

**Таблица вариантов модуля 5**

<b>№ вар</b>	<b>Номера задач</b>									
1	5.1	5.15	5.38	5.53	5.70	5.85	5.165	5.213	5.229	5.257
2	5.2	5.16	5.39	5.54	5.71	5.86	5.166	5.214	5.230	5.258
3	5.3	5.17	5.40	5.55	5.72	5.87	5.167	5.215	5.231	5.259
4	5.4	5.18	5.41	5.56	5.73	5.88	5.168	5.216	5.232	5.260
5	5.5	5.19	5.42	5.57	5.74	5.89	5.169	5.217	5.233	5.261
6	5.6	5.20	5.43	5.58	5.75	5.90	5.170	5.218	5.234	5.262
7	5.7	5.21	5.44	5.59	5.76	5.91	5.171	5.219	5.235	5.263
8	5.8	5.22	5.45	5.60	5.77	5.92	5.172	5.220	5.236	5.264
9	5.9	5.23	5.46	5.61	5.78	5.93	5.173	5.221	5.237	5.265
10	5.10	5.24	5.47	5.62	5.79	5.94	5.174	5.222	5.238	5.266
11	5.11	5.25	5.48	5.63	5.80	5.95	5.175	5.223	5.239	5.257
12	5.12	5.26	5.49	5.64	5.81	5.96	5.176	5.224	5.240	5.258
13	5.13	5.27	5.50	5.65	5.82	5.97	5.177	5.225	5.241	5.259
14	5.14	5.28	5.38	5.66	5.83	5.98	5.178	5.226	5.242	5.260
15	5.1	5.29	5.39	5.67	5.84	5.99	5.179	5.227	5.243	5.261
16	5.2	5.30	5.40	5.68	5.70	5.100	5.180	5.228	5.244	5.262
17	5.3	5.31	5.41	5.69	5.71	5.101	5.181	5.213	5.245	5.263
18	5.4	5.32	5.42	5.53	5.72	5.102	5.182	5.214	5.246	5.264
19	5.5	5.33	5.43	5.54	5.73	5.103	5.183	5.215	5.247	5.265
20	5.6	5.34	5.44	5.55	5.74	5.104	5.184	5.216	5.248	5.266
21	5.7	5.35	5.45	5.56	5.75	5.105	5.185	5.217	5.249	5.257
22	5.8	5.36	5.46	5.57	5.76	5.106	5.186	5.218	5.250	5.258
23	5.9	5.37	5.47	5.58	5.77	5.107	5.187	5.219	5.251	5.259
24	5.10	5.15	5.48	5.59	5.78	5.108	5.188	5.220	5.252	5.260
25	5.11	5.16	5.49	5.60	5.79	5.109	5.189	5.221	5.253	5.261
26	5.12	5.17	5.50	5.61	5.80	5.110	5.190	5.222	5.254	5.262
27	5.13	5.18	5.51	5.62	5.81	5.111	5.191	5.223	5.255	5.263
28	5.14	5.19	5.52	5.63	5.82	5.112	5.192	5.224	5.256	5.264
29	5.1	5.20	5.38	5.64	5.83	5.113	5.193	5.225	5.229	5.265
30	5.2	5.21	5.39	5.65	5.84	5.114	5.194	5.226	5.230	5.266
31	5.3	5.22	5.40	5.66	5.70	5.115	5.195	5.227	5.231	5.257
32	5.4	5.23	5.41	5.67	5.71	5.116	5.196	5.228	5.232	5.258
33	5.5	5.24	5.42	5.68	5.72	5.117	5.197	5.213	5.233	5.259
34	5.6	5.25	5.43	5.69	5.73	5.118	5.198	5.214	5.234	5.260
35	5.7	5.26	5.44	5.53	5.74	5.119	5.199	5.215	5.235	5.261
36	5.8	5.27	5.45	5.54	5.75	5.120	5.200	5.216	5.236	5.262
37	5.9	5.28	5.46	5.55	5.76	5.121	5.211	5.217	5.237	5.263
38	5.10	5.29	5.47	5.56	5.77	5.122	5.212	5.218	5.238	5.264
39	5.11	5.30	5.48	5.57	5.78	5.123	5.213	5.219	5.239	5.265
40	5.12	5.31	5.49	5.58	5.79	5.124	5.214	5.220	5.240	5.266
41	5.13	5.32	5.50	5.59	5.80	5.125	5.215	5.221	5.241	5.257
42	5.14	5.33	5.38	5.60	5.81	5.126	5.216	5.222	5.242	5.258
43	5.1	5.34	5.39	5.61	5.82	5.127	5.217	5.223	5.243	5.259
44	5.2	5.35	5.40	5.62	5.83	5.128	5.218	5.224	5.244	5.260
45	5.3	5.36	5.41	5.63	5.84	5.129	5.219	5.225	5.245	5.261
46	5.4	5.37	5.42	5.64	5.70	5.130	5.210	5.226	5.246	5.262
47	5.5	5.15	5.43	5.65	5.71	5.131	5.211	5.227	5.247	5.263
48	5.6	5.16	5.44	5.66	5.72	5.132	5.212	5.228	5.248	5.264
49	5.7	5.17	5.45	5.67	5.73	5.133	5.195	5.213	5.249	5.265
50	5.8	5.18	5.46	5.68	5.74	5.134	5.196	5.214	5.250	5.266

## МОДУЛЬ 5

### Тема 1

- 5.1. Найти магнитную индукцию в центре тонкого кольца, по которому идет ток  $I = 10$  А. Радиус  $r$  кольца равен 5 см.
- 5.2. Напряженность  $H$  магнитного поля в центре кругового витка радиусом  $r = 8$  см равна 30 А/м. Определить напряженность  $H_1$  поля витка в точке, расположенной на расстоянии  $d = 6$  см от центра витка..
- 5.3. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток  $I = 50$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной на расстояние  $r = 5$  см от проводника.
- 5.4. Два длинных параллельных провода находятся на расстоянии  $r = 5$  см один от другого. По проводам текут в противоположных направлениях одинаковые токи  $I = 10$  А каждый. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1 = 2$  см от одного и  $r_2 = 3$  см от другого провода.
- 5.5. Расстояние  $d$  между двумя длинными параллельными проводами равно 5 см. По проводам в одном направлении текут одинаковые токи  $I = 30$  А каждый. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии  $r_1 = 4$  см от одного и  $r_2 = 3$  см от другого провода.
- 5.6. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи  $I = 50$  А и  $I_2 = 100$  А в противоположных направлениях. Расстояние  $d$  между проводами равно 20 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной на  $r_1 = 25$  см от первого и на  $r_2 = 40$  см от второго провода.
- 5.7. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам текут токи  $I_1 = 20$  А и  $I_2 = 30$  А в одном направлении. Расстояние  $d$  между проводами равно 10 см. Вычислить магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной от обоих проводов на одинаковое расстояние  $r = 10$  см.
- 5.8. Два бесконечно длинных прямых провода скрещены под прямым углом (см. рис.). По проводам текут токи  $I_1 = 80$  А и  $I_2 = 60$  А. Расстояние  $d$  между проводами равно 10 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке  $A$ , одинаково удаленной от обоих проводников.

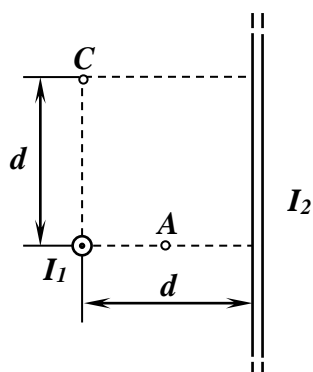


Рис. к зад. 5.8

5.9. По двум бесконечно длинным прямым проводам, скрещенным под прямым углом, текут токи  $I_1 = 30$  А и  $I_2 = 40$  А. Расстояние  $d$  между проводами равно 20 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке  $C$  (см. рис.), одинаково удаленной от обоих проводов на расстояние, равное  $d$ .

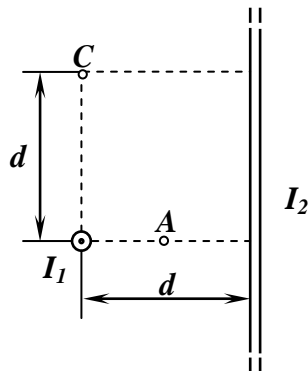


Рис. к зад. 5.9

5.10. Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. По проводнику течет ток  $I = 20$  А. Какова магнитная индукция  $B$  в точке  $A$  (см. рис.), если  $r = 5$  см?

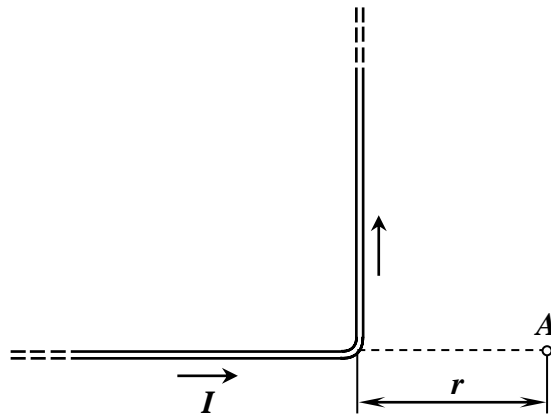


Рис. к зад. 5.10

5.11. По бесконечно длинному прямому проводу, изогнутому так, как это показано на рис., течет ток  $I = 100$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке  $O$ , если  $r = 10$  см.

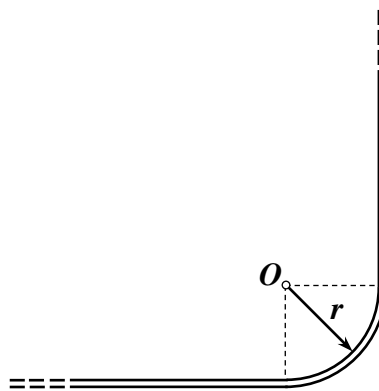


Рис. к зад. 5.11

5.12. Бесконечно длинный прямой провод согнут под прямым углом. По проводу течет ток  $I = 100$  А. Вычислить магнитную индукцию  $B$  в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от вершины угла на  $a = 10$  см.

5.13. По контуру в виде равностороннего треугольника идет ток  $I = 40$  А. Длина  $a$  стороны треугольника равна 30 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке пересечения высот.

5.14. По контуру в виде квадрата идет ток  $I = 50$  А. Длина  $a$  стороны квадрата равна 20 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке пересечения диагоналей.

5.15. По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника, течет ток  $I = 60$  А. Длины сторон прямоугольника равны  $a = 30$  см и  $b = 40$  см. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке пересечения диагоналей.

5.16. Тонкий провод изогнут в виде правильного шестиугольника. Длина  $d$  стороны шестиугольника равна 10 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в центре шестиугольника, если по проводу течет ток  $I = 25$  А.

5.17. По тонкому проволочному кольцу течет ток. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась магнитная индукция в центре контура?

5.18. Бесконечно длинный тонкий проводник с током  $I = 50$  А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом  $R = 10$  см. Определить в точке  $O$  магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током, в случае, изображенном на рис.

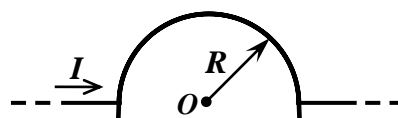


Рис. к зад. 5.18

5.19. Бесконечно длинный тонкий проводник с током  $I = 50$  А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом  $R = 10$  см. Определить в точке  $O$  магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током, в случае, изображенном на рис.

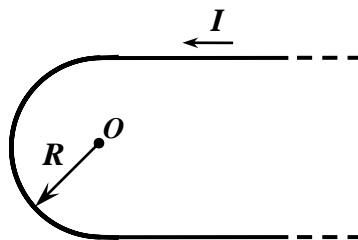


Рис. к зад. 5.19

5.20. Бесконечно длинный тонкий проводник с током  $I = 50$  А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом  $R = 10$  см. Определить в точке  $O$  магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током, в случае, изображенном на рис.

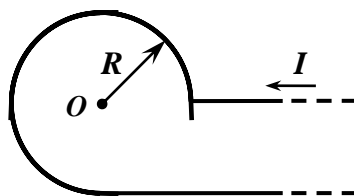


Рис. к зад. 5.20

5.21. Бесконечно длинный тонкий проводник с током  $I = 50$  А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом  $R = 10$  см. Определить в точке  $O$  магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током, в случае, изображенном на рисунке.

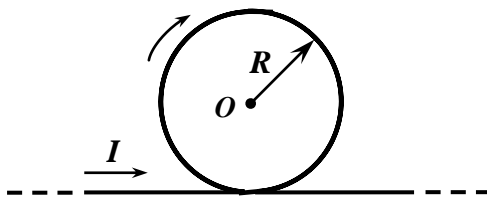


Рис. к зад. 5.21

5.22. Бесконечно длинный тонкий проводник с током  $I = 50$  А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом  $R = 10$  см. Определить в точке  $O$  магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током, в случае, изображенном на рисунке.

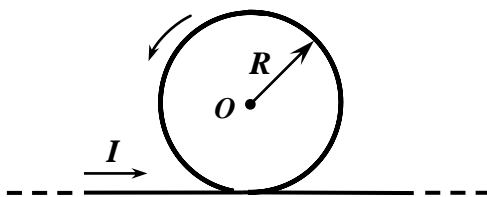


Рис. к зад. 5.22

5.23. Бесконечно длинный тонкий проводник с током  $I = 50$  А имеет изгиб (плоскую петлю) радиусом  $R = 10$  см. Определить в точке  $O$  магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током, в случае, изображенном на рисунке.

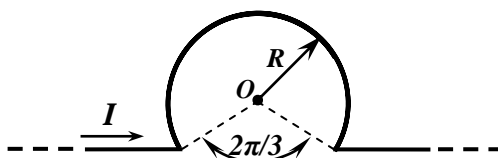


Рис. к зад. 5.23

5.24. По плоскому контуру из тонкого провода течет ток  $I = 100$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током в точке  $O$ , в случае, изображенном на рис. Радиус  $R$  изогнутой части контура равен 20 см.

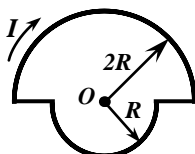


Рис. к зад. 5.24

5.25. По плоскому контуру из тонкого провода течет ток  $I = 100$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током в точке  $O$ , в случае, изображенном на рис. Радиус  $R$  изогнутой части контура равен 20 см.

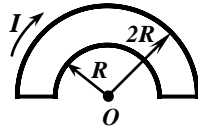


Рис. к зад. 5.25

5.26. По плоскому контуру из тонкого провода течет ток  $I = 100$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током в точке  $O$ , в случае, изображенном на рис. Радиус  $R$  изогнутой части контура равен 20 см.

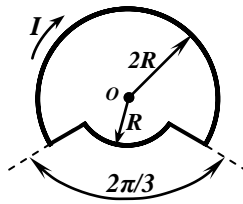


Рис. к зад. 5.26

5.27. По плоскому контуру из тонкого провода течет ток  $I = 100$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током в точке  $O$ , в случае, изображенном на рис. Радиус  $R$  изогнутой части контура равен 20 см.

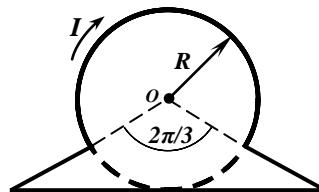


Рис. к зад. 5.27

5.28. По плоскому контуру из тонкого провода течет ток  $I = 100$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током в точке  $O$ , в случае, изображенном на рис. Радиус  $R$  изогнутой части контура равен 20 см.

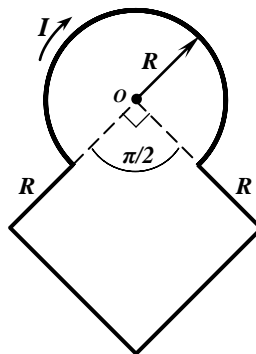


Рис. к зад. 5.28

5.29. По плоскому контуру из тонкого провода течет ток  $I = 100$  А. Определить магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого этим током в точке  $O$ , в случае, изображенном на рис. Радиус  $R$  изогнутой части контура равен 20 см.

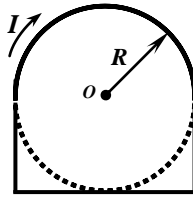


Рис. к зад. 5.29

5.30. Электрон в невозбужденном атоме водорода движется вокруг ядра по окружности радиусом  $r = 53$  пм. Вычислить силу эквивалентного кругового тока  $I$  и напряженность  $H$  поля в центре окружности.

5.31. Определить максимальную магнитную индукцию  $B_{max}$  поля, создаваемого электроном, движущимся прямолинейно со скоростью  $v = 10$  Мм/с, в точке, отстоящей от траектории на расстоянии  $d = 1$  нм.

5.32. На расстоянии  $r = 10$  нм от траектории прямолинейно движущегося электрона максимальное значение магнитной индукции  $B_{max} = 160$  мкТл. Определить скорость  $v$  электрона.

5.33. На рис. изображены сечения двух прямолинейных бесконечно длинных проводников с токами. Расстояние между проводниками  $AB = 10$  см, токи  $I_1 = 20$  А и  $I_2 = 30$  А. Найти напряженности  $H$  магнитного поля, вызванного токами  $I_1$  и  $I_2$  в точках  $M_1$ ,  $M_2$  и  $M_3$ . Расстояния  $M_1A = 2$  см,  $AM_2 = 4$  см и  $BM_3 = 3$  см. рис.52

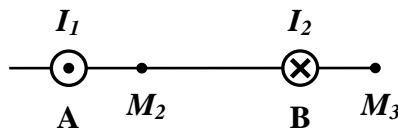


Рис. к зад. 5.33

5.34. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены перпендикулярно друг к другу и находятся в одной плоскости (см. рис.). Найти напряженности  $H_1$  и  $H_2$  магнитного поля в точках  $M_1$  и  $M_2$ . если токи  $I_1 = 2$  А и  $I_2 = 3$  А. Расстояния  $AM_1 = AM_2 = 1$  см и  $BM_1 = CM_2 = 2$  см.

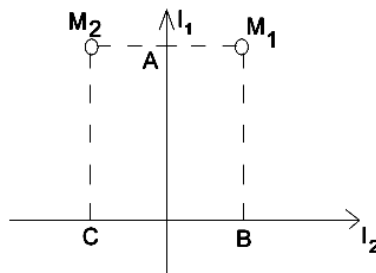


Рис. к зад. 5.34

5.35. Найти напряженность  $H$  магнитного поля на оси кругового контура на расстоянии  $a = 3$  см от его плоскости. Радиус контура  $R = 4$  см, ток в контуре  $I = 2$  А.

5.36. Два круговых витка радиусом  $R = 4$  см каждый расположены в параллельных плоскостях на расстоянии  $d = 10$  см друг от друга. По виткам текут токи  $I_1 = I_2 = 2$  А. Найти напряженность  $H$  магнитного поля на оси витков в точке, находящейся на равном расстоянии от них. Задачу решить, когда: а) токи в витках текут в одном направлении; б) токи в витках текут в противоположных направлениях.

5.37. Два круговых витка радиусом  $R = 4$  см каждый расположены в параллельных плоскостях на расстоянии  $d = 5$  см друг от друга. По виткам текут токи  $I_1 = I_2 = 4$  А. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в центре одного из витков. Задачу решить, когда: а) токи в витках текут в одном направлении; б) токи в витках текут в противоположных направлениях.

