. Расстояние между первой и второй линзами  $\ell_1 = 15$  см, между второй и третьей  $\ell_2 = 5$  см. Определить расстояние  $f$  от точки схождения пучка на выходе из системы линз до третьей линзы.

297. Система состоит из собирающей и рассеивающей линз с одинаковым фокусным расстоянием  $F = 20$  см. Главные оптические оси линз совпадают. Пучок лучей, параллельных главной оптической оси, падает на первую линзу и, пройдя через систему, собирается в некоторой точке. На какое расстояние  $x$  сместится эта точка, если поменять линзы местами?

298. Выпуклую сторону плосковыпуклой линзы с радиусом кривизны  $R$  и показателем преломления  $n$  посеребрили, в результате чего получилось своеобразное вогнутое зеркало. Найти фокусное расстояние данного зеркала  $F$ .

299. Близорукий человек может четко видеть предмет на расстоянии не дальше  $d = 20$  см от глаза. Какова должна быть оптическая сила  $D$  очков, чтобы человек видел четко удаленные предметы?

300. Два наблюдателя — один близорукий, другой дальновзоркий — рассматривают предмет при помощи одинаковых луп. Которому из наблюдателей придется помещать предмет ближе к лупе, если расстояние от лупы до глаза у обоих наблюдателей одинаково?

301. Как нужно расположить: а) две собирающие линзы, б) собирающую и рассеивающую, чтобы параллельные лучи, пройдя обе линзы, остались параллельными?

302. На экране получен непрерывный спектр от узкой щели при помощи призмы. Как будет меняться спектр, если ширину щели постепенно увеличивать?

303. Собирающую линзу с фокусным расстоянием  $F = 50$  см, диаметром  $D = 5$  см разрезали по диаметру пополам и половинки раздвинули на расстояние  $\ell = 5$  мм (рис.72). Точечный источник света  $S$  расположен на расстоянии  $d = 1$  м от линзы. На каком минимальном расстоянии  $L$  от линзы можно наблюдать интерференционную картину? Щель между половинками линзы закрыта.

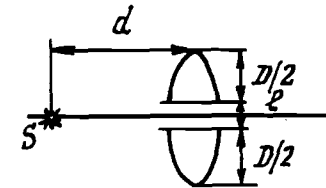


Рис. 72

304. Два когерентных источника, которые испускают свет с длиной волны  $\lambda = 5,0 \cdot 10^{-7}$  м, находятся друг от друга на расстоянии  $\ell = 1,4$  мм. На каком максимальном расстоянии  $L$  от источников следует для наблюдения интерференционной картины расположить экран, чтобы в точке этого экрана, расположенной напротив одного из источников, наблюдался минимум освещенности?

305. Давление света на черную поверхность в два раза меньше, чем на белую. Почему?

306. Найти абсолютный показатель преломления  $n$  среды, в которой свет с энергией фотона  $W = 4,4 \cdot 10^{-12}$  эрг имеет длину волны  $\lambda = 3 \cdot 10^{-5}$  см.

307. Пучок белого света нормально падает на одну из граней находящейся в воздухе трехгранной призмы с преломляющим углом  $\varphi = 30^\circ$ . Определить угол  $\theta$  между крайними лучами спектра на выходе из призмы, если показатели преломления стекла призмы для крайних лучей видимого спектра соответственно равны  $n_k = 1,62$  и  $n_\phi = 1,67$ .

308. Средняя длина волны излучения лампочки накаливания  $\lambda = 6,0 \cdot 10^3$  А. Найти число фотонов  $N$ , испускаемых в

единицу времени лампочкой мощностью  $P = 200$  Вт. Считать, что вся потребляемая мощность идет на излучение. Постоянная  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

309. Рубиновый лазер излучает в импульсе  $n = 2,0 \cdot 10^{19}$  световых квантов с длиной волны  $\lambda = 694$  нм. Чему равна средняя мощность вспышки лазера  $P$ , если ее длительность  $\tau = 2,0 \cdot 10^{-3}$  с?

310. Работа выхода электронов для натрия  $A = 2,27$  эВ. Найти красную границу фотоэффекта  $\lambda_m$  для натрия.

311. При освещении металла монохроматическим светом фотоэлектроны приобретают скорость  $v_1 = 3,0 \cdot 10^5$  м/с. Определить скорость фотоэлектронов  $v_2$ , вылетающих из металла при освещении его монохроматическим светом частотой на  $\Delta\nu = 10^{13}$  Гц больше. Масса электрона  $m = 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг,  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  Дж·с.

312. Шар радиусом  $R_1 = 1$  см, несущий положительный заряд  $q = 1,11 \cdot 10^{-10}$  Кл, облучается светом с длиной волны  $\lambda = 0,331$  мкм. Определить, на какое расстояние  $a$  удалится электрон, если работа выхода равна  $A = 2 \cdot 10^{-19}$  Дж.

