

**УЗБЕКСКОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ И ИНФОРМАТИЗАЦИИ
ТАШКЕНТСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**

кафедра физики

**сборник задач и методические указания к
практическим занятиям по физике**

ЧАСТЬ II

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Ташкент-2008

Данное методическое пособие составлено в соответствии с программой курса общей физики и содержит методические указания и задачи, распределенные по темам курса физики, рассматриваемым в первом семестре. По каждой теме подобрано порядка двухсот задач, в которые включены также задачи повышенной сложности.

Данное методическое пособие предназначено для студентов первого курса бакалавриата по направлениям «Информатика и информационные технологии», «Телекоммуникация», «Радиотехника», «Телевидение, радиосвязь и радиовещание», «Информационная безопасность», «Электронная коммерция», «Почтовая служба», «Сервис», «Профессиональная педагогика», для студентов «Специального факультета», а также может быть использована студентами других технических ВУЗов.

Для самостоятельной подготовки по каждой теме приведены контрольные вопросы по теории.

Ответственный редактор: доктор физ.-мат. наук, проф.
Абдурахманов К.П.

Составители: доц. Хайдаров К.Х.
доц. Хамидова Х.Х.
ст.преп. Хаитов М.С.
асс. Хашаев М.М.
асс. Кормильцев С.В.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное руководство представляет собой вторую часть сборника тренировочных вопросов и задач, а также кратких методических указаний к практическим занятиям по физике.

Задачи для домашних заданий распределены по вариантам. Каждый вариант содержит четыре задачи. Перед каждой темой даются краткие методические указания и рекомендации к решению задач. Приводятся примеры решения задач в соответствии с разделением их на типы в пределах каждой темы. К каждой теме имеются контрольные вопросы по теоретическому материалу, ориентирующие студента при подготовке к занятию. Оформление задания производится в соответствии с требованиями, указанными в предисловии в первой части пособия.

ТЕМА 4. НАПРЯЖЕННОСТЬ И ПОТЕНЦИАЛ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Контрольные вопросы.

1. Взаимодействие каких зарядов описывает закон Кулона?
2. Определите основные характеристики электрического поля – напряженность и потенциал. Какова связь между ними? Как определяются напряженность и потенциал поля точечного заряда?
3. В чем состоит принцип суперпозиции электрических полей?
4. Сформулируйте теорему Остроградского – Гаусса для потока вектора напряженности электрического поля. Как с ее помощью определяются напряженность и потенциал поля плоскости, двух плоскостей, бесконечно длинной нити, сферы, заряд который равномерно распределен по поверхности?
5. Что называется силовой линией электрического поля, какими свойствами характеризуется силовая линия?
6. Что такое эквипотенциальные поверхности? Как ориентированы силовые линии относительно эквипотенциальных поверхностей?
7. Какое электростатическое поле называется однородным? Укажите, что может явиться источником однородного поля?
8. Что показывает градиент потенциала? Как определяется напряженность электрического поля, если известен потенциал как функция координат?
9. Как определяется работа по перемещению заряда в электрическом поле? Как она выражается через напряженность поля? Через разность потенциалов? От чего зависит величина работы?
10. Почему электрическое поле является потенциальным? В чем состоит критерий потенциальности электрического поля? Как выражается и чему равна циркуляция вектора напряженности электростатического поля?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ.

Взаимодействие неподвижных электрических зарядов – статическая задача, поэтому электрические и механические силы системы должны удовлетворять условию $\sum \vec{F}_i = 0$

Электрические заряды взаимодействуют посредством электрического поля, сила взаимодействия может быть рассчитана двумя способами: по закону Кулона (для точечных зарядов) и из соотношения, $\vec{F}_i = Q_i \vec{E}$, где \vec{E} – напряженность поля, Q_i – заряд, внесенный в это поле. Напряженность поля, созданного зарядами, равномерно распределенными по поверхности, определяется по формулам, полученным применением теоремы Остроградского – Гаусса. Если поле создается несколькими зарядами, то напряженность определяется по принципу суперпозиции, то есть равна векторной сумме напряженностей полей каждого заряда $\vec{E} = \sum \vec{E}_i$

Потенциал электрического поля – энергетическая характеристика, скалярная величина, и при наложении нескольких полей потенциалы складываются алгебраически $\varphi = \sum \varphi_i$. Для определения величины разности потенциалов обычно используют связь ее с напряженностью поля. При этом надо помнить, что для однородного поля эта зависимость $\Delta\varphi = E \Delta l$, а для неоднородного – эта формула неприменима, и надо использовать общую формулу $\Delta\varphi = \int_1^2 Edl = U$.