5.38. Два круговых витка расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях так, что центры этих витков совпадают. Радиус каждого витка  $R = 2$  см, токи в витках  $I_1 = I_2 = 5$  А. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в центре этих витков.

5.39. Из проволоки длиной  $l = 1$  м сделана квадратная рамка. По рамке течет ток  $I = 10$  А. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в центре рамки.

5.40. По проволочной рамке, имеющей форму правильного шестиугольника, идет ток  $I = 2$  А. При этом в центре рамки образуется магнитное поле напряженностью  $H = 33$  А/м. Найти длину  $l$  проволоки, из которой сделана рамка.

5.41. Принимая, что электрон в атоме водорода движется по круговой орбите, определить отношение магнитного момента  $p_m$  эквивалентного кругового тока к моменту импульса  $L$  орбитального движения электрона.

5.42. Определите магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого отрезком бесконечно длинного провода, в точке, равноудаленной от концов отрезка и находящейся на расстоянии  $R = 4$  см от его середины. Длина отрезка провода  $l = 20$  см, а сила тока в проводе  $I = 10$  А.

5.43. Определите индукцию магнитного поля в центре проволочной квадратной рамки со стороной  $a = 15$  см, если по рамке течет ток  $I = 5$  А.

5.44. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводам, находящимся на расстоянии  $AB = 10$  см друг от друга в вакууме, текут токи  $I_1 = 20$  А и  $I_2 = 30$  А одинакового направления. Определите магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого токами в точках, лежащих на прямой, соединяющих оба провода, если: 1) точка С лежит на расстоянии  $r_1 = 2$  см левее левого провода; 2) точка D лежит на расстоянии  $r_2 = 3$  см правее правого провода; 3) точка G лежит на расстоянии  $r_3 = 4$  см правее левого провода.

5.45. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми  $d = 15$  см, текут токи  $I_1 = 40$  А и  $I_2 = 80$  А в одном направлении. Определите магнитную индукцию  $B$  в точке А, удаленной на  $r_1 = 12$  см от первого и  $r_2 = 16$  см от второго проводника.

5.46. Напряженность  $H$  магнитного поля в центре кругового витка с магнитным моментом  $p_m = 1,5 \text{ А} \cdot \text{м}^2$  равна  $150$  А/м. Определите: 1) радиус витка; 2) силу тока в витке.



5.47. Определить магнитную индукцию на оси тонкого проволочного кольца радиусом  $R = 5$  см, по которому течет ток  $I = 10$  А, в точке, расположенной на расстоянии  $d = 10$  см от центра кольца.

5.48. Определите магнитную индукцию  $B_A$  на оси тонкого проволочного кольца радиусом  $R = 10$  см, в точке, расположенной на расстоянии  $d = 20$  см от центра кольца, если при протекании тока по кольцу в центре кольца  $B = 50$  мкТл.

5.49. Круговой виток радиусом  $R = 15$  см расположен относительно бесконечно длинного провода так, что его плоскость параллельна проводу. Перпендикуляр, восставленный к проводу из центра витка, является нормалью к плоскости витка. Сила тока в проводе  $I_1 = 1$  А, сила тока в витке  $I_2 = 5$  А. Расстояние от центра витка до провода  $d = 20$  см. Определите магнитную индукцию в центре витка.

5.50. К двум произвольным точкам проволочного кольца подведены идущие радиально провода, соединенные с весьма удаленным источником тока. Показать, что индукция магнитного поля в центре равна нулю.

## Тема 2

4.51. Прямой провод длиной  $l = 10$  см, по которому течет ток  $I = 20$  А, находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,01$  Тл. Найти угол  $\alpha$  между направлениями вектора  $B$  и тока, если на провод действует сила  $F = 10$  мН.

5.52. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу текут одинаковые токи  $I = 1$  кА. Определить силу  $F$ , действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине.

5.53. Двухпроводная линия состоит из длинных параллельных прямых проводов, находящихся на расстоянии  $d = 4$  мм друг от друга. По проводам текут одинаковые токи  $I = 50$  А. Определить силу взаимодействия токов, приходящуюся на единицу длины провода.

5.54. Шины генератора представляют собой две параллельные медные полосы длиной  $l = 2$  м каждая, отстоящие друг от друга на расстоянии  $d = 20$  см. Определить силу  $F$  взаимного отталкивания шин в случае короткого замыкания, когда по ним течет ток  $I = 10$  кА.

5.55. По двум параллельным проводам длиной  $l = 1$  м каждый текут одинаковые токи. Расстояние  $d$  между проводами равно 1 см. Токи взаимодействуют с силой  $F = 1$  мН. Найти силу тока  $I$  в проводах.

5.56. По трем параллельным прямым проводам, сечения которых образуют правильный треугольник со стороной  $a = 10$  см, текут одинаковые токи  $I = 100$  А. В двух проводах направления токов совпадают. Вычислить силу  $F$ , действующую на отрезок длиной  $l = 1$  м каждого провода.

5.57. По двум тонким проводам, изогнутым в виде кольца радиусом  $R = 10$  см, текут одинаковые токи  $I = 10$  А в каждом. Найти силу  $F$  взаимодействия этих колец, если плоскости, в которых лежат кольца, параллельны, а расстояние  $d$  между центрами колец равно 1 мм.

5.58. Вычислить радиус  $R$  окружности, которую описывает протон в магнитном поле с индукцией  $B = 15$  мТл, если скорость  $v$  протона равна 2 Мм/с и он влетает в поле перпендикулярно его силовым линиям.

5.59. Двукратно ионизированный атом гелия ( $\alpha$ -частица) движется в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 100$  кА/м по окружности радиусом  $R = 10$  см. Найти скорость  $v$   $\alpha$ -частицы.

5.60. Ион, несущий один элементарный заряд, движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,015$  Тл по окружности радиусом  $R = 10$  см. Определить импульс  $p$  иона.

5.61. Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,5$  Тл. Определить момент импульса  $L$ , которым обладала частица при движении в магнитном поле, если ее траектория представляла дугу окружности радиусом  $R = 0,2$  см.

5.62. Электрон движется в магнитном поле с индукцией  $B = 0,02$  Тл по окружности радиусом  $R = 1$  см. Определить кинетическую энергию  $T$  электрона (в джоулях и электрон-вольтах).

5.63. Заряженная частица влетела перпендикулярно линиям индукции в однородное магнитное поле, созданное в среде. В результате взаимодействия с веществом частица, находясь в поле, потеряла половину своей первоначальной энергии. Во сколько раз будут отличаться радиусы кривизны  $R$  траектории начала и конца пути?

5.64. Заряженная частица, двигаясь в магнитном поле по дуге окружности радиусом  $R_1 = 2$  см, прошла через свинцовую пластину, расположенную на пути частицы. Вследствие потери энергии частицей радиус кривизны траектории изменился и стал равным  $R_2 = 1$  см. Определить относительное изменение энергии частицы.

5.65. Протон, прошедший ускоряющую разность потенциалов  $U = 600$  В, влетел в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,3$  Тл и начал двигаться по окружности. Вычислить ее радиус  $R$ .

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

5.67. Заряженная частица с энергией  $T = 1$  кэВ движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом  $R = 1$  мм. Найти силу  $F$ , действующую на частицу со стороны поля.

5.68. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл перпендикулярно линиям индукции. Определить силу  $F$ , действующую на электрон со стороны поля, если радиус  $R$  кривизны траектории равен  $0,5$  см.

5.69. Электрон движется в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 4$  кА/м со скоростью  $v = 10$  Мм/с. Вектор скорости направлен перпендикулярно линиям напряженности. Найти силу  $F$ , с которой поле действует на электрон, и радиус  $R$  окружности, по которой он движется.

5.70. Протон с кинетической энергией  $T = 1$  МэВ влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции ( $B = 1$  Тл). Какова должна быть минимальная протяженность  $l$  поля в направлении, по которому летел протон до вхождения в поле, чтобы оно изменило направление движения протона на противоположное?

5.71. Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 10$  кА/м. Вычислить период  $T$  вращения электрона.

5.72. Определить с какой частотой  $n$  будет двигаться электрон по круговой орбите в однородном магнитном поле, индукция  $B$  которого равна  $0,2$  Тл.

5.73. Электрон в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл движется по окружности. Найти силу  $I$  эквивалентного кругового тока, создаваемого движением электрона.

5.74. Электрон, влетев в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,2$  Тл, стал двигаться по окружности радиусом  $R = 5$  см. Определить магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока.

5.75. Два однозарядных иона, пройдя одинаковую ускоряющую разность потенциалов, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Один ион, масса  $m_1$  которого равна 12 а. е. м., описал дугу окружности радиусом  $R_1 = 4$  см. Определить массу  $m_2$  другого иона, который описал дугу окружности радиусом  $R_2 = 6$  см.

5.76. Два иона, имеющие одинаковый заряд, но различные массы, влетели в однородное магнитное поле. Первый ион начал двигаться по окружности радиусом  $R_1 = 5$  см, второй ион — по окружности радиусом  $R_2 = 2,5$  см. Найти отношение  $m_1/m_2$  масс ионов, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

5.77. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 100$  мкТл движется электрон по винтовой линии. Определить скорость  $v$  электрона, если шаг  $h$  винтовой линии равен 20 см, а радиус  $R = 5$  см.

5.78. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 9$  мТл по винтовой линии, радиус  $R$  которой равен 1 см и шаг  $h = 7,8$  см. Определить период  $T$  обращения электрона и его скорость  $v$ .

5.79. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 2$  Тл движется протон. Траектория его движения представляет собой винтовую линию с радиусом  $R = 10$  см и шагом  $h = 60$  см. Определить кинетическую энергию  $T$  протона.

5.80. Электрон влетает в однородное магнитное поле напряженностью  $H = 16$  кА/м со скоростью  $v = 8$  Мм/с. Вектор скорости составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с направлением линий индукции. Определить радиус  $R$  и шаг  $h$  винтовой линии, по которой будет двигаться электрон в магнитном поле.

5.81. Перпендикулярно магнитному полю с индукцией  $B = 0,1$  Тл возбуждено электрическое поле напряженностью  $E = 100$  кВ/м. Перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Вычислить скорость  $v$  частицы.

5.82. Протон, пройдя ускоряющую разность потенциалов  $U = 800$  В, влетает в однородные, скрещенные под прямым углом магнитное ( $B = 50$  мТл) и электрическое поля. Определить напряженность  $E$  электрического поля, если протон движется в скрещенных полях прямолинейно.

5.83. Заряженная частица движется по окружности радиусом  $R = 1$  см в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Параллельно магнитному полю возбуждено электрическое поле напряженностью  $E = 100$  В/м. Вычислить промежуток времени  $\Delta t$ , в течение которого должно действовать электрическое поле, для того чтобы кинетическая энергия частицы возросла вдвое.

5.84. Протон влетает со скоростью  $v = 100$  км/с в область пространства, где имеются электрическое ( $E = 210$  В/м) и магнитное ( $B = 3,3$  мТл) поля. Напряженность  $E$  электрического поля и магнитная индукция  $B$  совпадают по направлению. Определить ускорение протона для начального момента движения в поле, если направление вектора его скорости  $v$  совпадает с общим направлением векторов  $E$  и  $B$ .

5.85. Алюминиевый провод площадью поперечного сечения  $S = 1 \text{ мм}^2$  подвешен в горизонтальной плоскости перпендикулярно к магнитному меридиану, и по нему течет ток (с запада на восток)  $I = 1,6 \text{ А}$ . Какую долю от силы тяжести, действующей на провод, составляет сила, действующая на него со стороны земного магнитного поля? Горизонтальная составляющая напряженности земного магнитного поля  $H_r = 15 \text{ А/м}$ .

5.86. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,5 \text{ Тл}$  движется равномерно проводник длиной  $l = 10 \text{ см}$ . По проводнику течет ток  $I = 2 \text{ А}$ . Скорость движения проводника  $v = 20 \text{ см/с}$  и направлена перпендикулярно к направлению магнитного поля. Найти работу  $A$  перемещения проводника за время  $t = 10 \text{ с}$  и мощность  $P$ , затраченную на это перемещение.

5.87. Электрон, ускоренный разностью потенциалов  $U = 1 \text{ кВ}$ , влетает в однородное магнитное поле, направление которого перпендикулярно к направлению его движения. Индукция магнитного поля  $B = 1,19 \text{ мТл}$ . Найти радиус  $R$  окружности, по которой движется электрон, период обращения  $T$  и момент импульса  $L$  электрона относительно центра окружности.

5.88. Электрон, ускоренный разностью потенциалов  $U = 300 \text{ В}$ , движется параллельно прямолинейному длинному проводу на расстоянии  $a = 4 \text{ мм}$  от него. Какая сила  $F$  действует на электрон, если по проводнику пустить ток  $I = 5 \text{ А}$ .

5.89. Поток  $\alpha$ -частиц (ядер атома гелия), ускоренных разностью потенциалов  $U = 1 \text{ МВ}$ , влетает в однородное магнитное поле напряженностью  $H = 1,2 \text{ кА/м}$ . Скорость каждой частицы направлена перпендикулярно к направлению магнитного поля. Найти силу  $F$ , действующую на каждую частицу.

5.90. Электрон влетает в однородное магнитное поле, направление которого перпендикулярно к направлению его движения. Скорость электрона  $v = 4 \cdot 10^7 \text{ м/с}$ . Индукция магнитного поля  $B = 1 \text{ мТл}$ . Найти тангенциальное  $a_t$  и нормальное  $a_n$  ускорения электрона в магнитном поле.

5.91. Найти кинетическую энергию  $W_k$  (в электронвольтах) протона, движущегося по дуге окружности радиусом  $R = 60 \text{ см}$  в магнитном поле с индукцией  $B = 1 \text{ Тл}$ .

5.92. Протон и электрон, двигаясь параллельно с одинаковой скоростью, влетают в однородное магнитное поле. Во сколько раз радиус кривизны  $R_1$  траектории протона больше радиуса кривизны  $R_2$  траектории электрона?

5.93. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью  $v = 10^6 \text{ м/с}$ . Индукция магнитного поля  $B = 0,3 \text{ Тл}$ . Радиус окружности  $R = 4 \text{ см}$ . Найти заряд  $q$  частицы, если известно, что ее энергия  $W = 12 \text{ кэВ}$ .

5.94. Протон и  $\alpha$ -частица влетают в однородное магнитное поле, направление которого перпендикулярно к направлению их движения. Во сколько раз период обращения  $T_1$  протона в магнитном поле больше периода обращения  $T_2$   $\alpha$ -частицы?

5.95.  $\alpha$ -частица, кинетическая энергия которой  $W = 500 \text{ эВ}$ , влетает в однородное магнитное поле, перпендикулярное ее движению. Индукция магнитного поля  $B = 0,1 \text{ Тл}$ . Найти силу  $F$ , действующую на  $\alpha$ -частицу, радиус  $R$  окружности, по которой движется  $\alpha$ -частица, и период обращения  $T$   $\alpha$ -частицы.

5.96.  $\alpha$ -частица движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 25$  мТл. Момент импульса частицы относительно центра окружности  $M = 1,33 \cdot 10^{22}$  кгм<sup>2</sup>/с. Найти кинетическую энергию  $W_k$   $\alpha$ -частицы.

5.97. Магнитное поле напряженностью  $H = 8$  кА/м и электрическое поле напряженностью  $E = 1$  кВ/м направлены одинаково. Электрон влетает в электромагнитное поле со скоростью  $v = 10^5$  м/с. Найти нормальное  $a_n$ , тангенциальное  $a_t$  и полное  $a$  ускорения электрона. Задачу решить, если скорость электрона направлена параллельно направлению электрического поля.

5.98. Магнитное поле, индукция которого  $B = 0,5$  мТл, направлено перпендикулярно к электрическому полю, напряженность которого  $E = 1$  кВ/м. Пучок электронов влетает в электромагнитное поле, причем скорость  $v$  электронов перпендикулярна к плоскости, в которой лежат векторы  $E$  и  $B$ . Найти скорость электронов  $v$ , если при одновременном действии обеих полей пучок электронов не испытывает отклонения.

5.99. Электрон, ускоренный разностью потенциалов  $U = 6$  кВ, влетает в однородное магнитное поле под углом  $\alpha = 30^\circ$  к направлению поля и движется по винтовой траектории. Индукция магнитного поля  $B = 13$  мТл. Найти радиус  $R$  и шаг  $h$  винтовой траектории.

5.100. Протон влетает в однородное магнитное поле под углом  $\alpha = 30^\circ$  к направлению поля и движется по винтовой линии радиусом  $R = 1,5$  см. Индукция магнитного поля  $B = 0,1$  Тл. Найти кинетическую энергию  $W_k$  протона.

5.101. Электрон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью  $v = 10^7$  м/с. Длина конденсатора  $l = 5$  см. Напряженность электрического поля конденсатора  $E = 10$  кВ/м. При вылете из конденсатора электрон попадает в магнитное поле, перпендикулярное к электрическому полю. Индукция магнитного поля  $B = 10$  мТл. Найти радиус  $R$  и шаг  $h$  винтовой траектории электрона в магнитном поле.

5.102. По прямому горизонтально расположенному проводу пропускают ток  $I_1 = 10$  А. Под ним на расстоянии  $R = 1,5$  см находится параллельный ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток  $I_2 = 1,5$  А. Определите, какова должна быть площадь поперечного сечения алюминиевого провода, чтобы он удерживался незакрепленным. Плотность алюминия  $\rho = 2,7$  г/см<sup>3</sup>.

5.103. Два бесконечных прямолинейных параллельных проводника с одинаковыми токами, текущими в одном направлении, находятся друг от друга на расстоянии  $R$ . Чтобы их раздвинуть до расстояния  $2R$ , на каждый сантиметр длины проводника затрачивается работа  $A = 138$  нДж. Определите силу тока в проводниках.

5.104. Контур из провода, изогнутого в форме квадрата (см. рис.) со стороной  $a = 0,5$  м, расположен в одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током  $I = 5$  А так, что две его стороны параллельны проводу. Сила тока в контуре  $I_1 = 1$  А. Определите силу, действующую на контур, если ближайшая к проводу сторона контура находится на расстоянии  $b = 10$  см. Направления токов указаны на рисунке.

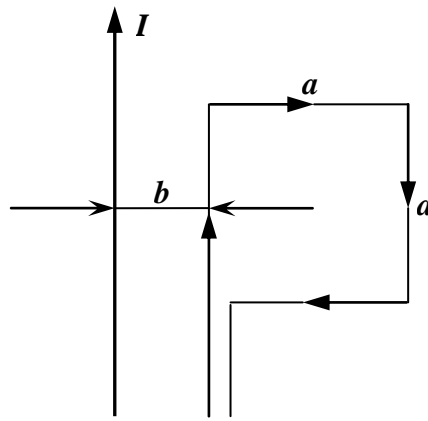


Рис. к зад. 5.104.

5.105. Прямоугольная рамка со сторонами  $a = 40$  см и  $b = 30$  см расположена в одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током  $I = 6$  А так, что длинные стороны рамки параллельны проводу. Сила тока в рамке  $I_1 = 1$  А. Определите силы, действующие на каждую из сторон рамки, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии  $c = 10$  см, а ток в ней сонаправлен току  $I$ .