313. Плоскую цинковую пластину освещают монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 30$  нм. На какое максимальное расстояние  $d$  от поверхности пластинки может удалиться фотоэлектрон, если вне пластинки имеется задерживающее однородное электрическое поле с напряженностью  $E = 10$  В/см? Работа выхода для цинка  $A = 3,7$  эВ.

314. Атом водорода в основном состоянии поглотил квант света с длиной волны  $\lambda = 1215$  Å. Определить радиус  $r$  электронной орбиты возбужденного атома водорода.

## ОТВЕТЫ.

$$13. Q = \frac{q}{2} \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{16\pi\epsilon_0 \rho^2 F}{q^2}} \right) = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ Кл.}$$

$$14. F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{QM}{m\ell} \right)^2 \approx 5 \cdot 10^4 \text{ Н.}$$

$$15. Q = 0,957 q; \text{ нет.}$$

$$17. F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{4H^2}.$$

$$18. t = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g + Eq \cos \beta / m}; L = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g + Eq \cos \beta / m} \cdot \left[ 1 + \frac{tg \alpha \cdot Eq \sin \beta}{mg + Eq \cos \beta} \right];$$

$$H = v_0^2 \sin^2 \alpha / [2(g + Eq \cos \beta / m)].$$

$$19. v = \sqrt{5g\ell - q^2 / 4\pi\epsilon_0 m\ell}.$$

$$20. T = \frac{mg + Eq}{\cos \alpha}; W_K = \frac{(mg + Eq)\ell \sin^2 \alpha}{2 \cos \alpha}.$$

$$21. a_A = \frac{2}{7} g \left( 1 + \frac{q^2 \sqrt{3}}{8\pi\epsilon_0 mg\ell^2} \right) \approx 6,3 \text{ м/с}^2; a_B \approx 23 \text{ м/с}^2.$$

Указание:  $a_{ц.ц.А} = 0$ , рассмотреть горизонтальную и вертикальную составляющие ускорения.

$$24. a) \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{6q}{a}; E = 0; \delta) \varphi = 0; E = 0.$$

$$25. a) \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R}; E=0; \text{ б) } \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{(R^2+d^2)^{1/2}}.$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qd}{(R^2+d^2)^{3/2}}.$$

$$27. \rho = \frac{\epsilon\rho_0}{\epsilon-1} = 1,6 \text{ г/см}^3.$$

$$28. \text{ При } r < R, E=0, \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon R}; \text{ при } r > R, E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon r^2},$$

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{\epsilon r}.$$

$$29. A = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) \approx 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ Дж.}$$

$$30. \varphi_1 = \varphi \left( 1 - \frac{r}{R} \right) = 100 \text{ В.}$$

$$31. r = \frac{q_1 q_2}{2\pi\epsilon_0 m v^2} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

$$32. Q = \frac{m}{e} \cdot \frac{4\pi\epsilon_0 v^2 r}{2}.$$

$$33. A = \frac{q\varphi R(r_2 - r_1)}{(r_1 + R)(r_2 + R)} = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Дж.}$$

$$34. \varphi = A \cdot \frac{r+d}{r \cdot q} = 1,3 \cdot 10^4 \text{ В.}$$

$$35. R_B = \frac{R_A}{1 + \frac{2\pi\epsilon_0 m v_A^2 R_A}{Qe}} = 2,7 \text{ см}; W_k = \frac{Qe}{4\pi\epsilon_0} \left( \frac{1}{R_A} - \frac{1}{R_C} \right) + \frac{m v_A^2}{2} \approx 5 \cdot 10^{-23} \text{ Дж.}$$

$$36. v = \left[ \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{2q^2}{m\ell} \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - 1 + \cos \alpha} \right) + 2gl(1 - \cos \alpha) \right]^{1/2} \approx 5,1 \text{ м/с.}$$

$$37. T_0 = 3mg \cos \left( \arctg \frac{2qE}{3mg} \right) - 2qE \sin \left( \arctg \frac{2qE}{3mg} \right) - 2mg \cos \alpha + 2qE \sin \alpha \approx 18 \text{ Н.}$$

$$38. A = q(\varphi - \sqrt{\varphi RE'}) = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ Дж}; A' = \frac{m v^2}{2} + q(\sqrt{\varphi RE'} - \varphi) = -3,5 \cdot 10^{-6} \text{ Дж.}$$

$$39. A = \left( 1 - \frac{mg + qE}{m\omega^2 \ell} \right) \left( \frac{m\omega^2 \ell^2}{2} + \frac{3}{2} mgl + \frac{1}{2} qEl \right).$$

$$40. v = \sqrt{2 \left[ gh - \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{mh} (1 - \tg \alpha) \right]}.$$