5.106. Электрон движется прямолинейно с постоянной скоростью  $v = 0,2$  Мм/с. Определите магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого электроном в точке, находящейся на расстоянии  $r = 2$  нм от электрона и лежащей на прямой, проходящей через мгновенное положение электрона и составляющей угол  $\alpha = 45^\circ$  со скоростью движения электрона.

5.107. Определите напряженность  $H$  поля, создаваемого электроном, прямолинейно равномерно движущимся со скоростью  $v = 5000$  км/с, в точке, находящейся от него на расстоянии  $r = 10$  нм и лежащей на перпендикуляре к  $v$ , проходящем через мгновенное положение электрона.

5.108. Согласно теории Бора, электрон в атоме водорода движется вокруг ядра по круговой орбите радиусом  $r = 52,8$  пм. Определите магнитную индукцию  $B$  поля, создаваемого электроном в центре круговой орбиты.

5.109. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл по окружности. Определите угловую скорость вращения электрона.

5.110. Электрон, обладая скоростью  $v = 10$  Мм/с, влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Индукция магнитного поля  $B = 1$  мТл. Определите нормальное и тангенциальное ускорения электрона.

5.111. Протон движется в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 5$  Тл по окружности. Определите частоту вращения протона.

5.112. В однородном магнитном поле перпендикулярно линиям магнитной индукции движется прямой проводник длиной 40 см. Определить силу Лоренца, действующую на свободный электрон проводника, если возникающая на его концах разность потенциалов составляет 10 мкВ.

5.113. Электрон, ускоренный разностью потенциалов  $U = 0,5$  кВ, движется параллельно прямолинейному длинному проводнику на расстоянии  $r = 1$  см от него. Определите силу, действующую на электрон, если через проводник пропускать ток  $I = 10$  А.

5.114. Протон, ускоренный разностью потенциалов  $U = 0,5$  кВ, влетая в однородное магнитное поле с магнитной индукцией  $B = 2$  мТл, движется по окружности. Определите радиус этой окружности.

5.115. Электрон, влетев в однородное магнитное поле с магнитной индукцией  $B = 2$  мТл, движется по круговой орбите радиусом  $R = 15$  см. Определите магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока.

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

5.117. Электрон движется в однородном магнитном поле с магнитной индукцией  $B = 0,2$  мТл по винтовой линии. Определите скорость  $v$  электрона, если радиус винтовой линии  $R = 3$  см, а шаг  $h = 9$  см.

5.118. Определите, при какой скорости пучок заряженных частиц, двигаясь перпендикулярно однородным электрическому ( $E = 100$  кВ/м) и магнитному ( $B = 50$  мТл) полям, скрещенным под прямым углом, не отклоняется.

5.119. Ионы двух изотопов с массами  $m_1 = 6,5 \cdot 10^{-26}$  кг и  $m_2 = 6,8 \cdot 10^{-26}$  кг, ускоренные разностью потенциалов  $U = 0,5$  кВ, влетают в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,5$  Тл перпендикулярно линиям индукции. Принимая заряд каждого иона равным элементарному электрическому заряду, определите, насколько будут отличаться радиусы траекторий ионов изотопов в магнитном поле.

5.120. На проводник длиной 10 см с током  $I = 12$  А в нем со стороны магнитного поля действует сила 1,6 Н. Определите индукцию магнитного поля, если угол между направлением тока и силовыми линиями  $\alpha = 30^\circ$ .

5.121. В проводнике с длиной активной части 8 см сила тока 50 А. Он находится в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. Найдите совершенную работу, если проводник переместился на 10 см перпендикулярно силовым линиям.

5.122. Каково расстояние между двумя параллельными проводами, если при токе 120 А в каждом проводе они взаимодействуют с силой 0,72 Н на каждый метр длины?

5.123. Между полюсами электромагнита в горизонтальном магнитном поле находится проводник, расположенный перпендикулярно магнитному полю. Какой ток должен идти через проводник, чтобы он висел, не падая, при индукции магнитного поля  $B = 0,01$  Тл и массе единицы длины проводника 0,01 кг/м?

5.124. По горизонтально расположенному проводнику длиной  $l = 20$  см и массой  $m = 4$  г течет ток 10 А. Найдите модуль и направление индукции магнитного поля, в которое нужно поместить проводник, чтобы сила тяжести уравновесилась силой Ампера.

5.125. Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии 0,3 м друг от друга. На них лежит стержень, перпендикулярный к рельсам. Какой должна быть индукция магнитного поля для того, чтобы стержень начал двигаться, если по нему пропускать ток 50 А? Коэффициент трения стержня о рельсы 0,2. Масса стержня 0,5 кг.



5.126. Между вертикальными полюсами магнита на двух тонких нитях подвешен горизонтально линейный проводник массой 100 г, длиной 20 см, по которому протекает ток силой 20 А. На какой угол от вертикали отклонятся нити, поддерживающие проводник, если индукция магнитного поля 0,25 Тл?

5.127. Жесткое тонкое проводящее кольцо лежит на горизонтальной непроводящей поверхности и находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого горизонтальны. Масса кольца 2 г, радиус  $R = 4$  см, индукция  $B = 0,5$  Тл. Какой ток нужно пропустить по кольцу, чтобы оно начало подниматься?

5.128. Заряженная частица движется в однородном магнитном поле по окружности со скоростью  $10^6$  м/с. Индукция магнитного поля  $B = 0,3$  Тл. Радиус окружности  $R = 4$  см. Найдите заряд частицы, если известно, что ее энергия равна 12 кэВ.

5.129. Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов 400 В, попал в однородное магнитное поле с индукцией  $1,5 \cdot 10^{-3}$  Тл. Определите радиус, частоту и угловую скорость электрона в магнитном поле.

5.130. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 300 В, движется параллельно прямолинейному проводнику на расстоянии 4 мм от него. Какая сила будет действовать на электрон, если по проводнику пустить ток в 5 А?

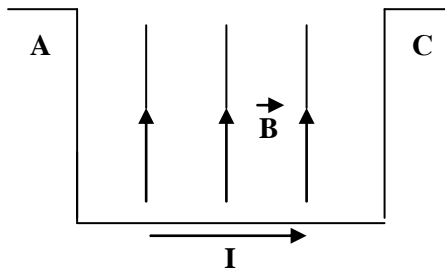
5.131. Электрон движется в вакууме в однородном магнитном поле напряженности  $H = 75$  А/м так, что вектор скорости его составляет угол  $30^\circ$  с направлением поля. Скорость электрона  $V = 2,5 \cdot 10^6$  м/с. Определите радиус витка и шаг траектории электрона.

5.132. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 1 кВ, движется в однородном магнитном поле, под углом  $30^\circ$  к вектору индукции  $B = 29$  мТл. Найдите шаг винтовой траектории электрона.

5.133. Отрицательно заряженная частица влетает в область однородного магнитного поля с индукцией  $B = 10^{-3}$  Тл, где движется по дуге окружности радиусом  $R = 0,2$  м, а затем частица попадает в однородное электрическое поле, где пролетает вдоль направления силовой линии участок с разностью потенциалов 1000 В, при этом скорость частицы изменяется в три раза. Определите конечную скорость частицы.

5.134. В горизонтальном магнитном поле с индукцией  $B = 0,01$  Тл находится горизонтально расположенный проводник длиной  $l = 1$  м и массой  $m = 0,01$  кг. Какой ток должен идти по проводнику, чтобы он висел, не падая?

5.135. Прямолинейный однородный проводник, подвешенный на двух гибких проволочках одинаковой длины, может вращаться вокруг горизонтальной оси АС ( см. рис.). Проводник находится в однородном вертикальном магнитном поле. Если по проводнику течет ток силой  $I_1 = 1$  А, проволочки отклоняются от вертикали на угол  $\alpha_1 = 30^\circ$ . При какой силе тока  $I_2$  они будут отклоняться на угол  $\alpha_2 = 60^\circ$ ? Массой проволочек пренебречь.



.Рис. к зад. 5.135.

5.136. Прямолинейный проводник массой  $m=0,03$  кг, по которому протекает ток силой  $I=5$  А, поднимается вертикально вверх в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией  $B=0,4$  Тл, двигаясь к линиям магнитной индукции под углом  $\alpha=30^\circ$ . Через  $t=2$  с после начала движения он приобретает скорость  $v=4$  м/с. Определить длину  $l$  проводника.

5.137. В однородное горизонтальное магнитное поле с индукцией  $B$  помещен плоский квадратный виток со стороной  $a$ . В начальный момент времени виток лежит на горизонтальной поверхности. Какой силы ток  $I$  нужно пропустить через виток, чтобы он начал подниматься? Масса витка  $m$ .

5.138. В область поперечного однородного магнитного поля с индукцией  $B=0,1$  Тл и размером  $h=0,1$  м по нормали влетает  $\alpha$ -частица. Найти скорость  $v$  частицы, если после прохождения магнитного поля она отклонится на угол  $\varphi=30^\circ$  от первоначального направления. Для  $\alpha$ -частицы отношение заряда к массе (удельный заряд)  $q/m=0,5 \cdot 10^8$  Кл/кг.

5.139. Горизонтальные рельсы находятся на расстоянии  $l=0,5$  м друг от друга. На них лежит стержень, перпендикулярный рельсам. Какой должна быть индукция магнитного поля для того, чтобы стержень начал двигаться, если по нему пропускается ток силой  $I_0=50$  А? Коэффициент трения стержня о рельсы  $k=0,1$ . Масса стержня  $0,3$  кг.

### Тема 3

5.140. Многовитковый контур содержит  $N = 1000$  витков тонкого провода. Катушка имеет квадратное сечение со стороной длиной  $a = 10$  см. Найти магнитный момент  $p_m$  контура при силе тока  $I = 1$  А.

5.141. Магнитный момент  $p_m$  витка равен  $0,2$  Дж/Тл. Определить силу тока  $I$  в витке, если его диаметр  $d = 10$  см.

5.141. По кольцу радиусом  $R$  течет ток. На оси кольца на расстоянии  $d = 1$  м от его плоскости магнитная индукция  $B = 10$  нТл. Определить магнитный момент  $p_m$  кольца с током. Считать  $R$  много меньшим  $d$ .

5.143. Электрон в невозбужденном атоме водорода движется вокруг ядра по окружности радиусом  $r = 53$  пм. Вычислить магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока и механический момент  $M$ , действующий на круговой ток, если атом помещен в магнитное поле, линии индукции которого параллельны плоскости орбиты электрона. Магнитная индукция  $B$  поля равна  $0,1$  Тл.

5.144. Электрон в атоме водорода движется вокруг ядра по круговой орбите некоторого радиуса. Найти отношение магнитного момента  $p_m$  эквивалентного кругового тока к моменту импульса  $L$  орбитального движения электрона. Заряд электрона и его массу считать известными. Указать направления векторов  $p_m$  и  $L$ .

5.145. Проволочный виток радиусом  $R = 5$  см находится в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 2$  кА/м. Плоскость витка образует угол  $\alpha = 60^\circ$  с направлением поля. По витку течет ток  $I = 4$  А. Найти механический момент  $M$ , действующий на виток.

5.146. Рамка гальванометра длиной  $a = 4$  см и шириной  $b = 1,5$  см, содержащая  $N = 200$  витков тонкой проволоки, находится в магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. Плоскость рамки параллельна линиям индукции. Найти: 1) механический момент  $M$ , действующий на рамку, когда по витку течет ток  $I = 1$  мА; 2) магнитный момент  $p_m$  рамки при этом токе.

5.147. Короткая катушка площадью  $S$  поперечного сечения, равной  $150$  см<sup>2</sup>, содержит  $N = 200$  витков провода, по которому течет ток  $I = 4$  А. Катушка помещена в однородное магнитное поле напряженностью  $H = 8$  кА/м. Определить магнитный момент  $p_m$  катушки, а также вращающий момент  $M$ , действующий на нее со стороны поля, если ось катушки составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с линиями индукции.

5.148. Рамка гальванометра, содержащая  $N = 200$  витков тонкого провода, подвешена на упругой нити. Площадь  $S$  рамки равна  $1$  см<sup>2</sup>. Нормаль к плоскости рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции ( $B = 5$  мТл). Когда через гальванометр был пропущен ток  $I = 2$  мкА, то рамка повернулась на угол  $\alpha = 30^\circ$ . Найти постоянную кручения  $C$  нити.

5.149. Плоский контур, площадь  $S$  которого равна  $25$  см<sup>2</sup>, находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,04$  Тл. Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол  $\alpha = 30^\circ$  с линиями индукции.

5.150. Плоская квадратная рамка со стороной  $a = 20$  см лежит в одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводом, по которому течет ток  $I = 100$  А. Рамка расположена

так, что ближайшая к проводу сторона параллельна ему и находится на расстоянии  $l = 10$  см от провода. Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий рамку.

5.151. Определить, во сколько раз отличаются магнитные потоки, пронизывающие рамку при двух ее положениях относительно прямого проводника с током, представленных на рис.

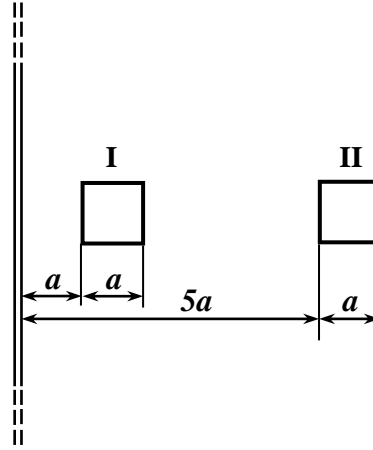


Рис. к зад. 5.151

5.152. Из проволоки длиной  $l = 20$  см сделаны квадратный и круговой контуры. Найти вращающие моменты сил  $M_1$  и  $M_2$ , действующие на каждый контур, помещенный в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. По контурам течет ток  $I = 2$  А. Плоскость каждого контура составляет угол  $\alpha = 45^\circ$  с направлением поля.

5.153. Катушка гальванометра, состоящая из  $N = 400$  витков тонкой проволоки, намотанной на прямоугольный каркас длиной  $l = 3$  см и шириной  $b = 2$  см, подвешена на нити в магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. По катушке течет ток  $I = 0,1$  мкА. Найти вращающий момент  $M$ , действующий на катушку гальванометра, если плоскость катушки параллельна направлению магнитного поля.

5.154. Катушка гальванометра, состоящая из  $N = 400$  витков тонкой проволоки, намотанной на прямоугольный каркас длиной  $l = 3$  см и шириной  $b = 2$  см, подвешена на нити в магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл. По катушке течет ток  $I = 0,1$  мкА. Найти вращающий момент  $M$ , действующий на катушку гальванометра, если плоскость катушки составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с направлением магнитного поля.

5.155. Катушка гальванометра, состоящая из  $N = 600$  витков проволоки, подвешена на нити длиной  $l = 10$  см и диаметром  $d = 0,1$  мм в магнитном поле напряженностью  $H = 160$  кА/м так, что ее плоскость параллельна направлению магнитного поля. Длина рамки катушки  $a = 2,2$  см и ширина  $b = 1,9$  см. Какой ток  $I$  течет по обмотке катушки, если катушка повернулась на угол  $\varphi = 0,5^\circ$ ? Модуль сдвига материала нити  $G = 5,9$  ГПа.

5.156. Квадратная рамка подвешена на проволоке так, что направление магнитного поля составляет угол  $\alpha = 90^\circ$  с нормалью к плоскости рамки. Сторона рамки  $a = 1$  см. Магнитная индукция поля  $B = 13,7$  мТл. Если по рамке пропустить ток  $I = 1$  А, то она поворачивается на угол  $\varphi = 1^\circ$ . Найти модуль сдвига  $G$  материала проволоки. Длина проволоки  $l = 10$  см, радиус нити  $r = 0,1$  мм.

5.157. Круговой контур помещен в однородное магнитное поле так, что плоскость контура перпендикулярна к направлению магнитного поля. Напряженность магнитного поля  $H =$

150 кА/м. По контуру течет ток  $I = 2$  А. Радиус контура  $R = 2$  см. Какую работу  $A$  надо совершить, чтобы повернуть контур на угол  $\varphi = 90^\circ$  вокруг оси, совпадающей с диаметром контура?

5.158. В однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл помещена квадратная рамка площадью  $S = 25$  см<sup>2</sup>. Нормаль к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол  $60^\circ$ . Определите вращающий момент, действующий на рамку, если по ней течет ток  $I = 1$  А.

5.159. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,5$  Тл находится прямоугольная рамка длиной  $a = 8$  см и шириной  $b = 5$  см, содержащая  $N = 100$  витков тонкой проволоки. Ток в рамке  $I = 1$  А, а плоскость рамки параллельна линиям магнитной индукции. Определите: 1) магнитный момент рамки; 2) вращающий момент, действующий на рамку.

5.160. Принимая, что электрон в атоме водорода движется по круговой орбите, определить отношение магнитного момента  $p_m$  эквивалентного кругового тока к моменту импульса  $L$  орбитального движения электрона.

5.161. Напряженность  $H$  магнитного поля в центре кругового витка с магнитным моментом  $p_m = 1,5$  А·м<sup>2</sup> равна 150 А/м. Определите: 1) радиус витка; 2) силу тока в витке.

5.162. В однородное магнитное поле напряженностью  $H = 100$  кА/м помещена квадратная рамка со стороной  $a = 10$  см. Плоскость рамки составляет с направлением магнитного поля угол  $\alpha = 60^\circ$ . Определите магнитный поток, пронизывающий рамку.

5.163. В одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током  $I = 20$  А расположена квадратная рамка со стороной, длина которой  $a = 10$  см, причем две стороны рамки параллельны проводу, а расстояние от провода до ближайшей стороны рамки равно  $d = 5$  см. Определите магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий рамку.

5.164. Круглая рамка с током ( $S = 15$  см<sup>2</sup>) закреплена параллельно магнитному полю ( $B = 0,1$  Тл), и на неё действует вращающий момент  $M = 0,45$  мН·м. Рамку освободили, после поворота на  $90^\circ$  её угловая скорость стала  $\omega = 30$  с<sup>-1</sup>. Определить силу тока, текущего по рамке.

5.165. В однородное магнитное поле напряженностью  $H = 100$  кА/м помещена круговая рамка радиуса  $R = 10$  см. Плоскость рамки составляет с направлением магнитного поля угол  $\alpha = 60^\circ$ . Определите магнитный поток, пронизывающий рамку.

5.166. В одной плоскости с бесконечным прямолинейным проводом с током  $I = 20$  А расположена прямоугольная рамка длиной  $a = 8$  см и шириной  $b = 5$  см, короткие стороны рамки параллельны проводу, а расстояние от провода до ближайшей стороны рамки равно  $d = 5$  см. Определите магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий рамку.

5.167. Прямой провод длиной  $l = 20$  см с током  $I = 5$  А, находящийся в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл, расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определить работу сил поля, под действием которых проводник переместился на расстояние 2 см.

5.168. Квадратный проводящий контур со стороной  $l = 20$  см и током  $I = 10$  А свободно подвешен в однородном магнитном поле с магнитной индукцией  $B = 0,2$  Тл. Определите

работу, которую необходимо совершить, чтобы повернуть контур на  $180^\circ$  вокруг оси, перпендикулярной направлению магнитного поля.

5.169. В однородном магнитном поле с магнитной индукцией  $B = 0,2$  Тл находится квадратный проводящий контур со стороной  $l = 20$  см и током  $I = 10$  А. Плоскость квадрата составляет с направлением поля угол в  $30^\circ$ . Определите работу по удалению провода за пределы поля.