$$41. h = \frac{1}{2} \left( \frac{v^2}{2g} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mgH} + H \right) - \sqrt{\frac{1}{4} \left( \frac{v^2}{2g} + \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mgH} + H \right)^2 - \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 mgH}}.$$

$$42. r_0 = \frac{1}{\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{m v^2}.$$

$$43. E_0 = \frac{2mq}{q_1 + q_2} \approx 3,5 \cdot 10^5 \text{ В/м.}$$

$$44. T = \frac{(q_2 - q_1)E}{2} + \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{d^2} \approx 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ Н.}$$

$$45. M = \frac{qU\ell}{d} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Н} \cdot \text{м}; A = \frac{qU\ell}{d} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.}$$

$$46. a = \frac{(m_1 - m_2)g + E(q_2 - q_1)}{m_1 + m_2}; T = \frac{2m_1 m_2 g - E(m_2 q_1 + m_1 q_2)}{m_1 + m_2}.$$

$$47. h = \frac{e U \rho^2}{2 m d v_0^2} = 0,41 \text{ cm}.$$

$$48. v_0 = \sqrt{\frac{r e}{\epsilon_0 m}}.$$

$$58. a) \frac{C}{C_0} = \left(1 - \frac{t}{d} + \frac{1}{\epsilon} \frac{t}{d}\right)^{-1} = \frac{4}{3}; \delta) \frac{C}{C_0} = \left(1 - \frac{t}{d}\right)^{-1} = \frac{3}{2}.$$

$$59. U_1 = \frac{\epsilon C_2}{C_1 + C_2} = 80 \text{ B}; U_2 = \frac{\epsilon C_1}{C_1 + C_2} = 40 \text{ B}.$$

$$60. n = \frac{2\epsilon}{1+\epsilon} = \frac{4}{3}.$$

$$61. n = \frac{2}{1+\epsilon}.$$

$$62. A = \frac{\epsilon_0 U^2 d_1 S}{2(d-d_1)^2} \approx 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ Aж}.$$

$$63. q = \frac{U \epsilon_0 \epsilon S^2}{V} \left(1 - \frac{T_1}{T_2}\right) \approx 1,7 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}.$$

$$64. U_0 = \frac{n m + m - 1}{n} U \approx 2,2 \cdot 10^3 \text{ B}.$$

$$65. q_1 = \epsilon(C_2 + C_3)C_1/C = 4,0 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}; q_2 = \epsilon(C_1 C_2)/C = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}; q_3 = \epsilon C_1 C_3/C = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}; C = C_1 + C_2 + C_3.$$

56

$$66. C_3 = C \frac{2U - \epsilon}{\epsilon - U} = \frac{4}{3} \text{ МКФ}.$$

$$67. C_x = C.$$

$$68. q = \frac{\epsilon C_1 C_2 C_3}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_1 C_3}.$$

$$69. \frac{d_1}{d_2} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}; C = \epsilon_0 S / \left(\frac{d_1}{\epsilon_1} + \frac{d_2}{\epsilon_2}\right).$$

$$70. C = \frac{3C_1^2 + 12C_1 C_2 + 4C_2^2}{3C_1 + 10C_2} \approx 3,74 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}.$$

$$71. C_0 = 2C.$$

$$72. \sigma = \frac{\epsilon_0 U}{d} (\epsilon - 1) = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ Кл/м}^2.$$

$$73. C_{\text{одн}} = C; \Delta\varphi = \frac{\epsilon_1 C_1 + \epsilon_2 C_2}{C_1 + C_2}.$$

$$74. A = \frac{\epsilon_0 \epsilon^2 S d_1}{d(d-d_1)} \approx 4,45 \cdot 10^{-5} \text{ Аж}.$$

$$75. A = \frac{C U^2 (\epsilon - 1)^2}{2\epsilon(\epsilon + 1)} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Аж}.$$

$$76. F = \frac{C U^2}{2d}.$$

$$77. A = W \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} = 0,09 \text{ Дж}; A_0 = -2W \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon} = 0,18 \text{ Дж}.$$

$$78. U_1 = \frac{C_2 C_3 (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_1 C_3} = 2,0 \text{ кВ}; U_2 = \frac{C_1 C_3 (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_1 C_3} = 3 \text{ кВ};$$

$$U_3 = \frac{C_1 C_2 (\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3)}{C_1 C_2 + C_1 C_3 + C_2 C_3} = 6 \text{ кВ}.$$

$$84. v = \frac{j \mu}{e N_A \rho} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}.$$

$$86. R_{1,2} = \frac{v}{2I_1} \pm \sqrt{\frac{v^2}{4I_1^2} - \frac{v^2}{I_1 I_2}}, R_1 = 30 \text{ Ом}; R_2 = 10 \text{ Ом}$$

$$87. K = n^2.$$

$$88. R = \rho \frac{\varepsilon_0 \varepsilon}{d}.$$

$$89. t_f = \frac{U(1 + \alpha t) - IR}{IR \alpha} \approx 1910^\circ \text{C}.$$

$$90. R = \frac{U_2 - U_1}{nI} = 2,0 \text{ Ом}.$$

$$91. I = \frac{\varepsilon_0 \alpha}{d} U v (\varepsilon - 1) \approx 2 \cdot 10^{-6} \text{ А}.$$

92. В точках, которые дают отношение дуг, равное 7,9.