5.170. Круговой проводящий контур радиусом  $r = 5$  см и с током  $I = 1$  А находится в магнитном поле, причем плоскость контура перпендикулярна направлению поля. Напряженность поля равна  $10$  кА/м. Определите работу, которую необходимо совершить, чтобы повернуть контур на  $90^\circ$  вокруг оси, совпадающей с диаметром контура.

5.171. В однородном магнитном поле с магнитной индукцией  $B = 1$  Тл находится плоская катушка из  $100$  витков радиусом  $r = 10$  см, плоскость которой с направлением поля составляет угол  $\beta = 60^\circ$ . По катушке течет ток  $I = 10$  А. Определить: 1) вращающий момент, действующий на катушку; 2) работу по удалению этой катушки из магнитного поля.

5.172. Круглая рамка с током ( $S = 15$  см<sup>2</sup>) закреплена параллельно магнитному полю ( $B = 0,1$  Тл). Рамку повернули на  $180^\circ$ . Определить работу внешних сил.

5.173. Плоская прямоугольная катушка с числом витков  $200$  со сторонами  $10$  и  $5$  см находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,05$  Тл. Какой максимальный вращающий момент может действовать на катушку в этом поле, если сила тока в катушке  $2$  А?

#### Тема 4

5.174. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,01$  Тл находится прямой провод длиной  $l = 8$  см, расположенный перпендикулярно линиям индукции. По проводу течет ток  $I = 2$  А. Под действием сил поля провод переместился на расстояние  $s = 5$  см. Найти работу  $A$  сил поля.

5.175. Плоский контур, площадь  $S$  которого равна  $300 \text{ см}^2$ , находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,01$  Тл. Плоскость контура перпендикулярна линиям индукции. В контуре поддерживается неизменный ток  $I = 10$  А. Определить работу  $A$  внешних сил по перемещению контура с током в область пространства, магнитное поле в которой отсутствует.

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

5.177. По кольцу, сделанному из тонкого гибкого провода радиусом  $R = 10$  см, течет ток  $I = 100$  А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено магнитное поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл, по направлению совпадающему с индукцией  $B_1$  собственного магнитного поля кольца. Определить работу  $A$  внешних сил, которые, действуя на провод, деформировали его и придали ему форму квадрата. Сила тока при этом поддерживалась неизменной. Работой против упругих сил пренебречь. Перемещение проводника или контура с током в магнитном поле считать настолько медленным, что возникающими индукционными токами можно пренебречь.

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

5.179. Квадратная рамка со стороной  $a = 10$  см, по которой течет ток  $I = 200$  А, свободно установилась в однородном магнитном поле ( $B = 0,2$  Тл). Определить работу, которую необходимо совершить при повороте рамки вокруг оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной линиям магнитной индукции, на угол  $\theta = 2\pi/3$ .

5.180. Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на расстоянии  $d_1 = 10$  см друг от друга. По проводникам в одном направлении текут токи  $I_1 = 20$  А и  $I_2 = 30$  А. Какую работу  $A_i$ , надо совершить (на единицу проводников), чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния  $d_2 = 20$  см?

5.181. Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на некотором расстоянии друг от друга. По проводникам текут одинаковые токи в одном направлении. Найти токи  $I_1$  и  $I_2$ , текущие по каждому из проводников, если известно, что для того, что-

бы раздвинуть эти проводники на вдвое большее расстояние, пришлось совершить работу (на единицу длины проводников)  $A_l = 55 \text{ мкДж/м}$ .

5.182. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 1 \text{ Тл}$  находится квадратная рамка со стороной  $a = 10 \text{ см}$ , по которой течет ток  $I = 4 \text{ А}$ . Плоскость рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определите работу, которую необходимо затратить для поворота рамки относительно оси, проходящей через середины ее противоположных сторон: 1) на  $90^\circ$ ; 2) на  $180^\circ$ ; 3) на  $360^\circ$ .

5.183. Прямой провод длиной  $l = 2 \text{ м}$  с током  $I = 5 \text{ А}$ , находящийся в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1 \text{ Тл}$ , расположен перпендикулярно линиям магнитной индукции. Определить работу сил поля, под действием которых проводник переместился на расстояние  $20 \text{ см}$ .

5.184. Квадратный проводящий контур со стороной  $l = 20 \text{ см}$  и током  $I = 10 \text{ А}$  свободно подвешен в однородном магнитном поле с магнитной индукцией  $B = 0,2 \text{ Тл}$ . Определите работу, которую необходимо совершить, чтобы повернуть контур на  $90^\circ$  вокруг оси, перпендикулярной направлению магнитного поля.

5.185. В однородном магнитном поле с магнитной индукцией  $B = 0,2 \text{ Тл}$  находится квадратный проводящий контур со стороной  $l = 20 \text{ см}$  и током  $I = 10 \text{ А}$ . Плоскость квадрата составляет с направлением поля угол в  $60^\circ$ . Определите работу по удалению провода за пределы поля.

5.186. Круговой проводящий контур радиусом  $r = 5 \text{ см}$  и током  $I = 1 \text{ А}$  находится в магнитном поле, причем плоскость контура перпендикулярна направлению поля. Напряженность поля равна  $10 \text{ кА/м}$ . Определите работу, которую необходимо совершить, чтобы повернуть контур на  $1800^\circ$  вокруг оси, совпадающей с диаметром контура.

5.187. В однородном магнитном поле с магнитной индукцией  $B = 0,1 \text{ Тл}$  находится плоская катушка из 10 витков радиусом  $r = 1 \text{ см}$ , плоскость которой с направлением поля составляет угол  $\beta = 30^\circ$ . По катушке течет ток  $I = 10 \text{ А}$ . Определите: 1) вращающий момент, действующий на катушку; 2) работу для удаления этой катушки из магнитного поля.



## Тема 5

5.188. По длинному соленоиду ( $l = 1$  м) без сердечника, имеющему  $N = 10^3$  витков (см. рис.), течет ток  $I = 20$  А. Определить циркуляцию вектора магнитной индукции вдоль контуров, изображенных на рис. а, б.

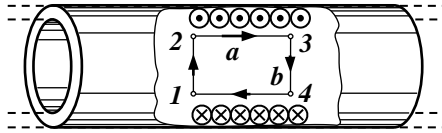


Рис. а

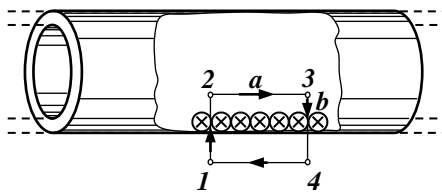


Рис. б

5.189. Вычислить циркуляцию вектора индукции вдоль контура, охватывающего токи  $I_1 = 10$  А,  $I_2 = 15$  А, текущие в одном направлении, и ток  $I_3 = 20$  А, текущий в противоположном направлении.

5.190. Диаметр  $D$  тороида без сердечника по средней линии равен 30 см. В сечении тороид имеет круг радиусом  $r = 5$  см. По обмотке тороида, содержащей  $N = 2000$  витков, течет ток  $I = 5$  А (см. рис). Пользуясь теоремой о циркуляции вектора  $B$ , определить максимальное и минимальное значение магнитной индукции  $B$  в тороиде.

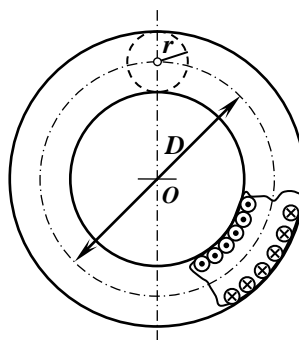


Рис. к зад. 5.190

5.191. Найти магнитный поток  $\Phi$ , создаваемый длинным соленоидом сечением  $S = 10$  см<sup>2</sup>, если он имеет  $n = 10$  витков на каждый сантиметр его длины при силе тока  $I = 20$  А.

5.192. Соленоид длиной  $l = 1$  м и сечением  $S = 16$  см<sup>2</sup> содержит  $N = 2000$  витков. Вычислить потокосцепление  $\Psi$  при силе тока  $I$  в обмотке 10 А.

5.193. Тороид квадратного сечения содержит  $N = 1000$  витков. Наружный диаметр  $D$  тороида равен 40 см, внутренний  $d = 20$  см. Найти магнитный поток  $\Phi$  в тороиде, если сила тока  $I$ , протекающего по обмотке, равна 10 А. *Указание.* Учесть, что магнитное поле тороида неоднородно.

5.194. Катушка длиной  $l = 30$  см имеет  $N = 1000$  витков. Найти напряженность  $H$  магнитного поля внутри катушки, если по катушке проходит ток  $I = 2$  А. Диаметр катушки считать малым по сравнению с ее длиной.

5.195. Обмотка катушки сделана из проволоки диаметром  $d = 0,8$  мм. Витки плотно прилегают друг к другу. Считая катушку достаточно длинной, найти напряженность  $H$  магнитного поля внутри катушки при токе  $I = 1$  А.

5.196. Из проволоки диаметром  $d = 1$  мм надо намотать соленоид, внутри которого должна быть напряженность магнитного поля  $H = 24$  кА/м. По проволоке можно пропускать предельный ток  $I = 6$  А. Из какого числа слоев будет состоять обмотка соленоида, если витки наматывать плотно друг к другу? Диаметр катушки считать малым по сравнению с ее длиной.

5.197. Требуется получить напряженность магнитного поля  $H = 1$  кА/м в соленоиде длиной  $l = 20$  см и диаметром  $D = 5$  см. Найти число ампер-витков  $IN$ , необходимое для этого соленоида, и разность потенциалов  $U$ , которую надо приложить к концам обмотки из медной проволоки диаметром  $d = 0,5$  мм. Считать поле соленоида однородным.

5.198. Найти напряженность  $H$  магнитного поля в точках оси соленоида, длина которого  $l = 3$  см и диаметр  $D = 2$  см. По соленоиду течет ток  $I = 2$  А. Катушка имеет  $N = 100$  витков. Составить таблицу значений  $H$  и построить график для значений  $x$  в интервале  $0 \leq x \leq 3$  см через каждые 0,5 см.

5.199. Сколько ампер-витков потребуется для того, чтобы внутри соленоида малого диаметра и длиной  $l = 30$  см объемная плотность энергии магнитного поля была равна  $\omega_0 = 1,75$  Дж/м<sup>3</sup>?

5.200. Магнитный поток сквозь соленоид (без сердечника)  $\Phi = 5$  мкВб. Найти магнитный момент  $p_m$  соленоида, если его длина  $l = 25$  см.

5.201. Определить циркуляцию вектора магнитной индукции по окружности, через центр которой перпендикулярно ее плоскости проходит бесконечно длинный прямолинейный провод, по которому течет ток  $I = 5$  А.

5.202. Определить циркуляцию вектора магнитной индукции для замкнутых контуров, изображенных на рисунке, если сила тока в обоих проводниках  $I = 2$  А.

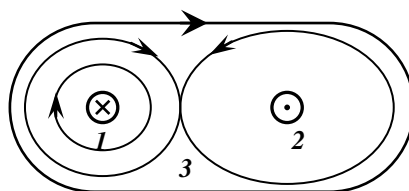


Рис. к зад. 5.202.

5.203. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток  $I = 10$  А. Определить, пользуясь теоремой о циркуляции вектора  $B$ , магнитную индукцию в точке, расположенной на расстоянии  $r = 10$  см от проводника.

5.204. Используя теорему о циркуляции вектора  $B$ , рассчитать магнитную индукцию поля внутри длинного соленоида (в вакууме), если число витков соленоида равно  $N$  и длина соленоида равна  $l$ .

5.205. Соленоид длиной  $l = 0,5$  м содержит  $N = 1000$  витков. Определите магнитную индукцию поля внутри соленоида, если сопротивление его обмотки  $R = 120$  Ом, а напряжение на ее концах  $U = 60$  В. Считать поле соленоида однородным.

5.206. В соленоиде длиной  $l = 0,4$  м и диаметром  $D = 5$  см создается магнитное поле, напряженность которого  $H = 1,5$  кА/м. Определить разность потенциалов  $U$  на концах обмотки, если для нее используется алюминиевая проволока ( $\rho = 26$  нОм·м) диаметром  $d = 1$  мм.

5.207. Определить, пользуясь теоремой о циркуляции вектора, индукцию  $B$  и напряженность  $H$  магнитного поля на оси тороида без сердечника, по обмотке которого, содержащей 200 витков, протекает ток 2 А. Внешний диаметр тороида равен 60 см, внутренний 40 см.

5.208. Определите магнитный поток через площадь поперечного сечения катушки (без сердечника), имеющей на каждом сантиметре длины  $n = 8$  витков. Радиус соленоида  $r = 2$  см, а сила тока в нем  $I = 2$  А. Считать поле соленоида однородным.

5.209. Поток магнитной индукции через площадь поперечного сечения соленоида (без сердечника) равен  $\Phi = 1$  мкВб. Длина соленоида  $l = 12,5$  см. Определите магнитный момент  $p_m$  этого соленоида. Считать поле соленоида однородным.

5.210. Определите силу тока в соленоиде без сердечника длиной 64 см, если он содержит 820 витков, а индукция магнитного поля вдоль оси  $1,2 \cdot 10^{-3}$  Тл. Считать поле соленоида однородным.

## Тема 6

**Общее указание.** При необходимости используйте график  $B(H)$  для железа, приведенный на рис 24.1

- 5.211. Определить намагниченность  $J$  тела при насыщении, если магнитный момент каждого атома равен магнетону Бора  $\mu_B$  и концентрация атомов  $6 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ .
- 5.212. Магнитная восприимчивость  $\chi$  марганца равна  $1,21 \cdot 10^{-4}$ . Вычислить намагниченность  $J$  марганца в магнитном поле напряженностью  $H = 100 \text{ кА/м}$ .
- 5.213. Висмутовый шарик радиусом  $R = 1 \text{ см}$  помещен в однородное магнитное поле ( $B_0 = 0,5 \text{ Тл}$ ). Определить магнитный момент  $p_m$  приобретенный шариком, если магнитная восприимчивость  $\chi$  висмута равна  $-1,5 \cdot 10^{-4}$ .
- 5.214. Кусок стали внесли в магнитное поле напряженностью  $H = 1600 \text{ А/м}$ . Определить намагниченность  $J$  стали.
- 5.215. Прямоугольный ферромагнитный брусок объемом  $V = 10 \text{ см}^3$  приобрел в магнитном поле напряженностью  $H = 800 \text{ А/м}$  магнитный момент  $p_m = 0,8 \text{ А} \cdot \text{м}^2$ . Определить магнитную проницаемость  $\mu$  ферромагнетика.
- 5.216. Вычислить среднее число  $\langle n \rangle$  магнетонов Бора, приходящихся на один атом железа, если при насыщении намагниченность железа равна  $1,84 \text{ МА/м}$ .
- 5.217. Железный сердечник находится в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 1 \text{ кА/м}$ . Определить индукцию  $B$  магнитного поля в сердечнике и магнитную проницаемость  $\mu$  железа.
- 5.218. Железный образец помещен в магнитное поле напряженностью  $H = 796 \text{ А/м}$ . Найти магнитную проницаемость  $\mu$  железа.
- 5.219. Принимая, что электрон в невозбужденном атоме водорода движется по круговой орбите радиусом  $r = 52,8 \text{ пм}$ , определите; 1) магнитный момент  $p_m$  эквивалентного кругового тока; 2) орбитальный механический момент  $L_e$  электрона. Исходя из полученных числовых значений, найдите гиромагнитное отношение орбитальных моментов, доказав, что оно совпадает со значением, определяемым универсальными постоянными.
- 5.220. В однородное магнитное поле вносится длинный вольфрамовый стержень (магнитная проницаемость вольфрама  $\mu = 1,0176$ ). Найдите, какая доля суммарного магнитного поля в этом стержне определяется молекулярными токами.
- 5.221. Напряженность однородного магнитного поля в платине равна  $5 \text{ А/м}$ . Определите магнитную индукцию поля, создаваемого молекулярными токами, если магнитная восприимчивость платины равна  $3,6 \cdot 10^{-4}$ .
- 5.222. По круговому контуру радиусом  $r = 40 \text{ см}$ , погруженному в жидкий кислород, течет ток  $I = 1 \text{ А}$ . Определите намагниченность в центре этого контура. Магнитная восприимчивость жидкого кислорода  $\chi = 3,4 \cdot 10^{-3}$ .

5.223. По обмотке соленоида индуктивностью  $L = 3$  мГн, находящегося в диамагнитной среде, течет ток  $I = 0,4$  А. Соленоид имеет длину  $l = 45$  см, площадь поперечного сечения  $S = 10$  см<sup>2</sup> и число витков  $N = 1000$ . Определите внутри соленоида: 1) магнитную индукцию; 2) намагниченность.

5.224. Соленоид, находящийся в диамагнитной среде, имеет длину  $l = 30$  см, площадь поперечного сечения  $S = 15$  см<sup>2</sup> и число витков  $N = 500$ . Индукция соленоида  $L = 1,5$  мГн, а сила тока, протекающего по нему,  $I = 1$  А. Определить: 1) магнитную индукцию внутри соленоида; 2) намагниченность внутри соленоида.

5.225. Индукция магнитного поля в железном стержне  $B = 1,2$  Тл. Определите для него намагниченность, если зависимость  $B(H)$  для данного сорта ферромагнетика представлена на рис. 24.1

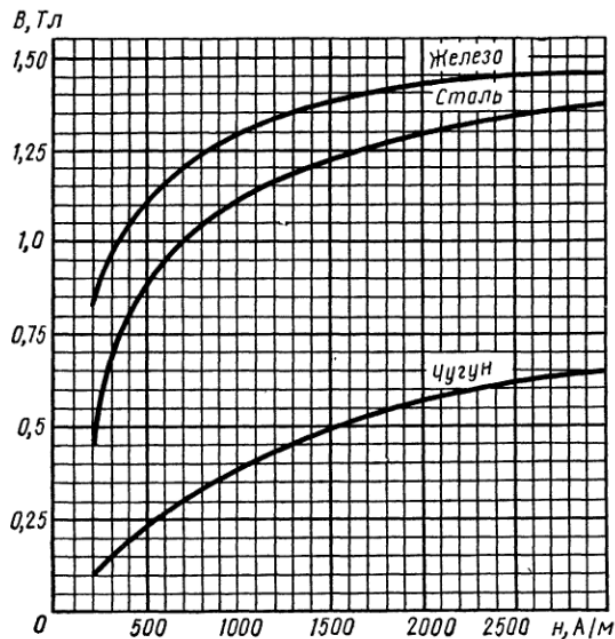


Рис. 24.1

## Тема 7

**Общее указание.** При необходимости используйте график  $B(H)$  для железа, приведенный на рис 24.1

5.226. На железное кольцо намотано в один слой  $N = 500$  витков провода. Средний диаметр  $d$  кольца равен 25 см. Определить магнитную индукцию  $B$  в железе и магнитную проницаемость  $\mu$  железа, если сила тока  $I$  в обмотке: 1) 0,5 А; 2) 2,5 А.

5.227. Замкнутый соленоид (тороид) с железным сердечником имеет  $n = 10$  витков на каждый сантиметр длины. По соленоиду течет ток  $I = 2$  А. Вычислить магнитный поток  $\Phi$  в сердечнике, если его сечение  $S = 4$  см<sup>2</sup>

5.228. Соленоид намотан на железное кольцо сечением  $S = 5$  см<sup>2</sup>. При силе тока  $I = 1$  А магнитный поток  $\Phi = 250$  мкВб. Определить число  $n$  витков соленоида, приходящихся на отрезок длиной 1 см по средней линии кольца.

5.229. Сколько ампер-витков потребуется для создания магнитного потока  $\Phi = 0,42$  мВб в соленоиде с железным сердечником длиной  $l = 120$  см и площадью поперечного сечения  $S = 3$  см<sup>2</sup>?

5.230. Найти магнитную индукцию  $B$  в замкнутом железном сердечнике тороида длиной  $l = 20,9$  см, если число ампер-витков обмотки тороида  $IN = 1500$  А·в. Какова магнитная проницаемость  $\mu$  материала сердечника при этих условиях?

5.231. Внутри соленоида длиной  $l = 25,1$  см и диаметром  $D = 2$  см помещен железный сердечник. Соленоид имеет  $N = 200$  витков. Построить для соленоида с сердечником график зависимости магнитного потока  $\Phi$  от тока  $I$  в интервале  $0 \leq I \leq 5$  А через каждый 1 А. По оси ординат откладывать  $\Phi$  (в  $10^{-4}$  Вб).

5.232. Через центр железного кольца перпендикулярно к его плоскости проходит длинный прямолинейный провод, по которому течет ток  $I = 25$  А. Кольцо имеет четырехугольное сечение (см. рис.), размеры которого  $l_1 = 18$  мм,  $l_2 = 22$  мм и  $h = 5$  мм. Считая приближённо, что в любой точке сечения кольца индукция одинакова и равна индукции на средней линии кольца, найти магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий площадь сечения кольца.

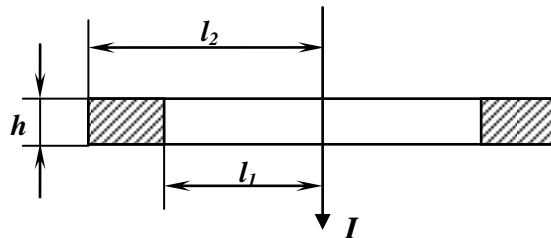


Рис.к зад. 5.232.

5.232. Найти магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий площадь сечения кольца предыдущей задачи, учитывая, что магнитное поле в различных точках сечения кольца различно. Значение  $\mu$  считать постоянным и найти его по графику кривой  $B = f(H)$  для значения  $H$  на средней линии кольца.

5.233. Замкнутый железный сердечник длиной  $l = 50$  см имеет обмотку из  $N = 1000$  витков. По обмотке течет ток  $I_1 = 1$  А. Какой ток  $I_2$  надо пустить через обмотку, чтобы при удалении сердечника индукция осталась прежней?

5.234. Внутри соленоида с числом витков  $N = 200$  с никелевым сердечником ( $\mu = 200$ ) напряженность однородного магнитного поля  $H = 10$  кА/м. Площадь поперечного сечения сердечника  $S = 10$  см<sup>2</sup>. Определите: 1) магнитную индукцию поля внутри соленоида; 2) потокосцепление.

5.235. По обмотке соленоида индуктивностью  $L = 5$  мГн, находящегося в диамагнитной среде, течет ток  $I = 0,5$  А. Соленоид имеет длину  $l = 50$  см, площадь поперечного сечения  $S = 10$  см<sup>2</sup> и число витков  $N = 500$ . Определите внутри соленоида: 1) магнитную индукцию; 2) намагниченность.

5.236. Соленоид, находящийся в диамагнитной среде, имеет длину  $l = 30$  см, площадь поперечного сечения  $S = 15$  см<sup>2</sup> и число витков  $N = 500$ . Индукция соленоида  $L = 1,5$  мГн, а сила тока, протекающего по нему,  $I = 1$  А. Определить: 1) магнитную индукцию внутри соленоида; 2) намагниченность внутри соленоида.

5.237. Железный сердечник длиной  $l = 0,5$  м малого сечения ( $d \ll l$ ) содержит 400 витков. Определить магнитную проницаемость железа при силе тока  $I = 1$  А.

5.238. Обмотка тороида с железным сердечником имеет  $N = 151$  виток. Средний радиус  $r$  тороида составляет 3 см. Сила тока  $I$  через обмотку равна 1 А. Определить для этих условий индукцию магнитного поля внутри тороида.

5.239. Обмотка тороида с железным сердечником имеет  $N = 151$  виток. Средний радиус  $r$  тороида составляет 3 см. Сила тока  $I$  через обмотку равна 1 А. Определить для этих условий намагниченность сердечника.

5.240. Обмотка тороида с железным сердечником имеет  $N = 151$  виток. Средний радиус  $r$  тороида составляет 3 см. Сила тока  $I$  через обмотку равна 1 А. Определить для этих условий магнитную проницаемость сердечника.

5.241. На рис., а, б качественно представлены гистерезисные петли для двух ферромагнетиков. Объясните, какой из приведенных ферромагнетиков применяется для изготовления сердечников трансформаторов и какой – для изготовления постоянных магнитов.

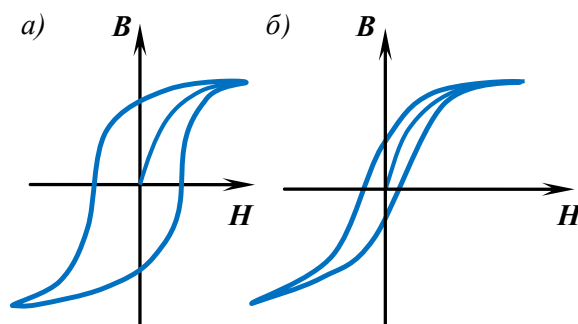


Рис. к зад. 5.241

## Тема 8

**Общее указание.** При необходимости используйте график  $B(H)$  для железа, приведенный на рис 24.1

5.242. Электромагнит изготовлен в виде тороида. Сердечник тороида со средним диаметром  $d = 51$  см имеет вакуумный зазор длиной  $l_0 = 2$  мм. Обмотка тороида равномерно распределена по всей его длине. Во сколько раз уменьшится индукция магнитного поля в зазоре, если, не изменяя силы тока в обмотке, зазор увеличить в  $n = 3$  раза? Рассеянием магнитного поля вблизи зазора пренебречь. Магнитную проницаемость  $\mu$  сердечника считать постоянной и принять равной 800.

5.243. В железном сердечнике соленоида индукция  $B = 1,3$  Тл. Железный сердечник заменили стальным. Определить, во сколько раз следует изменить силу тока в обмотке соленоида, чтобы индукция в сердечнике осталась неизменной.

5.244. Стальной сердечник тороида, длина  $l$  которого по средней линии равна 1 м, имеет вакуумный зазор длиной  $l_0 = 4$  мм. Обмотка содержит  $n = 8$  витков на 1 см. При какой силе тока  $I$  индукция  $B$  в зазоре будет равна 1 Тл?

5.245. Обмотка тороида со стальным сердечником, который имеет узкий вакуумный зазор, содержит 1000 витков. По обмотке течет ток 1 А. При какой длине вакуумного зазора индукция магнитного поля в нем будет равна 0,5 Тл? Длина тороида по средней линии равна 1 м.

5.246. Длина  $l$  чугунного тороида по средней линии равна 1,2 м, сечение  $S = 20$  см<sup>2</sup>. По обмотке тороида течет ток, создающий в узком вакуумном зазоре магнитный поток  $\Phi = 0,5$  мВб. Длина  $l_0$  зазора равна 8 мм. Какова должна быть длина зазора, чтобы магнитный поток в нем при той же силе тока увеличился в два раза?

5.247. Длина железного сердечника тороида  $l_1 = 2,5$  м, длина воздушного зазора  $l_2 = 1$  см. Число витков в обмотке тороида  $N = 1000$ . При токе  $I = 20$  А индукция магнитного поля в воздушном зазоре  $B = 1,6$  Тл. Найти магнитную проницаемость  $\mu$  железного сердечника при этих условиях. (Зависимость  $B$  от  $H$  для железа неизвестна).

5.248. Длина железного сердечника тороида  $l_1 = 1$  м, длина воздушного зазора  $l_2 = 1$  см. Площадь поперечного сечения сердечника  $S = 25$  см<sup>2</sup>. Сколько ампер-витков потребуется для создания магнитного потока  $\Phi = 1,4$  мВб, если магнитная проницаемость материала сердечника  $\mu = 800$ ? (Зависимость  $B$  от  $H$  для железа неизвестна).

5.249. Длина железного сердечника тороида  $l_1 = 1$  м, длина воздушного зазора  $l_2 = 3$  мм. Число витков в обмотке тороида  $N = 2000$ . Найти напряженность магнитного поля  $H_2$  в воздушном зазоре при токе  $I = 1$  А в обмотке тороида.

5.250. Длина железного сердечника  $l_1 = 50$  см, длина воздушного зазора  $l_2 = 2$  мм. Число ампер-витков в обмотке тороида  $IN = 2000$  А·в. Во сколько раз уменьшится напряженность магнитного поля в воздушном зазоре, если при том же числе ампер-витков увеличить длину воздушного зазора вдвое?

5.251. Железный сердечник длиной  $l_1 = 50,2$  см с воздушным зазором длиной  $l_2 = 0,1$  см имеет обмотку из  $N = 20$  витков. Какой ток  $I$  должен протекать по этой обмотке, чтобы в зазоре получить индукцию  $B_2 = 1,2$  Тл?



5.252. Железное кольцо диаметром  $D = 11,4$  см имеет обмотку из  $N = 200$  витков, по которой течет ток  $I_1 = 5$  А. Какой ток  $I_2$  должен проходить через обмотку, чтобы индукция в сердечнике осталась прежней, если в кольце сделать зазор шириной  $b = 1$  мм? Найти магнитную проницаемость  $\mu$  материала сердечника при этих условиях.

5.253. Между полюсами электромагнита требуется создать магнитное поле с индукцией  $B = 1,4$  Тл. Длина железного сердечника  $l_1 = 40$  см, длина межполюсного пространства  $l_2 = 1$  см, диаметр сердечника  $D = 5$  см. Какую Э.Д.С.  $\xi$  а надо взять для питания обмотки электромагнита, чтобы получить требуемое магнитное поле, используя медную проволоку площадью поперечного сечения  $S = 1$  мм<sup>2</sup>?

5.254. На железном сердечнике в виде тора со средним диаметром  $d = 70$  мм намотана обмотка с общим числом витков  $N = 600$ . В сердечнике сделана узкая поперечная прорезь шириной  $b = 1,5$  мм (см. рис. ). Магнитная проницаемость железа для данных условий  $\mu = 500$ . Определить при силе тока через обмотку  $I = 4$  напряженность  $H$  магнитного поля в железе.

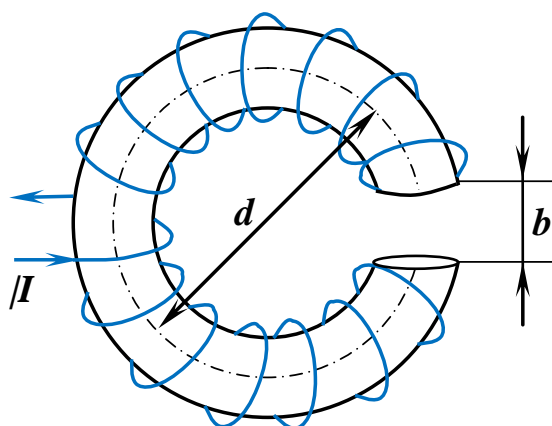


Рис. к зад. 5.253-5.254

5.255. На железном сердечнике в виде тора со средним диаметром  $d = 70$  мм намотана обмотка с общим числом витков  $N = 600$ . В сердечнике сделана узкая поперечная прорезь шириной  $b = 1,5$  мм. Магнитная проницаемость железа для данных условий  $\mu = 500$ . Определить при силе тока через обмотку  $I = 4$  А, напряженность  $H_0$  магнитного поля в прорези.

5.256. На железном сердечнике в виде тора со средним диаметром  $d = 70$  мм намотана обмотка с общим числом витков  $N = 600$ . В сердечнике сделана узкая поперечная прорезь шириной  $b = 1,5$  мм (см. рис.). При силе тока через обмотку  $I = 4$  А магнитная индукция в прорези  $B_0 = 1,5$  Тл. Пренебрегая рассеянием поля на краях прорези, определите магнитную проницаемость железа для данных условий.

## Тема 9

**Общее указание.** При необходимости используйте график  $B(H)$  для железа, приведенный на рис 24.1

5.257. Магнитный поток  $\Phi = 40$  мВб пронизывает замкнутый контур. Определить среднее значение ЭДС индукции  $\langle \varepsilon_i \rangle$ , возникающей в контуре, если магнитный поток изменится до нуля за время  $\Delta t = 2$  мс.

5.258. Прямой провод длиной  $l = 40$  см движется в однородном магнитном поле со скоростью  $v = 5$  м/с перпендикулярно линиям индукции. Разность потенциалов  $U$  между концами провода равна 0,6 В. Вычислить индукцию  $B$  магнитного поля.

5.259. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл находится прямой провод длиной  $l = 20$  см, концы которого замкнуты вне поля. Сопротивление  $R$  всей цепи равно 0,1 Ом. Найти силу  $F$ , которую нужно приложить к проводу, чтобы перемещать его перпендикулярно линиям индукции со скоростью  $v = 2,5$  м/с.

5.260. Прямой провод длиной  $l = 10$  см помещен в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 1$  Тл. Концы его замкнуты гибким проводом, находящимся вне поля. Сопротивление  $R$  всей цепи равно 0,4 Ом. Какая мощность  $P$  потребуется для того, чтобы двигать провод перпендикулярно линиям индукции со скоростью  $v = 20$  м/с?

5.261. К источнику тока с ЭДС  $\xi = 0,5$  В и ничтожно малым внутренним сопротивлением присоединены два металлических стержня, расположенные горизонтально и параллельно друг другу. Расстояние  $l$  между стержнями равно 20 см. Стержни находятся в однородном магнитном поле, направленном вертикально. Магнитная индукция  $B = 1,5$  Тл. По стержням под действием сил поля скользит со скоростью  $v = 1$  м/с прямолинейный провод сопротивлением  $R = 0,02$  Ом. Сопротивление стержней пренебрежимо мало. Определить: 1) ЭДС индукции  $\xi_i$ , 2) силу  $F$ , действующую на провод со стороны поля; 3) силу тока  $I$  в цепи; 4) мощность  $P_1$ , расходуемую на движение провода; 5) мощность  $P_2$ , расходуемую на нагревание провода; 6) мощность  $P_3$ , отдаваемую в цепь источника тока.

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

5.263. Рамка площадью  $S = 200$  см<sup>2</sup> равномерно вращается с частотой  $n = 10$  с<sup>-1</sup> относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля ( $B = 0,2$  Тл). Каково среднее значение ЭДС индукции  $\langle \xi_i \rangle$  за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения?

5.264. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,35$  Тл равномерно с частотой  $n = 480$  мин<sup>-1</sup> вращается рамка, содержащая  $N = 500$  витков площадью  $S = 50$  см<sup>2</sup>. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определить максимальную ЭДС индукции  $\xi_{max}$ , возникающую в рамке.

5.265. Рамка площадью  $S = 100$  см<sup>2</sup> содержит  $N = 10^3$  витков провода сопротивлением  $R_1 = 12$  Ом. К концам обмотки подключено внешнее сопротивление  $R_2 = 20$  Ом. Рамка равномерно вращается в однородном магнитном поле ( $B = 0,1$  Тл) с частотой  $n = 8$  с<sup>-1</sup>. Определить максимальную мощность  $P_{max}$  переменного тока в цепи.

5.266. Магнитная индукция  $B$  поля между полюсами двухполюсного генератора равна  $0,8$  Тл. Рамка имеет  $N = 100$  витков площадью  $S = 400$  см<sup>2</sup>. Определить частоту  $n$  вращения рамки, если максимальное значение ЭДС индукции  $\xi_i = 200$  В.

5.267. Короткая катушка, содержащая  $N = 1000$  витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,04$  Тл с угловой скоростью  $\omega = 5$  рад/с относительно оси, совпадающей с диаметром катушки и перпендикулярной линиям индукции поля. Определить мгновенное значение ЭДС индукции  $\xi_i$  для тех моментов времени, когда плоскость катушки составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  линиями индукции поля. Площадь  $S$  катушки равна  $100$  см<sup>2</sup>.

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

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

5.270. В проволочное кольцо, присоединенное к баллистическому гальванометру, вставили прямой магнит. По цепи протекло количество электричества  $Q = 10$  мкКл. Определить магнитный поток  $\Phi$ , пересеченный кольцом, если сопротивление  $R$  цепи гальванометра равно  $30$  Ом.

5.271. Между полюсами электромагнита помещена катушка, соединенная с баллистическим гальванометром. Ось катушки параллельна линиям индукции. Катушка сопротивлением  $R_1 = 4$  Ом имеет  $N = 15$  витков площадью  $S = 2$  см<sup>2</sup>. Сопротивление  $R_2$  гальванометра равно  $46$  Ом. Когда ток в обмотке электромагнита выключили, по цепи гальванометра протекло количество электричества  $Q = 90$  мкКл. Вычислить магнитную индукцию  $B$  поля электромагнита.

5.272. Рамка из провода сопротивлением  $R = 0,01$  Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,05$  Тл. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Площадь  $S$  рамки равна  $100$  см<sup>2</sup>. Найти, какое количест-

во электричества  $Q$  протечет через рамку за время поворота ее на угол  $\alpha = 30^\circ$  в случае от  $\alpha_0 = 0^\circ$  до  $\alpha_1 = 30^\circ$ .

5.273. Тонкий медный провод массой  $m = 1$  г согнут в виде квадрата, и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле ( $B = 0,1$  Тл) так, что плоскость его перпендикулярна линиям индукции поля. Определить количество электричества  $Q$ , которое протечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

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

5.275. По длинному прямому проводу течет ток. Вблизи провода расположена квадратная рамка из тонкого провода сопротивлением  $R = 0,02$  Ом. Провод лежит в плоскости рамки и параллелен двум ее сторонам, расстояния до которых от провода соответственно равны  $a_1 = 10$  см,  $a_2 = 20$  см. Найти силу тока  $I$  в проводе, если при его включении через рамку протекло количество электричества  $Q = 693$  мкКл.

5.276. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл движется проводник длиной  $l = 10$  см. Скорость движения проводника  $v = 15$  м/с и направлена перпендикулярно к магнитному полю. Найти индуцированную в проводнике ЭДС  $\xi$ .

5.277. Катушка диаметром  $D = 10$  см, состоящая из  $N = 500$  витков проволоки, находится в магнитном поле. Найти среднюю ЭДС индукции  $\xi_{cp}$ , возникающую в этой катушке, если индукция магнитного поля увеличивается в течение времени  $t = 0,1$  с от 0 до 2 Тл.

5.278. Скорость самолета с реактивным двигателем  $v = 950$  км/ч. Найти ЭДС индукции  $\xi$ , возникающую на концах крыльев такого самолета, если вертикальная составляющая напряженности земного магнитного поля  $H_g = 39,8$  А/м и размах крыльев самолета  $l = 12,5$  м.