93. 7 Ом.

58

$$94. R_1 = \frac{U R_2^2}{I R_2 - U} = 20,16 \text{ Ом}.$$

$$95. 5/6 R.$$

$$96. U_2 / U_1 = 10/9.$$

$$102. q = \frac{C \varepsilon R}{R + r} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}.$$

$$103. U = \frac{R_2 \varepsilon}{r + R_1 + R_2} = 2,18; q = CU = 4,2 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}.$$

$$104. I = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_1 r_2 + R(r_1 + r_2)} = 0,25 \text{ А}; U = \frac{R(\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1)}{r_1 r_2 + R(r_1 + r_2)} = 2,5 \text{ В}.$$

$$105. r_1 / r_2 = \frac{U - \varepsilon_1}{\varepsilon_2 - U} = 2/3.$$

$$107. r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2} = 0,5 \text{ Ом}.$$

$$108. \varepsilon = \frac{UI(R_1 - R_2)}{I R_1 - U} = 12 \text{ В}.$$

$$109. I_{K3} = \frac{I_1 I_2 (R_2 - R_1)}{I_2 R_2 - I_1 R_1} = 7 \text{ А}.$$

$$110. I = \frac{\varepsilon_1 r_2 + \varepsilon_2 r_1}{r_1 r_2 + R(r_1 + r_2)} = 0,83 \text{ А}.$$

$$111. \varphi_1 - \varphi_2 = -\frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_3)(R_1 + R_2) + \varepsilon_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = -4,5 \text{ В}.$$

$$112. U_{AB} = \frac{\mathcal{E}_2 R_1 R_3 R_4 + \mathcal{E}_4 R_1 R_2 R_3 - \mathcal{E}_1 R_2 R_3 R_4 - \mathcal{E}_3 R_1 R_2 R_4}{R_1 R_2 R_3 + R_1 R_3 R_4 + R_1 R_2 R_4 + R_2 R_3 R_4} = 0;$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 1 \text{ A.}$$

$$113. I_1 = \frac{R_2(\mathcal{E}_4 - \mathcal{E}_3) + R_3(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} \approx -6,35 \text{ mA};$$

$$I_2 = \frac{R_1(\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_3) + R_3(\mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1)}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} \approx 1,82 \text{ mA};$$

$$I_3 = \frac{R_1(\mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_2) + R_2(\mathcal{E}_3 - \mathcal{E}_1)}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} \approx 4,55 \text{ mA};$$

$$I_4 = 0.$$

$$114. Q = \frac{CU^2}{2} \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2} = 6,25 \cdot 10^{-2} \text{ Дж.}$$

$$115. I_{\text{уст.}} = (2KR^3)^{-1/2} = 2,5 \text{ A.}$$

$$116. q = C \frac{\mathcal{E}_1(r_2 + R) + \mathcal{E}_2 r_1}{R + r_1 + r_2}.$$

$$117. I_1 = \frac{(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2)r_1 R - \mathcal{E}_2 r_1 r_2}{r_2 [R/r_1 + r_2] + r_1 r_2} = 1,58 \text{ A}; I_2 = \frac{\mathcal{E}_1 r_2 + \mathcal{E}_2 r_1}{R(r_1 + r_2) + r_1 r_2} = 3,66 \text{ A.}$$

$$125. P = \mathcal{E}I - I^2 r, \text{ мощность максимальна при } I = \frac{\mathcal{E}}{2r}.$$

$$126. \text{ При } R = r, \eta = 0,5.$$

$$127. R = \frac{5}{3} \frac{r_1}{1 - \eta} = 60 \text{ Ом}; N = \frac{\mathcal{E}^2 \eta (1 - \eta)}{r_1} = 70 \text{ Вт.}$$

$$128. I = \frac{\sqrt{P_1 P_2} (R_1 - R_2)}{R_1 \sqrt{R_2 P_1} - R_2 \sqrt{P_2 R_1}} = 2,5 \text{ A.}$$

$$129. r = \frac{R_1 (R_1 + R_2) (n - 1)}{R_2 + (1 - n) R_1} \approx 3,3 \text{ Ом.}$$