5.279. В магнитном поле, индукция которого  $B = 0,5$  Тл, вращается стержень длиной  $l = 2$  м с угловой скоростью  $\omega = 10$  рад/с. Ось вращения проходит через конец стержня и параллельна магнитному полю. Найти ЭДС индукции  $\xi$ , возникающую на концах стержня.

5.280. Круговой проволочный виток площадью  $S = 0,01$  м<sup>2</sup> находится в однородном магнитном поле, индукция которого  $B = 1$  Тл. Плоскость витка перпендикулярна к направлению магнитного поля. Найти среднюю ЭДС индукции  $\xi_{cp}$ , возникающую в витке при включении поля в течение времени  $t = 10$  мс.

5.281. В однородном магнитном поле, индукция которого  $B = 0,1$  Тл, равномерно вращается катушка, состоящая из  $N = 100$  витков проволоки. Частота вращения катушки  $n = 5\text{с}^{-1}$ , площадь поперечного сечения катушки  $S = 0,01$  м<sup>2</sup>. Ось вращения перпендикулярна к оси катушки и направлению магнитного поля. Найти максимальную ЭДС индукции  $\xi_{\text{max}}$  во вращающейся катушке.

5.282. В однородном магнитном поле, индукция которого  $B = 0,8$  Тл, равномерно вращается рамка с угловой скоростью  $\omega = 15$  рад/с. Площадь рамки  $S = 150$  см<sup>2</sup>. Ось вращения находится в плоскости рамки и составляет угол  $\alpha = 30^\circ$  с направлением магнитного поля. Найти максимальную ЭДС индукции  $\xi_{\text{max}}$  во вращающейся рамке.

5.283. Горизонтальный стержень длиной  $l = 1$  м вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. Ось вращения параллельна магнитному полю, индукция которого  $B = 50$  мкТл. При какой частоте вращения  $n$  стержня разность потенциалов на концах этого стержня  $U = 1$  мВ?

5.284. На соленоид длиной  $l = 20$  см и площадью поперечного сечения  $S = 30$  см<sup>2</sup> надет проволочный виток. Обмотка соленоида имеет  $N = 320$  витков, и по нему идет ток  $I = 3$  А. Какая средняя ЭДС  $\xi_{\text{cp}}$  индуцируется в надетом на соленоид витке, когда ток в соленоиде выключается в течение времени  $t = 1$  мс?

5.285. Какая средняя ЭДС  $\xi_{\text{cp}}$  индуцируется в витке, если соленоид, рассмотренный в предыдущей задаче, имеет железный сердечник?

5.286. На соленоид длиной  $l = 144$  см и диаметром  $D = 5$  см надет проволочный виток. Обмотка соленоида имеет  $N = 2000$  витков, и по ней течет ток  $I = 2$  А. Соленоид имеет железный сердечник. Какая средняя ЭДС  $\xi_{\text{cp}}$  индуцируется в надетом на соленоид витке, когда ток в соленоиде выключается в течение времени  $t = 2$  мс?

5.287. В однородном магнитном поле, индукция которого  $B = 0,1$  Тл, вращается катушка, состоящая из  $N = 200$  витков. Ось вращения катушки перпендикулярна к ее оси и к направлению магнитного поля. Период обращения катушки  $T = 0,2$  с, площадь поперечного сечения  $S = 4$  см<sup>2</sup>. Найти максимальную ЭДС индукции  $\xi_{\text{max}}$  во вращающейся катушке.

5.288. В магнитном поле, индукция которого  $B = 0,1$  Тл, помещена квадратная рамка из медной проволоки. Площадь поперечного сечения проволоки  $s = 1$  мм<sup>2</sup>, площадь рамки  $S = 25$  см<sup>2</sup>. Нормаль к плоскости рамки параллельна магнитному полю. Какое количество электричества  $q$  пройдет по контуру рамки при исчезновении магнитного поля?

5.289. В магнитном поле, индукция которого  $B = 0,05$  Тл, помещена катушка, состоящая из  $N = 200$  витков проволоки. Сопротивление катушки  $R = 40$  Ом, площадь поперечного сечения  $S = 12$  см<sup>2</sup>. Катушка помещена так, что ее ось составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с направлением магнитного поля. Какое количество электричества  $q$  пройдет по катушке при исчезновении магнитного поля?

5.290. Круговой контур радиусом  $r = 2$  см помещен в однородное магнитное поле, индукция которого  $B = 0,2$  Тл. Плоскость контура перпендикулярна к направлению магнитного поля. Сопротивление контура  $R = 1$  Ом. Какое количество электричества  $q$  пройдет через катушку при повороте ее на угол  $\alpha = 90^\circ$ ?

5.291. Для измерения индукции магнитного поля между полюсами электромагнита помещена катушка, состоящая из  $N = 50$  витков проволоки и соединенная с баллистическим гальванометром. Ось катушки параллельна направлению магнитного поля. Площадь поперечного сечения катушки  $S = 2$  см<sup>2</sup>. Сопротивление гальванометра  $R = 2$  кОм; его баллистическая постоянная  $C = 2 \cdot 10^{-8}$  Кл/дел. При быстром выдергивании катушки из магнитного поля гальванометр дает отброс, равный 50 делениям шкалы. Найти индукцию  $B$  магнитного поля. Сопротивлением катушки по сравнению с сопротивлением баллистического гальванометра пренебречь.

5.292. Соленоид диаметром  $d = 4$  см, имеющий  $N = 500$  витков, помещен в магнитное поле, индукция которого изменяется со скоростью  $1$  мТл/с. Ось соленоида составляет с вектором магнитной индукции угол  $\alpha = 45^\circ$ . Определите ЭДС индукции, возникающей в соленоиде.

5.293. В магнитное поле, изменяющееся по закону  $B = B_0 \cos \omega t$  ( $B_0 = 0,1$  Тл,  $\omega = 4$  с<sup>-1</sup>), помещена квадратная рамка со стороной  $a = 50$  см, причем нормаль к рамке образует с направлением поля угол  $\alpha = 45^\circ$ . Определите ЭДС индукции, возникающую в рамке в момент времени  $t = 5$  с.

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

5.295. Плоскость проволочного витка площадью  $S = 100$  см<sup>2</sup> и сопротивлением  $R = 5$  Ом, находящегося в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 10$  кА/м, перпендикулярна линиям магнитной индукции. При повороте витка в магнитном поле отсчет гальванометра, замкнутого на виток, составляет  $Q = 12,6$  мКл. Определите угол поворота витка.

5.296. В однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,3$  Тл помещена прямоугольная рамка с подвижной стороной, длина которой  $l = 15$  см. Определите ЭДС индукции, возникающей в рамке, если ее подвижная сторона перемещается перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $v = 10$  м/с.

5.297. Две гладкие замкнутые металлические шины, расстояние между которыми равно 30 см, со скользящей перемычкой, которая может двигаться без трения, находятся в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл, перпендикулярном плоскости контура (см. рис.). Перемычка массой  $m = 5$  г скользит вниз с постоянной скоростью  $v = 0,5$  м/с. Определите сопротивление перемычки, пренебрегая самоиндукцией контура и сопротивлением остальной части контура.

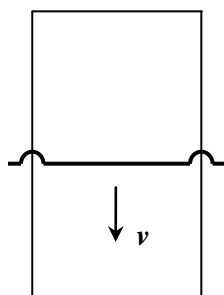


Рис. к зад. 5.297

5.298. В катушке длиной  $l = 0,5$  м, диаметром  $d = 5$  см и числом витков  $N = 1500$  ток равномерно увеличивается на  $0,2$  А за одну секунду. На катушку надето кольцо из медной проволоки ( $\rho = 17$  нОм·м) площадью сечения  $S_k = 3$  мм<sup>2</sup>. Определите силу тока в кольце.

5.299. Катушка диаметром  $d = 2$  см, содержащая один слой плотно прилегающих друг к другу  $N = 500$  витков алюминиевого провода сечением  $S = 1$  мм<sup>2</sup>, помещена в магнитное поле. Ось катушки параллельна линиям индукции. Магнитная индукция поля равномерно изменяется со скоростью  $1$  мТл/с. Определите тепловую мощность, выделяющуюся в катушке, если ее концы замкнуть накоротко. Удельное сопротивление алюминия  $\rho = 26$  нОм·м.

5.300. В однородном магнитном поле ( $B = 0,1$  Тл) вращается с постоянной угловой скоростью  $\omega = 50$  с<sup>-1</sup> вокруг вертикальной оси горизонтальный стержень длиной  $l = 0,4$  м. Определить Э.Д.С. индукции, возникающей в стержне, если ось вращения проходит через конец стержня параллельно линиям магнитной индукции.

5.301. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,02$  Тл равномерно вращается вокруг вертикальной оси горизонтальный стержень длиной  $l = 0,5$  м. Ось вращения проходит через конец стержня параллельно линиям магнитной индукции. Определите число оборотов в секунду, при котором на концах стержня возникает разность потенциалов  $U = 0,1$  В.

5.302. В однородном магнитном поле ( $B = 0,2$  Тл) равномерно с частотой  $n = 600$  мин<sup>-1</sup> вращается рамка, содержащая  $N = 1200$  витков, плотно прилегающих друг к другу. Площадь рамки  $S = 100$  см<sup>2</sup>. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определите максимальную ЭДС, индуцируемую в рамке.

5.303. Магнитная индукция  $B$  поля между полюсами двухполюсного генератора равна  $1$  Тл. Рамка имеет  $140$  витков (площадь каждого витка  $S = 500$  см<sup>2</sup>). Определите частоту вращения рамки, если максимальное значение ЭДС индукции равно  $220$  В.

5.304. В однородном магнитном поле ( $B = 0,2$  Тл) равномерно вращается прямоугольная рамка, содержащая  $N = 200$  витков, плотно прилегающих друг к другу. Площадь рамки  $S = 100$  см<sup>2</sup>. Определите частоту вращения рамки, если максимальная ЭДС, индуцируемая в ней,  $(\xi_i)_{\text{макс}} = 12,6$  В.

5.305. В однородном магнитном поле равномерно вращается прямоугольная рамка с частотой  $n = 600$  мин<sup>-1</sup>. Амплитуда индуцируемой в рамке ЭДС  $\xi_0 = 3$  В. Определите максимальный магнитный поток через рамку.

5.306. Однослойная катушка диаметром  $D = 5$  см помещена в однородное магнитное поле, параллельное ее оси. Индукция поля равномерно изменяется со скоростью  $\Delta B/\Delta t = 10^{-2}$

Тл/с. Катушка содержит  $n = 1000$  витков медной проволоки ( $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м) сечением  $S = 0,2$  мм<sup>2</sup>. К концам катушки подключен конденсатор емкостью 10 мкФ. Определить заряд на нём.

5.307. Однородное магнитное поле с индукцией  $B$  перпендикулярно к плоскости медного кольца ( $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м), имеющего диаметр  $D = 20$  см и толщину  $d = 2$  мм. С какой скоростью должна изменяться во времени магнитная индукция  $B$ , чтобы индукционный ток в кольце равнялся 10 А?

5.308. Проводник длиной  $l = 1$  м движется со скоростью  $v = 5$  м/с перпендикулярно к линиям индукции однородного магнитного поля. Определить величину индукции магнитного поля, если на концах проводника возникает разность потенциалов 0,02 В.

5.309. В однородном магнитном поле расположен виток, площадь которого равна  $S = 50$  см<sup>2</sup>. Перпендикуляр к плоскости витка составляет с направлением магнитного поля угол, равный  $\alpha = 60^\circ$ . Чему равна Э.Д.С. индукции  $\varepsilon_{\text{инд}}$ , возникающей в витке при выключении поля, если начальная индукция магнитного поля  $B = 0,2$  Тл, и оно спадает до нуля по линейному закону за время  $\Delta t = 0,02$  с?

5.310. Определить изменение магнитного потока  $\Delta\Phi$  через катушку, если она имеет  $n = 2000$  витков и за время  $t = 0,01$  с возникает Э.Д.С. индукции  $\varepsilon_{\text{инд}} = 200$  В.

5.311. Кусок провода длиной  $l = 2$  м складывается вдвое и его концы замыкаются. Затем провод растягивается в квадрат так, что плоскость квадрата перпендикулярна горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли  $B_{\text{гор}} = 2 \cdot 10^{-5}$  Тл. Какое количество электричества пройдёт через контур, если его сопротивление  $R = 1$  Ом?

5.312. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл расположен плоский проводочный виток, площадь которого  $S = 10^3$  см<sup>2</sup>, а сопротивление  $R = 2$  Ом, таким образом, что его плоскость перпендикулярна силовым линиям. Виток замкнут на гальванометр. Полный заряд, протекший через гальванометр при повороте витка,  $q = 7,5 \cdot 10^{-3}$  Кл. На какой угол повернули виток?

5.313. Длина подвижного проводника АВ равна  $l$ . Его сопротивление  $R$  (см. рис.). Сопротивление неподвижного проводника, по которому скользит проводник АВ, пренебрежимо мало. Перпендикулярно плоскости проводников приложено магнитное поле  $B$ . Какую силу  $F$  нужно приложить к проводнику АВ, для того чтобы он двигался с постоянной скоростью  $v$ ? Система находится в горизонтальной плоскости.

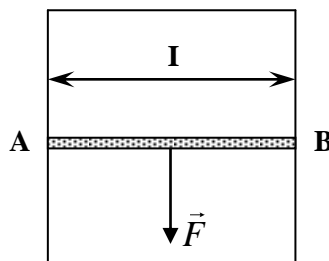


Рис. к зад. 5.313

5.314. Два металлических стержня расположены вертикально и замкнуты сверху проводником. По этим стержням без трения и нарушения контакта скользит перемычка длиной  $l = 0,5$  см и массой  $m = 1$  г. Вся система находится в однородном магнитном поле с индук-



цией  $B = 10^{-2}$  Тл, перпендикулярной плоскости рамки. Установившаяся скорость  $v = 1$  м/с. Найти сопротивление переключки. Сопротивлением стержней и провода пренебречь.

5.315. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл перпендикулярно полю движется проводник длиной 2 м. Какая ЭДС наводится в проводнике к моменту, когда он переместится на 30 см? Начальная скорость проводника 4 м/с, ускорение  $15$  м/с<sup>2</sup>.

5.316. Прямоугольная проволочная рамка со стороной  $L$  находится в магнитном поле с индукцией  $B$ , перпендикулярном к плоскости рамки. По рамке без нарушения контакта скользит с постоянной скоростью  $V$  переключка  $ab$  сопротивлением  $R$ . Определите ток через переключку. Сопротивлением остальных частей рамки пренебречь.

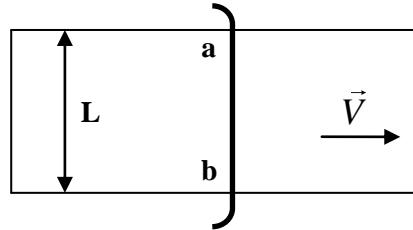


Рис. к зад. 5.316

5.317. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 10^{-2}$  Тл расположены вертикально на расстоянии  $L = 50$  см два металлических прута, замкнутых наверху. Плоскость, в которой расположены прутья, перпендикулярна к направлению индукции магнитного поля. По прутьям без трения и без нарушения контакта скользит вниз с постоянной скоростью  $V = 1$  м/с переключка  $ab$  массой  $m = 1$  кг. Определите сопротивление  $R$  переключки, сопротивлением остальной части пренебречь.

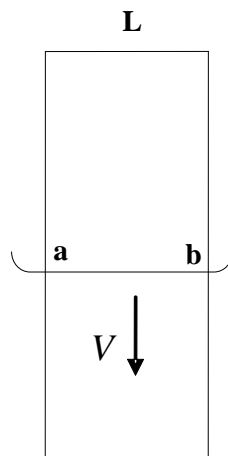


Рис. к зад. 5.317

5.318. Плоскость прямоугольной проволочной рамки ( $abcd$ ) перпендикулярна индукции магнитного поля  $B = 10^{-3}$  Тл. Сторона рамки  $bc$  длиной  $l = 1$  см может скользить без нарушения контакта с постоянной скоростью 10 см/с по сторонам  $ab$  и  $dc$ . Между точками  $a$  и  $d$  включена лампочка сопротивлением  $R = 5$  Ом. Какую силу нужно приложить к стороне  $bc$  для осуществления такого движения? Сопротивлением остальной части рамки пренебречь.

5.319. Проволочное кольцо радиусом  $R = 20$  см и сопротивлением 10 Ом лежит на столе. Какой заряд пройдет по кольцу, если его перевернуть с одной стороны на другую? Вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли  $5 \cdot 10^{-5}$  Тл.

5.320. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 10^{-2}$  Тл находится плоский виток площадью  $S = 10$  см<sup>2</sup>, расположенный перпендикулярно индукции  $B$ . Сопротивлением витка 5 Ом. Какой ток потечет по витку, если поле исчезает с постоянной скоростью за 2 с?

5.321. Замкнутый проводник сопротивлением 3 Ом находится в магнитном поле. В результате изменения индукции магнитного поля поток через проводник возрос от  $2 \cdot 10^{-4}$  Вб до  $5 \cdot 10^{-4}$  Вб. Какой заряд прошёл через поперечное сечение проводника?

5.322. замкнутая накоротко катушка диаметром 10 см, имеющая 400 витков, находится в магнитном поле, индукция которого увеличивается от 2 до 6 Тл за 0,1 с. Определите мощность джоулевых потерь в катушке, если она изготовлена из медного провода диаметром 1 см. Плоскостью витков перпендикулярна силовым линиям поля. Уд. сопротивление меди  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м.

5.323. Проволочный виток, имеющий площадь 100 см<sup>2</sup>, разрезан в некоторой точке и в разрез включен конденсатор емкости  $C = 10$  мкФ. Виток помещен в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны плоскости витка. Индукция магнитного поля равномерно распределяется во времени со скоростью  $\Delta B/\Delta t = 5 \cdot 10^{-3}$  Тл/с. Определите заряд конденсатора, пренебрегая индуктивностью витка.

5.324. В однородном магнитном поле с индукцией 0,1 Тл расположен плоский проволочный виток площадью  $10^3$  см<sup>2</sup> и сопротивлением 2 Ом таким образом, что его плоскость перпендикулярна линиям индукции. Виток замкнут на гальванометр. Полный заряд, протекающий через гальванометр при повороте витка, равен  $7,5 \cdot 10^{-3}$  Кл. На какой угол повернули виток?

5.325. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,05$  Тл расположен плоский проволочный виток так, что его плоскость перпендикулярна магнитному полю. Площадь, охватываемая контуром витка, равна 20 см<sup>2</sup>. Виток замкнут на гальванометр. При повороте витка на угол  $90^\circ$  через гальванометр проходит заряд  $q = 0,02$  Кл. Найдите сопротивление витка.

5.326. Из проволоки, единица длины которой имеет сопротивление  $\rho$ , сделан плоский замкнутый контур, состоящий из двух квадратов площадью  $S_1$  и  $S_2$ . Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ , направленной перпендикулярно плоскости контура. Какой заряд потечет через поперечное сечение провода при равномерном уменьшении индукции поля до нуля?

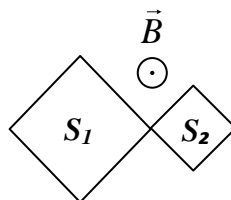


Рис. к зад. 5.326

5.327. Из проволоки длиной  $L$ , единица длины которой имеет сопротивление  $\rho$ , сделан плоский замкнутый контур, состоящий из двух квадратов, отношение длин сторон которых равно  $N$ . Контур находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ , направленной перпендикулярно плоскости контура. Какой заряд протечет через поперечное сечение провода при равномерном уменьшении индукции поля до нуля?