$$130. P_2 = P_1 \frac{I_2}{I_1} - r I_2 (I_2 - I_1) = 11,04 \text{ Вт.}$$

$$131. I_{1,2} = \frac{\mathcal{E}}{2r} \pm \sqrt{\left(\frac{\mathcal{E}}{2r}\right)^2 - \frac{P}{r}}; I_1 = 0,5 \text{ A}; I_2 = 1,5 \text{ A.}$$

$$132. P_2 = \frac{9}{16} P = 45 \text{ Вт.}$$

$$133. P = IU - I^2 R = 1675 \text{ Вт}; \eta = \frac{IU - I^2 R}{IU} = 0,96.$$

$$134. P = IU - I^2 \frac{U}{I_0} = 96 \text{ Вт.}$$

$$135. a_0 = \frac{IU\eta}{mv} \approx 3 \text{ м/с}^2.$$

$$136. P = \left(\frac{\mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2}{2R + r}\right)^2 R = 8 \text{ Вт.}$$

$$137. a) t = t_1 t_2 / (t_1 + t_2) = 8 \text{ мин}; b) t = t_1 + t_2 = 50 \text{ мин.}$$

$$138. \ell = \frac{\pi d^2 v^2}{4\rho P} = 11,6 \text{ м.}$$



$$139. I = \frac{m}{\rho} \sqrt{\frac{c \Delta t}{\rho D \tau}} \approx 30 \text{ A. Учсть, что } m = D \rho S.$$

$$140. Q = \frac{c \varepsilon^2 (\varepsilon - 1)}{2} = 1 \text{ Дж.}$$

$$141. P = \frac{1}{2} n c \varepsilon^2 = 10^{-2} \text{ Вт.}$$

$$142. Q = \frac{(\varepsilon + U)^2}{r} t = 36 \text{ Дж.}$$

$$143. Q = (\varepsilon I - I^2 R) t = 0,43 \text{ Дж, где } I = \frac{2KR\varepsilon + 1 - \sqrt{4KR\varepsilon + 1}}{2KR^2}.$$

$$144. P_1 = K \varepsilon_2^3 (1 + K \varepsilon_2 R) = 6,4 \text{ Вт.}$$

$$145. S = \frac{2\rho l P}{U^2 n} = 8,5 \text{ мм}^2.$$

$$146. U = \frac{2\rho l j}{\eta} = 4250 \text{ В.}$$

$$151. m = K \frac{I_1 + I_2}{2} t = 16,4 \text{ мг.}$$

$$152. T = \frac{2nFPV}{RIt} = 307 \text{ К, где } n - \text{валентность атома кислорода.}$$

$$153. d = \frac{\mu I t}{F n \rho S} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

$$154. U = \frac{Wd}{e l}.$$

159. По окружности. Величина скорости не меняется.

$$162. R = \frac{m v \sin \alpha}{e B}.$$

$$164. \omega = \frac{eB}{m} \approx 1,8 \cdot 10^7 \text{ рад/с.}$$

$$165. \beta = 2\alpha = 70^\circ.$$

$$166. t = \frac{\pi m}{q B}.$$

$$167. M = \pi r^2 I B = 6,3 \cdot 10^{-7} \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

$$168. \operatorname{tg} \alpha = \frac{B l e}{m g} = 1; \alpha = 45^\circ.$$

$$169. F = \frac{\mu_0 I^2 l}{2\pi r} = 0,1 \text{ Н.}$$

$$170. I = \frac{\varepsilon - B \rho v}{R + r} = 16 \text{ А; } P = \left( \frac{\varepsilon - B \rho v}{R + r} \right)^2 R = 5,1 \text{ Вт;}$$

$$N = B v l \left( \frac{\varepsilon - B \rho v}{R + r} \right) = 7,67 \text{ В.}$$

$$171. \Delta h = \frac{UGBd}{\rho g l}$$

$$172. B = \frac{mg\mu}{Ie\sqrt{1+\mu^2}}; \alpha = \arctg \mu.$$

$$177. \Delta \varphi = Bl^2 \frac{\omega}{2} = 8 \cdot 10^{-5} B.$$

$$178. q = \frac{CS\Delta B}{\Delta t} = 5 \cdot 10^{-11} \text{ Кл.}$$

$$179. \Delta U = \frac{B^2 a^2 v l}{\rho(a+b)} = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ Дж.}$$

$$180. q = \frac{Bl^2}{16 \cdot R} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл.}$$

$$181. \Delta U = \left( \frac{\varepsilon - Blv}{R+r} \right)^2 R t.$$

$$182. a = \frac{F}{m + CB^2 l^2}.$$

$$183. q = \frac{\Delta B}{\Delta t} \cdot \frac{Cn\pi D^2}{4} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл.}$$

$$184. q = 2BS^2/R = 10^{-7} \text{ Кл.}$$

$$185. q = dBS/2\rho.$$

$$186. R = \frac{B^2 l^2 v}{mg} = 1,5 \cdot 10^{-2} \text{ Ом.}$$

$$187. v = \frac{mgR(\sin \alpha - \mu \cos \alpha)}{B^2 l^2 \cos \alpha (\cos \alpha + \sin \alpha \cdot \mu)} = 0,33 \text{ м/с.}$$