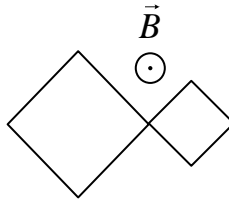


Рис. к зад. 5.327

5.328. В горизонтальном магнитном поле с индукцией  $B$  с постоянной скоростью  $v$  движется проводник длиной  $l$ . Определить напряжение  $U$ , возникающее на концах проводника, если вектор скорости  $v$  лежит в горизонтальной плоскости и составляет угол  $\alpha$  с направлением вектора магнитной индукции, а проводник наклонен под углом  $\beta$  к вертикали.

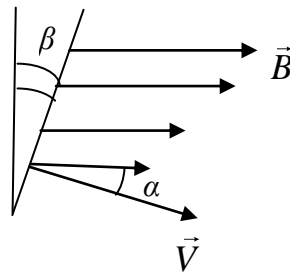


Рис. к зад. 5.328

5.329. Замкнутый проволочный контур в форме квадрата со стороной  $a$  помещен в однородное магнитное поле, вектор индукции  $B$  которого составляет угол  $\alpha$  с направлением вектора нормали к контуру. Найти ток  $I$  через контур, если модуль вектора индукции магнитного поля изменяется по закону  $B=B_0(1+\beta t)$ . Какова будет разность потенциалов  $\Delta\varphi$  между двумя любыми точками контура? Сопротивление контура  $R$ .

5.330. Рамка из проволоки, в которую вмонтирован конденсатор, пронизывается перпендикулярно ее плоскости однородным магнитным полем. Индукция изменяется по закону  $B=B_0+at$ , где  $B_0=0,1$  Тл,  $a=0,02$  Тл/с. Определить энергию  $W$  заряженного конденсатора, если его емкость  $C=4$  мкФ, площадь рамки  $S=50$  см<sup>2</sup>.

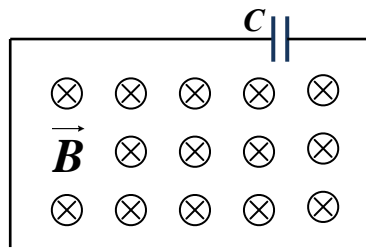


Рис. к зад. 5.330

5.331. Замкнутый проводник сопротивлением  $R=30$  Ом находится во внешнем магнитном поле, причем поток магнитной индукции, пронизываемый образованный проводником контур, равномерно возрастает с  $\Phi_1=2\cdot 10^{-4}$  Вб до  $\Phi_2=5\cdot 10^{-4}$  Вб. Определить заряд  $q$ , который пройдет при этом через сечение проводника.

5.332. Плоский замкнутый металлический контур площадью  $S_0=10$  см<sup>2</sup> деформируется в однородном магнитном поле, индукция которого  $B=10^{-2}$  Тл. Площадь контура за время  $t$

= 2 с равномерно уменьшается до  $S_k = 2 \text{ см}^2$  (плоскость контура при этом остается перпендикулярной магнитному полю). Определить силу тока  $I$ , протекающего по контуру в течение времени  $t$ , если сопротивление контура  $R = 1 \text{ Ом}$ .

5.333. В однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,05 \text{ Тл}$  находится проволочный контур площадью  $S = 20 \text{ см}^2$ , плоскость которого перпендикулярна магнитному полю. Контур присоединен к баллистическому гальванометру. При повороте контур в положение, когда его плоскость параллельна магнитному полю, через гальванометр проходит заряд  $q = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$ . Найти сопротивление  $R$  всей цепи. Какой заряд  $q_1$  пройдет через контур, если его повернуть относительно исходного положения на угол  $180^\circ$ ?

5.334. Катушка, имеющая  $N=100$  витков, расположена в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 10^{-2} \text{ Тл}$ . Плоскость ее витков перпендикулярна линиям магнитной индукции. Площадь одного витка  $S = 10 \text{ см}^2$ . Катушка присоединена к баллистическому гальванометру так, что сопротивление всей цепи  $R=10 \text{ Ом}$ . При повороте катушки на угол  $\alpha$  через гальванометр проходит заряд  $Q = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$ . Определить угол  $\alpha$ .

5.335. В однородном магнитном поле с индукцией  $B$  равномерно вращается с частотой  $\nu$  рамка, содержащая  $n$  витков площадью  $S$  каждый. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции. Определить максимальную ЭДС индукции, возникающую в рамке, а также закон изменения ЭДС во времени. В начальный момент времени плоскость рамки перпендикулярна вектору  $B$ .

5.336. По двум вертикальным шинам, соединенным между собой проводником, под действием силы тяжести скользит горизонтальная проводящая перемычка массой  $m$ , длиной  $l$  и сопротивлением  $R$ . Движение происходит в горизонтальном однородном магнитном поле с индукцией  $B$ , вектор перпендикулярен плоскости перемещения перемычки. Пренебрегая трением, сопротивлением шин и проводника, найти установившуюся скорость падения перемычки.

## Тема 10

**Общее указание.** При необходимости используйте график  $B(H)$  для железа, приведенный на рис 24.1

5.337. По катушке индуктивностью  $L = 0,03$  мГн течет ток  $I = 0,6$  А. При размыкании цепи сила тока изменяется практически до нуля за время  $\Delta t = 120$  мкс. Определить среднюю ЭДС самоиндукции  $\langle \varepsilon_i \rangle$ , возникающую в контуре.

5.338. С помощью реостата равномерно увеличивают силу тока в катушке на  $\Delta I = 0,1$  А в 1 с. Индуктивность  $L$  катушки равна 0,01 Гн. Найти среднее значение ЭДС самоиндукции  $\langle \varepsilon_i \rangle$ .

5.339. Индуктивность  $L$  катушки равна 2 мГн. Ток частотой  $\nu = 50$  Гц, протекающий по катушке, изменяется по синусоидальному закону. Определить среднюю ЭДС самоиндукции  $\langle \varepsilon_i \rangle$ , возникающую за интервал времени  $\Delta t$ , в течение которого ток в катушке изменяется от минимального до максимального значения. Амплитудное значение силы тока  $I_0 = 10$  А.

5.340. Катушка сопротивлением  $R_1 = 0,5$  Ом с индуктивностью  $L = 4$  мГн соединена параллельно с проводом сопротивлением  $R_2 = 2,5$  Ом, по которому течет постоянный ток  $I = 1$  А. Определить количество электричества  $Q$ , которое будет индуцировано в катушке при размыкании цепи ключом  $K$ .

5.341. На картонный каркас, длиной  $l = 50$  см и площадью  $S$  сечения  $4$  см<sup>2</sup>, намотан в один слой провод диаметром  $d = 0,2$  мм так, что витки плотно прилегают друг к другу (толщиной изоляции пренебречь). Вычислить индуктивность  $L$  получившегося соленоида.

5.342. Индуктивность  $L$  соленоида длиной  $l=1$  м, намотанного в один слой на немагнитный каркас, равна 1,6 мГн. Площадь  $S$  сечения соленоида равна 20 см<sup>2</sup>. Определить число  $n$  витков на каждом сантиметре длины соленоида.

5.343. Сколько витков проволоки диаметром  $d = 0,4$  мм с изоляцией ничтожной толщины нужно намотать на картонный цилиндр диаметром  $D = 2$  см, чтобы получить однослойную катушку с индуктивностью  $L = 1$  мГн? Витки вплотную прилегают друг к другу.

5.344. Катушка, намотанная на немагнитный цилиндрический каркас, имеет  $N_1 = 750$  витков и индуктивность  $L_1 = 25$  мГн. Чтобы увеличить индуктивность катушки до  $L_2 = 36$  мГн, обмотку с катушки сняли и заменили обмоткой из более тонкой проволоки с таким расчетом, чтобы длина катушки осталась прежней. Определить число  $N_2$  витков катушки после перемотки.

5.345. Определить индуктивность  $L$  двухпроводной линии на участке длиной  $l = 1$  км. Радиус  $R$  провода равен 1 мм, расстояние  $d$  между осевыми линиями равно 0,4 м. *Указание.* Учесть только внутренний магнитный поток, т.е. поток, пронизывающий контур, ограниченный проводами.

5.346. Соленоид индуктивностью  $L = 4$  мГн содержит  $N = 600$  витков. Определить магнитный поток  $\Phi$ , если сила тока  $I$ , протекающего по обмотке, равна 12 А.

5.347. Индуктивность  $L$  катушки без сердечника равна  $0,02$  Гн. Какое потокоцепление  $\psi$  создается, когда по обмотке течет ток  $I = 5$  А?

5.348. Длинный прямой соленоид, намотанный на немагнитный каркас, имеет  $N = 1000$  витков и индуктивность  $L = 3$  мГн. Какой магнитный поток  $\Phi$  и какое потокоцепление  $\psi$  создает соленоид при силе тока  $I = 1$  А?

5.349. Соленоид, площадь  $S$  сечения которого равна  $5 \text{ см}^2$ , содержит  $N = 1200$  витков. Индукция  $B$  магнитного поля внутри соленоида при силе тока  $I = 2$  А равна  $0,01$  Тл. Определить индуктивность  $L$  соленоида.

5.350. Соленоид содержит  $N = 1000$  витков. Площадь  $S$  сечения сердечника равна  $10 \text{ см}^2$ . По обмотке течет ток, создающий поле с индукцией  $B = 1,5$  Тл. Найти среднюю ЭДС индукции  $\langle \varepsilon_i \rangle$ , возникающей в соленоиде, если ток уменьшится до нуля за время  $t = 500$  мкс.

5.351. Обмотка соленоида с железным сердечником содержит  $N = 500$  витков. Длина  $l$  сердечника равна  $50$  см. Как и во сколько раз изменится индуктивность  $L$  соленоида, если сила тока, протекающего по обмотке, возрастет от  $I_1 = 0,1$  А до  $I_2 = 1$  А (см. рис.24.1).

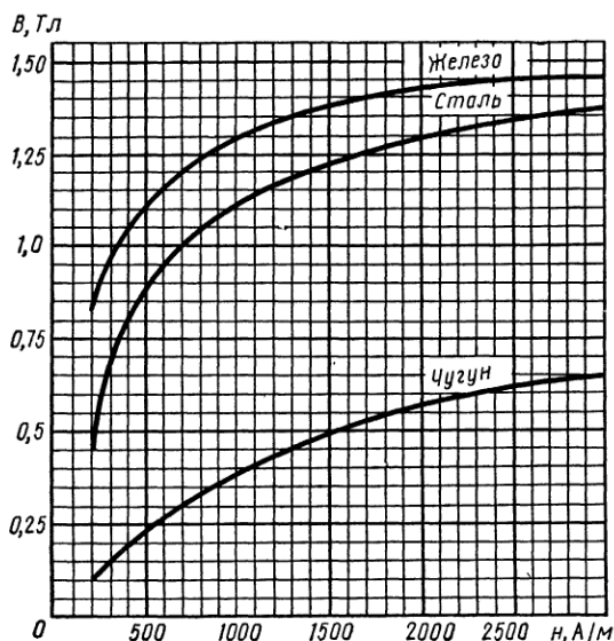


Рис. 24.1

5.352. Две катушки расположены на небольшом расстоянии одна от другой. Когда сила тока в первой катушке изменяется с быстротой  $\Delta I/\Delta t = 5$  А/с, во второй катушке возникает ЭДС индукции  $\varepsilon_i = 0,1$  В. Определить коэффициент  $M$  взаимной индукции катушек.

5.353. Обмотка тороида с немагнитным сердечником имеет  $N_1 = 251$  виток. Средний диаметр  $\langle D \rangle$  тороида равен  $8$  см, диаметр  $d$  витков равен  $2$  см. На тороид намотана вторичная обмотка, имеющая  $N_2 = 100$  витков. При замыкании первичной обмотки в ней в течение  $t = 1$  мс устанавливается сила тока  $I = 3$  А. Найти среднюю ЭДС индукции  $\langle \varepsilon_i \rangle$ , возникающей на вторичной обмотке.

5.354. Катушка длиной  $l = 20$  см имеет  $N = 400$  витков. Площадь поперечного сечения катушки  $S = 9 \text{ см}^2$ . Найти индуктивность катушки, Какова будет индуктивность  $L_2$  катушки,

если внутрь катушки введен железный сердечник? Магнитная проницаемость материала сердечника  $\mu = 400$ .

5.355. Обмотка соленоида состоит из  $N$  витков медной проволоки, поперечное сечение которой  $S = 1 \text{ мм}^2$ . Длина соленоида  $l = 25 \text{ см}$ ; его сопротивление  $R = 0,2 \text{ Ом}$ . Найти индуктивность  $L$  соленоида.

5.356. Катушка длиной  $l = 20 \text{ см}$  и диаметром  $D = 3 \text{ см}$  имеет  $N = 400$  витков. По катушке идет ток  $I = 2 \text{ А}$ . Найти индуктивность  $L$  катушки и магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий площадь ее поперечного сечения.

5.357. Сколько витков проволоки диаметром  $d = 0,6 \text{ мм}$  имеет однослойная обмотка катушки, индуктивность которой  $L = 1 \text{ мГн}$  и диаметр  $D = 4 \text{ см}$ ? Витки плотно прилегают друг к другу.

5.358. Катушка с железным сердечником имеет площадь поперечного сечения  $S = 20 \text{ см}^2$  и число витков  $N = 500$ . Индуктивность катушки с сердечником  $L = 0,28 \text{ Гн}$  при токе через обмотку  $I = 5 \text{ А}$ . Найти магнитную проницаемость и железного сердечника.

5.359. Сколько витков имеет катушка, индуктивность которой  $L = 1 \text{ мГн}$ , если при токе  $I = 1 \text{ А}$  магнитный поток сквозь катушку  $\Phi = 2 \text{ мкВб}$ ?

5.360. Площадь поперечного сечения соленоида с железным сердечником  $S = 10 \text{ см}^2$ ; длина соленоида  $l = 1 \text{ м}$ . Найти магнитную проницаемость  $\mu$  материала сердечника, если магнитный поток, пронизывающий поперечное сечение соленоида,  $\Phi = 1,4 \text{ мВб}$ . Какому току  $I$ , текущему через соленоид, соответствует этот магнитный поток, если известно, что индуктивность соленоида при этих условиях  $L = 0,44 \text{ Гн}$ ?

5.361. В соленоид длиной  $l = 50 \text{ см}$  вставлен сердечник из такого сорта железа, для которого зависимость  $B = f(H)$  неизвестна. Число витков на единицу длины соленоида  $N_l = 400 \text{ см}^{-1}$ , площадь поперечного сечения соленоида  $S = 10 \text{ см}^2$ . Найти магнитную проницаемость  $\mu$  материала сердечника при токе через обмотку соленоида  $I = 5 \text{ А}$ , если известно, что магнитный поток, пронизывающий поперечное сечение соленоида с сердечником,  $\Phi = 1,6 \text{ мВб}$ . Какова индуктивность  $L$  соленоида при этих условиях?

5.362. Имеется соленоид с железным сердечником длиной  $l = 50 \text{ см}$ , площадью поперечного сечения  $S = 10 \text{ см}^2$  и числом витков  $N = 1000$ . Найти индуктивность  $L$  этого соленоида, если по обмотке соленоида течет ток: а)  $I = 0,1 \text{ А}$ ; б)  $I = 0,2 \text{ А}$ ; в)  $I = 2 \text{ А}$ .

5.363. Две катушки намотаны на один общий сердечник. Индуктивность первой катушки  $L_1 = 0,1 \text{ Гн}$ , второй —  $L_2 = 0,4 \text{ Гн}$ ; сопротивление второй катушки  $R_2 = 800 \text{ Ом}$ . Какой ток  $I_2$  потечет во второй катушке, если ток  $I_1 = 0,5 \text{ А}$ , текущий в первой катушке, выключить в течение времени  $t = 10 \text{ мс}$ ?

5.364. Для измерения магнитной проницаемости железа из него был изготовлен тороид длиной  $l = 50 \text{ см}$  и площадью поперечного сечения  $S = 4 \text{ см}^2$ . Одна из обмоток тороида имела  $N_1 = 500$  витков и была присоединена к источнику тока, другая имела  $N_2 = 1000$  витков и была присоединена к гальванометру. Переключая направление тока в первичной обмотке на обратное, мы вызываем во вторичной обмотке индукционный ток. Найти магнитную проницаемость железа  $\mu$ , если известно, что при переключении в первичной обмотке направления тока  $I = 1 \text{ А}$  через гальванометр прошло количество электричества  $q = 0,06 \text{ Кл}$ . Сопротивление вторичной обмотки  $R = 20 \text{ Ом}$ .

5.365. Квадратная рамка из медной проволоки сечением  $s = 1 \text{ мм}^2$  помещена в магнитное поле, индукция которого меняется по закону  $B = B_0 \sin \omega t$ , где  $B_0 = 0,01 \text{ Тл}$ ,  $\omega = 2\pi/T$  и  $T = 0,02 \text{ с}$ . Площадь рамки  $S = 25 \text{ см}^2$ . Плоскость рамки перпендикулярна к направлению магнитного поля. Найти зависимость от времени  $t$  и наибольшее значение: а) магнитного потока  $\Phi$ , пронизывающего рамку; б) ЭДС индукции  $\xi$ , возникающей в рамке; в) тока  $I$ , текущего по рамке.

5.366. Катушка длиной  $l = 50 \text{ см}$  и диаметром  $d = 5 \text{ см}$  содержит  $N = 200$  витков. По катушке течет ток  $I = 1 \text{ А}$ . Определите: 1) индуктивность катушки; 2) магнитный поток, пронизывающий площадь ее поперечного сечения.

5.367. Длинный соленоид индуктивностью  $L = 4 \text{ мГн}$  содержит  $N = 600$  витков. Площадь поперечного сечения соленоида  $S = 20 \text{ см}^2$ . Определите магнитную индукцию поля внутри соленоида, если сила тока, протекающего по его обмотке, равна  $6 \text{ А}$ .

5.368. Две длинные катушки намотаны на общий сердечник, причем индуктивности этих катушек  $L_1 = 0,64 \text{ Гн}$  и  $L_2 = 0,04 \text{ Гн}$ . Определите, во сколько раз число витков первой катушки больше, чем второй.

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

5.370. Определить индуктивность соленоида длиной  $l$  и сопротивлением  $R$ , если обмоткой соленоида является проволока массой  $m$ . Принять плотность проволоки и ее удельное сопротивление соответственно за  $\rho$  и  $\rho'$ .

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

5.372. В соленоиде без сердечника, содержащем  $N = 1000$  витков, при увеличении силы тока магнитный поток увеличился на  $1 \text{ мВб}$ . Определите среднюю ЭДС самоиндукции, возникающую в соленоиде, если изменение силы тока произошло за  $0,1 \text{ с}$ .

5.373. Две катушки намотаны на один общий сердечник. Определите их взаимную индуктивность, если при скорости изменения силы тока в первой катушке  $dI_1/dt = 3 \text{ А/с}$  во второй катушке индуцируется ЭДС  $\xi_{i2} = 0,3 \text{ В}$ .

5.374. Два соленоида ( $L_1 = 0,64 \text{ Гн}$ ,  $L_2 = 1 \text{ Гн}$ ) одинаковой длины и равного сечения вставлены один в другой. Определите взаимную индуктивность соленоидов.

5.375. Две катушки намотаны на один сердечник. Индуктивность первой катушки  $L_1 = 0,12 \text{ Гн}$ , второй —  $L_2 = 3 \text{ Гн}$ . Сопротивление второй катушки  $R_2 = 300 \text{ Ом}$ . Определить силу тока  $I_2$  во второй катушке, если за время  $\Delta t = 0,01 \text{ с}$  силу тока в первой катушке уменьшить от  $I_1 = 0,5 \text{ А}$  до нуля.

5.376. Через соленоид, индуктивность которого  $L = 0,4 \text{ мГн}$  и площадь поперечного сечения  $S = 10 \text{ см}^2$ , проходит ток силой  $I = 0,5 \text{ А}$ . Какова индукция магнитного поля  $B$  внутри соленоида, если он содержит  $N = 100$  витков?



5.377. В цепи с  $L = 2$  мГн,  $R_0 = 1$  Ом,  $\xi = 3$  В замыкают ключ К. После того как ток в катушке достигает установившегося значения, ключ размыкают. Найти количество теплоты  $Q$ , выделившейся в цепи после размыкания ключа. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

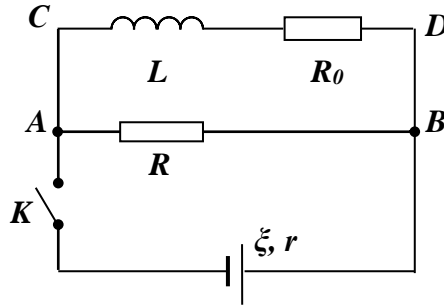


Рис. к зад. 5.377

5.378. Катушку с индуктивностью  $L$  замыкают на источник тока, ЭДС которого равна  $\varepsilon$ . Через какой промежуток времени  $\tau$  сила тока в катушке достигнет заданного значения  $I$ ? Сопротивление катушки и внутреннее сопротивление источника ничтожно малы.

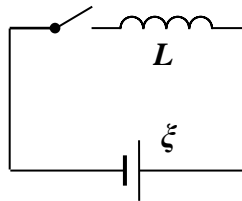


Рис. к зад. 5.378

5.379. Катушка из  $n_1$  витков, площадь каждого из которых равна  $S$ , расположена в однородном поле. Вектор индукции поля  $\vec{B}$  перпендикулярен виткам катушки. Вне поля расположена вторая катушка. Обе катушки соединены проводниками. Индуктивности катушек равны  $L_1$  и  $L_2$ . Омическим сопротивлением катушек и проводников пренебречь. Определить силу тока  $I$ , возникающего в катушках после выключения поля.

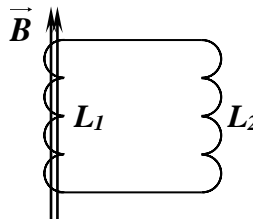


Рис. к зад. 5.379

5.380. Плоский проволочный виток площадью  $S$  расположен в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  так, что плоскость параллельна силовым линиям. Индуктивность витка  $L$ . От легкого толчка виток приходит в движение. Пренебрегая омическим сопротивлением витка, определить работу  $A$ , которую совершают силы магнитного поля при повороте витка на  $90^\circ$ .

5.381. В схеме на рис. в начальный момент времени ключ К разомкнут, конденсатор не заряжен. Определить максимальное значение силы тока после замыкания ключа. Заданы  $L, C, \varepsilon$ . Сопротивлением катушки и источника пренебречь.

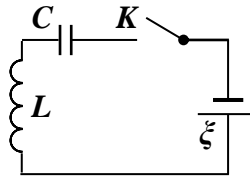


Рис. к зад. 5.381

5.382. Чему равна индуктивность катушки, если за время  $\Delta t = 0,5$  с ток в цепи изменился от 10 до 5 А, а наведенная при этом ЭДС индукции на концах катушки равна 25 В?

5.383. Катушка имеет 800 витков, длину 0,25 м и диаметр сечения 4 см. Определите индуктивность катушки, магнитный поток сквозь ее сечение и энергию магнитного поля при токе 1 А.

5.384. Катушка сопротивлением 20 Ом и индуктивностью 0,01 Гн находится в переменном магнитном поле. Когда создаваемый этим полем магнитный поток увеличивается на 0,001 Вб, ток в катушке возрастает на 0,05 А. Какой заряд прошел за это время по катушке?

## Тема 11

5.385. В цепи идет ток  $I = 50$  А. Источник тока можно отключить от цепи, не разрывая ее. Определить силу тока  $I$  в этой цепи через  $t = 0,01$  с после отключения ее от источника тока. Сопротивление  $R$  цепи равно  $20$  Ом, ее индуктивность  $L = 0,1$  Гн.

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

5.387. Внешняя цепь содержит катушку индуктивностью  $L = 1$  Гн и сопротивлением  $R = 10$  Ом. Источник тока можно отключать, не разрывая цепи. Определить время  $t$ , по истечении которого сила тока уменьшится до  $0,001$  первоначального значения.

5.388. К источнику тока с внутренним сопротивлением  $R_i = 2$  Ом подключают катушку индуктивностью  $L = 0,5$  Гн и сопротивлением  $R = 8$  Ом. Найти время  $t$ , в течение которого ток в катушке, нарастая, достигнет значения, отличающегося от максимального на  $1\%$ .

5.389. В цепи (см. рис. )  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 95$  Ом,  $L = 0,34$  Гн,  $\xi = 38$  В. Внутреннее сопротивление  $r$  источника тока пренебрежимо мало. Определить силу тока  $I$  в резисторе сопротивлением  $R_2$  в следующих случаях: 1) до размыкания цепи ключом  $K$ ; 2) в момент размыкания ( $t_1 = 0$ ).

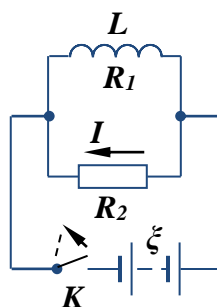


Рис. к зад. 5.389

5.390. Электрическая лампочка, сопротивление которой в горячем состоянии  $R = 10$  Ом, подключается через дроссель к  $12$ -вольтовому аккумулятору. Индуктивность дросселя  $L = 2$  Гн, сопротивление  $r = 1$  Ом. Через какое время  $t$  после включения лампочка загорится, если она начинает заметно светиться при напряжении на ней  $U = 6$  В?

5.391. Имеется катушка длиной  $l = 20$  см и диаметром  $D = 2$  см. Обмотка катушки состоит из  $N = 200$  витков медной проволоки, площадь поперечного сечения которой  $s = 1$  мм<sup>2</sup>. Катушка включена в цепь с некоторой ЭДС. При помощи переключателя ЭДС выключается, и катушка замыкается накоротко. Через какое время  $t$  после выключения ЭДС ток в цепи уменьшится в  $2$  раза?

5.392. Катушка имеет индуктивность  $L = 0,2$  Гн и сопротивление  $R = 1,64$  Ом. Во сколько раз уменьшится ток в катушке через время  $t = 0,05$  с после того, как ЭДС выключена и катушка замкнута накоротко?

5.393. Катушка имеет индуктивность  $L = 0,144$  Гн и сопротивление  $R = 10$  Ом. Через какое время  $t$  после включения в катушке потечет ток, равный половине установившегося?

5.394. Две катушки имеют взаимную индуктивность  $L_{12} = 5$  мГн. В первой катушке ток изменяется по закону  $I = I_0 \sin \omega t$ , где  $I_0 = 10$  А,  $\omega = 2\pi/T$  и  $T = 0,02$  с. Найти зависимость от времени  $t$  ЭДС  $\xi_2$ , индуцируемой во второй катушке, и наибольшее значение  $\xi_{2max}$  этой ЭДС.

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

5.396. Определите, через какое время сила тока замыкания достигнет 0,95 предельного значения, если источник ЭДС замыкают на катушку сопротивлением  $R = 12$  Ом и индуктивностью 0,5 Гн.

5.397. Катушку индуктивностью  $L = 0,6$  Гн подключают к источнику тока. Определите сопротивление катушки, если за время  $t = 3$  с сила тока через катушку достигает 80% предельного значения.

5.398. Бесконечно длинный соленоид длиной  $l = 0,8$  м имеет однослойную обмотку из алюминиевого провода массой  $m = 400$  г. Определить время релаксации  $\tau$  для этого соленоида. Плотность и удельное сопротивление алюминия равны соответственно  $\rho = 2,7$  г/см<sup>3</sup> и  $\rho' = 26$  нОм·м.

5.399. Соленоид диаметром  $d = 3$  см имеет однослойную обмотку из плотно прилегающих друг к другу витков алюминиевого провода ( $\rho' = 26$  нОм·м) диаметром  $d_1 = 0,3$  мм. По соленоиду течет ток  $I_0 = 0,5$  А. Определите количество электричества  $Q$ , протекающее по соленоиду, если его концы замкнуть.

5.400. Катушка индуктивностью  $L = 1,5$  Гн и сопротивлением  $R_1 = 15$  Ом и резистор сопротивлением  $R_2 = 150$  Ом соединены параллельно и подключены к источнику, электродвижущая сила которого  $\xi = 60$  В, через ключ  $K$  (см. рис.). Определите напряжения на зажимах катушки через  $t_1 = 0,01$  с и  $t_2 = 0,1$  с после размыкания цепи.

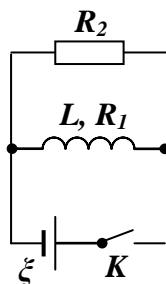


Рис. к зад. 5.400

## Тема 9

**Общее указание.** При необходимости используйте график  $B(H)$  для железа, приведенный на рис 24.1

- 5.401. По обмотке соленоида индуктивностью  $L = 0,2$  Гн течет ток  $I = 10$  А. Определить энергию  $W$  магнитного поля соленоида.
- 5.402. Индуктивность  $L$  катушки (без сердечника) равна  $0,1$  мГн. При какой силе тока  $I$  энергия  $W$  магнитного поля равна  $100$  мкДж?
- 5.403. Соленоид содержит  $N = 1000$  витков. Сила тока  $I$  в его обмотке равна  $1$  А, магнитный поток  $\Phi$  через поперечное сечение соленоида равен  $0,1$  мВб. Вычислить энергию  $W$  магнитного поля.
- 5.404. На железное кольцо намотано в один слой  $N = 200$  витков. Определить энергию  $W$  магнитного поля, если при токе  $I = 2,5$  А магнитный поток  $\Phi$  в железе равен  $0,5$  мВб.
- 5.405. По обмотке тороида течет ток силой  $I = 0,6$  А. Витки провода диаметром  $d = 0,4$  мм плотно прилегают друг к другу (толщиной изоляции пренебречь). Найти энергию  $W$  магнитного поля в стальном сердечнике тороида, если площадь  $S$  сечения его равна  $4$  см<sup>2</sup>, диаметр  $D$  средней линии равен  $30$  см.
- 5.406. При индукции  $B$  поля, равной  $1$  Тл, плотность энергии  $\omega$  магнитного поля в железе равна  $200$  Дж/м<sup>3</sup>. Определить магнитную проницаемость  $\mu$  железа в этих условиях.
- 5.407. Определить объемную плотность энергии  $\omega$  магнитного поля в стальном сердечнике, если индукция  $B$  магнитного поля равна  $0,5$  Тл.
- 5.408. Индукция магнитного поля тороида со стальным сердечником возросла от  $B_1 = 0,5$  Тл до  $B_2 = 1$  Тл. Найти, во сколько раз изменилась объемная плотность энергии  $\omega$  магнитного поля.
- 5.409. Вычислить плотность энергии  $\omega$  магнитного поля в железном сердечнике замкнутого соленоида, если напряженность  $H$  намагничивающего поля равна  $1,2$  кА/м.
- 5.410. Напряженность магнитного поля тороида со стальным сердечником возросла от  $H_1 = 200$  А/м до  $H_2 = 800$  А/м. Определить, во сколько раз изменилась объемная плотность энергии  $\omega$  магнитного поля.
- 5.411. При некоторой силе тока  $I$  плотность энергии  $\omega$  магнитного поля соленоида (без сердечника) равна  $0,2$  Дж/м<sup>3</sup>. Во сколько раз увеличится плотность энергии поля при той же силе тока, если соленоид будет иметь железный сердечник?
- 5.412. Найти плотность энергии  $\omega$  магнитного поля в железном сердечнике соленоида, если напряженность  $H$  намагничивающего поля равна  $1,6$  кА/м.
- 5.413. Обмотка тороида с немагнитным сердечником имеет  $n = 10$  витков на каждый сантиметр длины. Определить плотность энергии  $\omega$  поля, если по обмотке течет ток  $I = 16$  А.

5.414. Обмотка тороида содержит  $n = 10$  витков на каждый сантиметр длины. Сердечник немагнитный. При какой силе тока  $I$  в обмотке плотность энергии  $\omega$  магнитного поля равна  $1 \text{ Дж/м}^3$ ?

5.415. Сколько ампер-витков потребуется для того, чтобы внутри соленоида малого диаметра и длиной  $l = 30 \text{ см}$  объемная плотность энергии магнитного поля была равна  $\omega_0 = 1,75 \text{ Дж/м}^3$ ?

5.416. Соленоид длиной  $l = 50 \text{ см}$  и площадью поперечного сечения  $S = 2 \text{ см}^2$  имеет индуктивность  $L = 0,2 \text{ мГн}$ . При каком токе  $I$  объемная плотность энергии магнитного поля внутри соленоида  $\omega_0 = 1 \text{ мДж/м}^3$ ?

5.417. Через катушку, индуктивность которой  $L = 21 \text{ мГн}$ , течет ток, изменяющийся со временем по закону  $I = I_0 \sin \omega t$ , где  $I_0 = 5 \text{ А}$ ,  $\omega = 2\pi/T$  и  $T = 0,02 \text{ с}$ . Найти зависимость от времени  $t$ : а) ЭДС самоиндукции  $\zeta$ , возникающей в катушке; б) энергии  $W$  магнитного поля катушки.

5.418. По обмотке соленоида, в который вставлен железный сердечник (график зависимости индукции магнитного поля от напряженности представлен на рис.), течет ток  $I = 4 \text{ А}$ . Соленоид имеет длину  $l = 1 \text{ м}$ , площадь поперечного сечения  $S = 20 \text{ см}^2$  и число витков  $N = 400$ . Определите энергию магнитного поля соленоида.

5.419. Сила тока  $I$  в обмотке соленоида, содержащего  $N = 1500$  витков, равна  $5 \text{ А}$ . Магнитный поток  $\Phi$  через поперечное сечение соленоида составляет  $200 \text{ мкВб}$ . Определите энергию магнитного поля в соленоиде.

5.420. Обмотка электромагнита, находясь под постоянным напряжением, имеет сопротивление  $R = 15 \text{ Ом}$  и индуктивность  $L = 0,3 \text{ Гн}$ . Определите время, за которое в обмотке выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в сердечнике.

5.421. Соленоид без сердечника с однослойной обмоткой из проволоки диаметром  $d = 0,5 \text{ мм}$  имеет длину  $l = 0,4 \text{ м}$  и поперечное сечение  $S = 50 \text{ см}^2$ . Какой ток течет по обмотке при напряжении  $U = 10 \text{ В}$ , если за время  $t = 0,5 \text{ мс}$  в обмотке выделяется количество теплоты, равное энергии поля внутри соленоида? Поле считать однородным.

5.422. Индуктивность соленоида при длине  $1 \text{ м}$  и площади поперечного сечения  $20 \text{ см}^2$  равна  $0,4 \text{ мГн}$ . Определите силу тока в соленоиде, при которой объемная плотность энергии магнитного поля внутри соленоида равна  $0,1 \text{ Дж/м}^3$ .

5.423. Объемная плотность энергии магнитного поля внутри соленоида с числом витков  $1000$ , длиной  $50 \text{ см}$  и малого диаметра равна  $0,7 \text{ Дж/м}^3$ . Определите ток в этом соленоиде.

5.424. Тороид с воздушным сердечником содержит  $20$  витков на  $1 \text{ см}$ . Определите объемную плотность энергии в тороиде, если по его обмотке протекает ток  $3 \text{ А}$ .

5.425. По катушке протекает постоянный ток, создающий магнитное поле. Энергия этого поля равна  $0,5 \text{ Дж}$ , а магнитный поток через катушку равен  $0,1 \text{ Вб}$ . Найдите величину тока.

5.426. Катушка имеет 800 витков, длину 0,25 м и диаметр сечения 4 см. Определите индуктивность катушки, магнитный поток сквозь ее сечение и энергию магнитного поля при токе 1 А.

5.427. Катушку с индуктивностью 2,4 Гн замыкают на источник с  $\xi = 12$  В. Через какой промежуток времени ток в катушке достигнет значения 40 А?  $R$  и  $r$  ничтожно малы.

5.428. В соленоиде при токе  $I$  энергия магнитного поля  $W$ . Сопротивление обмотки  $R$ . Какой заряд пройдет по обмотке при равномерном уменьшении тока в  $n$  раз? На сколько изменится энергия магнитного поля?

## Тема 12

5.429. Запишите полную систему уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах и объясните физический смысл каждого из уравнений. Зачем вообще необходима дифференциальная форма уравнений?

5.430. Запишите полную систему уравнений Максвелла для стационарных полей ( $E = \text{const}$  и  $B = \text{const}$ ) в интегральной и дифференциальной формах и объясните физический смысл каждого из уравнений.

5.431. Доказать с помощью одного из уравнений Максвелла, что переменное во времени магнитное поле не может существовать без электрического поля.

5.432. Ток, проходящий по обмотке длинного прямого соленоида радиусом  $R$ , изменяют так, что магнитное поле внутри соленоида растет со временем по закону  $B = At^2$ , где  $A$  – некоторая постоянная. Определите плотность тока смещения как функцию расстояния  $r$  от оси соленоида. Постройте график зависимости  $j_{см}(r)$ .

5.433. В физике известно так называемое уравнение непрерывности  $\oint_S \vec{j} d\vec{S} = -\frac{\partial Q}{\partial t}$ , выражающее закон сохранения заряда. Доказать, что уравнения Максвелла содержат это уравнение. Вывести дифференциальную форму уравнения непрерывности.

5.434. Определите силу тока смещения между квадратными пластинами конденсатора со стороной 5 см, если напряженность электрического поля изменяется со скоростью 4,52 МВ/(м·с).

5.435. Доказать с помощью уравнений Максвелла, что переменное во времени магнитное поле не может существовать без электрического поля.

5.436. Доказать с помощью уравнений Максвелла, что однородное электрическое поле не может существовать при наличии переменного во времени магнитного поля.

5.437. Точечный заряд  $q$  движется с нерелятивистской скоростью  $v = \text{const}$ . Найти плотность смещения  $j_{см}$  в точке, находящейся на расстоянии  $r$  от заряда на прямой:

- а) совпадающей с траектории и проходящей через заряд.
- б) перпендикулярной к траектории и проходящей через заряд.

5.438. Пространство между обкладками плоского конденсатора, имеющими форму круглых дисков, заполнено однородной слабо проводящей средой с удельной проводимостью  $\sigma$  и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Расстояние между обкладками  $d$ . Пренебрегая краевыми эффектами, найти напряженность магнитного поля между обкладками на расстоянии  $r$  от их оси, если на конденсатор подано переменное напряжение  $U = U_m \cos \omega t$ .