$$188. \Delta \varphi = \frac{mv}{Blc} = 2000 B.$$

$$189. v = U/dB = 2 \text{ м/с.}$$

$$190. i = \frac{M_0 a \cdot b}{2\pi x(x+a)} \cdot \frac{Iv}{R}.$$

$$191. \tau = \frac{B_0^2 l}{36\rho_1 \rho_2 g} = 5,5 \cdot 10^{-2} \text{ с.}$$

$$192. P = \frac{\pi d^3 n S}{16\rho} \left( \frac{\Delta B}{\Delta t} \right)^2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Вт.}$$

$$193. A = \frac{B^2 v \cdot l_1 l_2^2}{2\rho(l_1 + l_2)} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ Дж.}$$

5-2217

$$194. Q = B^2 l_1^2 l_2 v / R.$$

$$195. P = \frac{B^2 r^4 \omega^2}{4R} \approx 2 \text{ Вт}.$$

196. Уменьшается.

197. Не изменится.

198. Скорость вращения увеличится.

$$199. \mathcal{E}_2 = \frac{\omega_2}{\omega_1} (\mathcal{E}_1 - R I_0) = 46,7 \text{ В}.$$

$$200. v_1 = \sqrt{\frac{v}{mgR}} (\mathcal{E} - \sqrt{mgRv}).$$

$$201. \omega = \frac{\omega_1}{\mathcal{E}_1} (\mathcal{E} - \frac{M \omega_1 R}{\mathcal{E}_1}).$$

$$202. A = \frac{2B^2 a^2 b v}{R} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ Дж}.$$

$$207. \Phi = \frac{\mathcal{E} I_2 \Delta t}{I_2 - I_1} = 0,4 \text{ Вб}; \Delta W = \frac{\mathcal{E} \Delta t (I_2 + I_1)}{2} = 0,34 \text{ Дж}.$$

$$208. R_t = \frac{\mathcal{E} + L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}}{\frac{\mathcal{E}}{R} - \frac{\Delta I}{\Delta t} \cdot t} = 1,75 \text{ Ом}.$$

$$209. \mathcal{E} = -L \frac{I/\sqrt{n} - I}{\Delta t} = 3,2 \text{ В}.$$

$$210. Q = \frac{R}{R+R_0} \frac{L \mathcal{E}^2}{2 R_0^2} = 6,0 \text{ мкДж}.$$

211.  $P = \frac{U^2}{4R} = 180 \text{ Вт}; I = \frac{U}{2R} = 3 \text{ А}$ . Указание: мощность электромотора  $P = IU - I^2 R$  меняется по параболическому закону.

212.  $i = \pi r^2 B_0 / L$ . Указание. внешнее изменение потока индукции, пронизывающего кольцо, компенсируется возрастанием потока индукции, создаваемого током в кольце.

$$217. l_1 = \frac{\Delta l}{(v_1/v_2)^2 - 1} = 9 \text{ см}.$$

$$218. v = \frac{Tg \sin \alpha / 2}{\pi} = 0,28 \text{ м/с}.$$

$$219. \text{Вниз}; a = g \left[ 1 - \left( \frac{T}{T_1} \right)^2 \right] = 1,7 \text{ м/с}^2.$$

$$220. T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{V \alpha^2 + g^2}}.$$

$$221. q = \frac{mg}{E} \sqrt{\left( \frac{T_1}{T_2} \right)^4 - 1} \approx 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}.$$

$$222. T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{Vg^2 + (Eq/m)^2 + 2g(Eq/m) \cos \beta}}; \operatorname{tg} \alpha = \frac{(Eq/m) \sin \beta}{g + (Eq/m) \cos \beta}.$$

$$223. T = 2\pi \sqrt{\frac{\Delta l}{g}} \approx 0,4 \text{ с}.$$

$$224. \Delta l = \frac{gT^2}{4\pi^2} \approx 2 \text{ см}.$$

$$225. A = \frac{m v_0}{\sqrt{k(m+M)}}; T = 2\pi \sqrt{\frac{M+m}{k}}.$$

$$226. T = 2\pi \sqrt{\frac{m_1 m_2}{k(m_1+m_2)}} = 5,1 \cdot 10^{-2} \text{ c}.$$

$$227. T = 2\pi \sqrt{m/\rho g S}.$$

$$228. m = \frac{\rho g S T^2}{2\pi^2} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ кг}.$$

$$229. x = 4 \sin(200\pi t).$$

$$232. \Delta\varphi = \frac{2\pi l v}{v} = \pi.$$

$$233. h = v\tau \left( \sqrt{1 - \left(\frac{v}{v_0}\right)^2} \right)^{-1}.$$

$$234. u = v \left( 1 - \frac{v}{v_0} \right) = 4,25 \text{ м/с}.$$

$$242. I_0 = 25 \text{ А}; T = 0,01 \text{ с}; v = 100 \text{ Гц}; \varphi_0 = 0.$$

$$243. T = \frac{2\pi}{\omega} = 0,2 \text{ с}; \epsilon_0 = \omega B S = 0,63 \text{ В}.$$

$$244. T = \frac{2\pi B S n}{\epsilon_0} = 0,4 \text{ с}.$$

$$246. \Delta t = T \left( \frac{1}{2} - \frac{1}{\pi} \arcsin \frac{U_3}{U\sqrt{2}} \right) = 3,3 \cdot 10^{-3} \text{ с}; n = \frac{L}{T} = 100.$$

$$247. n_2 = \frac{n_1}{U_1} (I r + U_2) = 400.$$

$$248. C = \lambda^2 / 4\pi^2 L C^2 = 250 \text{ нФ}.$$

$$249. \lambda = 2\pi c \sqrt{\epsilon_0 \epsilon \Delta t / \Delta I} = 2450 \text{ м}.$$

$$250. \lambda = 2\pi c \sqrt{\epsilon_0 \epsilon S L / d} = 2350 \text{ м}.$$

$$251. q = \sqrt{(CU)^2 + CL(I_0^2 - I_1^2)} = 2,3 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}.$$

$$252. I = U \sqrt{\frac{C}{L}} \approx 0,7 \text{ А}.$$

$$253. 2\alpha.$$

$$256. u = 2v = 4 \text{ м/с}.$$

$$259. x = 2r \sin \alpha = 10 \text{ см}.$$

$$260. h = H/n. \text{ Указание: учесть, что в глаз попадает расходящийся пучок лучей.}$$

$$261. \quad h = \frac{d}{2} + \frac{5}{2} \sqrt{n^2 - 1} = 7,3 \text{ м.}$$

$$262. \quad R = 2 \left( \frac{h_0}{n} + h \right) = 32 \text{ см.}$$

$$263. \quad \beta = 2\alpha = 120^\circ.$$

265. 1) Когда предмет приближается к фокусу, его изображение удаляется с возрастающей скоростью; после перехода фокуса мнимое изображение приближается с уменьшающейся скоростью к полюсу;

$$2) \quad \frac{v'}{v} = \frac{F^2}{(d_1 - F)(d_2 - F)} = 20.$$

$$266. \quad f = \frac{d \cdot R}{2d - R} = 90 \text{ см, изображение мнимое.}$$

$$267. \quad F = \frac{\ell}{k_1 - k_2} = 10 \text{ см.}$$

$$268. \quad f_1 = \frac{Rd}{2d - R} = -0,375 \text{ м; } f_2 = \frac{R\ell}{2\ell - R} = 1,5 \text{ м.}$$

$$269. \quad \Delta t = \frac{2v_0}{g} \sqrt{1 - \frac{Rg}{v_0^2}} = 1 \text{ с.}$$

$$270. \quad q_2 = 2m v_0^2 \pi \epsilon_0 R / q_1 = 0,2 \cdot 10^{-5} \text{ Кл.}$$

$$271. \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m} \left( 1 - \frac{\ell_0}{2F} \right)} \approx 2,5 \text{ рад/с.}$$

$$273. \quad \alpha = \arctg n.$$

70

$$274. \quad x = d \sin \alpha \cdot \left( 1 - \frac{\cos \alpha}{\sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha}} \right) \approx 2,2 \text{ см.}$$

$$275. \quad n = \frac{\cos(\beta + \alpha/2)}{\cos 3/2 \alpha} = 1,7.$$

$$276. \quad S = \left( a - \frac{2h}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) \left( b - \frac{2h}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) = 5 \text{ м}^2.$$

$$277. \quad n_2 = n_1 \operatorname{tg} \alpha = 1,4.$$

$$278. \quad F = \frac{R}{2n} = 6 \text{ см.}$$

$$282. \quad 2F.$$

$$286. \quad r = R \sin \alpha = 267 \text{ см.}$$

$$287. \quad F = \frac{L^2 - \ell^2}{4L} = 24 \text{ см.}$$

$$288. \quad \ell = \frac{1}{2} (L - \sqrt{L^2 - 2LF}) = 6 \text{ см.}$$

$$289. \quad d_3 = d_2 + 2f - 2 \frac{d_1}{f} f = 30 \text{ см.}$$

$$290. \quad F = - \frac{\beta \ell}{(1 - \beta)^2} = -10 \text{ см.}$$

$$291. 1) F = \frac{a_1 b}{b - a_1} = -20 \text{ см}; 2) F = -\frac{a_2 b}{b + a_2} = -12 \text{ см}.$$

$$292. \tau = \frac{2v_0}{g} \sqrt{1 - \frac{2gF}{v_0^2}} = 0,6 \text{ с}.$$

$$293. \langle v \rangle = \frac{4AF^2}{r[(d-F)^2 - A^2]} = 6,25 \text{ м/с}.$$

$$294. x = \frac{2\pi\epsilon_0 m v_0^2 F^2}{q q_0} = 1 \text{ м}.$$

$$295. d = \frac{F[4\pi\epsilon_0 l K(F-l) + q^2 F]}{4\pi\epsilon_0 K(F-l)(l-F)} \approx -1,36 \text{ м}.$$

$$296. f = \frac{F_3[(l_1 - l_2)F_2 + l_2(F_2 - l_1 - F_1)]}{F_2(l_1 - F_1) + (l_2 - F_3)(F_1 + F_2 - l_1)} = \infty.$$

$$297. x = 2F = 40 \text{ см}.$$

298.  $F = R/2n$ . Указание: воспользоваться свойствами совмещенных оптических систем, учитывая, что свет через линзу проходит дважды, или рассчитать расстояние от линзы до пересечения параллельных лучей, идущих из бесконечности.

299.  $D = -\frac{1}{d} = -5 \text{ дптр}$ . Указание: считать, что очки и глаза образуют совмещенную оптическую систему.

300. Близорукому.

301. а) Совместить передний фокус второй линзы с задним фокусом первой;  
б) совместить передние фокусы собирающей и рассеивающей линз.

302. В средней части спектра появится белая полоса, которая будет расти, затем спектр будет представлять собой белую полосу с цветной окантовкой по краям, с одной стороны синей, с другой - красной.

$$303. L = \frac{(D+l)Fd}{D-l} \approx 122 \text{ см}.$$

$$304. L = \frac{p^2}{\lambda} = 3,9 \text{ м}.$$

$$306. n = ck/W\lambda = 1,5.$$

$$307. \theta = \arcsin(n_{\phi} \sin \psi) - \arcsin(n_{\kappa} \sin \psi) = 2^{\circ} 31'.$$

$$308. N = \frac{P\lambda}{hc} = 6 \cdot 10^{20} \text{ фот/с}.$$

$$309. P = hc n / \lambda \tau = 2,9 \cdot 10^3 \text{ Вт}.$$

$$310. \lambda_m = hc/A = 550 \text{ нм}.$$

$$311. v_2 = \sqrt{v_1^2 + \frac{2k\Delta v}{m}} = 3,2 \cdot 10^5 \text{ м/с}.$$

$$312. a = \frac{\frac{hc}{\lambda} - A}{\frac{e q}{4\pi\epsilon_0 R_1^2} - \frac{1}{R_1} \left( \frac{hc}{\lambda} - A \right)} \approx 255 \text{ мкм}.$$

$$313. d = \frac{1}{eE} \left( \frac{hc}{\lambda} - A \right) = 3,8 \text{ см}.$$

$$314. r = \frac{\hbar^2}{me^2} \frac{1}{1 - \frac{4\pi\hbar^3 c}{me^2 \lambda}} = 2,1 \cdot 10^{-10} \text{ м} \left( \text{где } \hbar = \frac{h}{2\pi} \right).$$

## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Задачи.....	3
1. <u>Электростатика</u> .....	3
Закон Кулона. Электрическое поле.....	3
Емкость. Конденсаторы. Энергия электрического поля.....	9
2. <u>Электродинамика</u> ,.....	14
Закон Ома для однородного участка цепи.....	14
Закон Ома для неоднородного участка цепи и для замкнутой цепи.....	16
Работа и мощность тока.....	22
Законы Фарадея для электролиза. Ток в газах.....	27
Магнитное взаимодействие токов.....	27
Электромагнитная индукция.....	30
Самойндукция.....	37
3. <u>Колебания и волны</u> .....	39
Механические колебания и волны.....	39
Переменный ток. Электромагнитные колебания и волны	41
4. <u>Оптика</u> .....	44
Законы отражения и преломления света. Плоские и сферические зеркала.....	44
Линзы. Законы преломления света.....	46
Волновые и квантовые свойства света.....	51
Ответы.....	53

Диденко Александр Яковлевич,  
Филиппов Валентин Петрович

СБОРНИК ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

(электричество, колебания и волны, оптика)

Для слушателей  
подготовительных курсов

Редактор Е. Н. Кочубей

Корректор Н. М. Соболева

---

Подписано в печать 12/VIII - 1983 г.

Формат 60x84 1/16	Объем 4,75 п.л.	Уч.-изд.л. 4
Тираж 1500 экз.	Цена 25 коп.	Изд. № 103-1
	Заказ 2217	

---

Типография МИФИ, Каширское шоссе, 31