в системе единиц СИ, величину ε_0 – электрическую постоянную –

удобно применять в виде $\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \frac{\text{Кл}^2}{\text{Н} \cdot \text{м}^2}$

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.

Задача 1.

Два точечных заряда $Q_1=10^{-9}$ Кл и $Q_2=-2 \cdot 10^{-9}$ Кл находятся в воздухе на расстоянии $d=10$ см друг от друга. Определить напряженность и потенциал поля, создаваемого зарядом в точки А, если расстояние $r_1=9$ см и $r_2=7$ см.

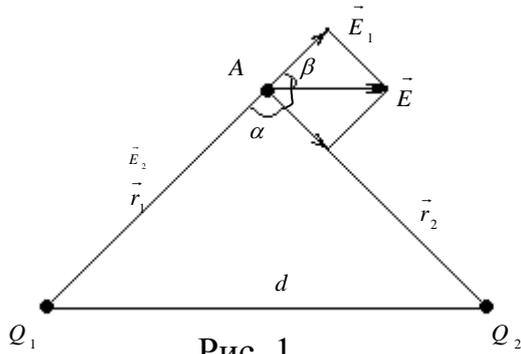


Рис. 1

Решение.

Результирующая напряженность \vec{E} в точки А равна, согласно принципу суперпозиции, сумме напряженностей двух полей, создаваемых зарядами Q_1 и Q_2 в отдельности, т.е. $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$, где \vec{E}_1 - напряженность поля заряда Q_1 ,

\vec{E}_2 - напряженность поля заряда Q_2 . На рис. 1 вектор \vec{E}_1 направлен от заряда Q_1 , так как этот заряд положительный, вектор направлен в сторону заряда Q_2 , так как этот заряд отрицательный. Результирующий вектор совпадает по величине и направлению с диагональю параллелограмма, построенного на слагаемых векторах. Абсолютное значение этого вектора найдем из соотношения

$$\vec{E} = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \beta} \quad (1)$$

Т.к. $\beta = \pi - \alpha$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos \alpha} \quad (2)$$

Абсолютную величину напряженностей \vec{E}_1 и \vec{E}_2 ищем по формуле напряженности поля точечного заряда

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (3)$$

$$\cos \alpha = \frac{r_1^2 + r_2^2 - d^2}{2r_1r_2} \quad (4)$$

-по теореме косинусов.

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot \frac{\hat{E}\hat{z}^2}{\hat{I} \cdot \hat{i}}$$

Подставляем значение величин в системе СИ

$$E_1 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{10^{-9}}{(0.09)^2} = 1,11 \cdot 10^3 \frac{V}{m}, \quad E_2 = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9}}{(0.07)^2} = 3,68 \cdot 10^3 \frac{V}{m},$$

$$\cos \alpha = \frac{(0.09)^2 + (0.07)^2 - (0.1)^2}{2 \cdot 0.09 \cdot 0.07} = 0,238,$$

$$E = \sqrt{(1.11 \cdot 10^3)^2 + (3.66 \cdot 10^3)^2 + 2 \cdot 1.11 \cdot 10^3 \cdot 3.66 \cdot 10^3 \cdot 0.238} = 3.58 \cdot 10^3 \frac{V}{m}$$

Потенциал результирующего поля, созданного двумя зарядами Q_1 Q_2 , равен алгебраической сумме потенциалов

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 \quad (5)$$

Потенциал φ_1 является положительным, т.к. поле создано положительным зарядом Q_1 , потенциал φ_2 является отрицательным, т.к. поле создано отрицательным зарядом Q_2 . Потенциал поля, созданного точечным зарядом, определяется по формуле

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

Подставляя числовые значения, получим

$$\varphi_1 = \frac{1}{4\pi \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9}} \cdot \frac{10^{-9}}{0,09} \hat{A} = 100 \hat{A}; \quad \varphi_2 = \frac{1}{4\pi \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9}} \cdot \frac{-2 \cdot 10^{-9}}{0,07} \hat{A} = -257 \hat{A};$$

В соответствии с (5)

$$\varphi_1 = 100 \hat{A}, \quad \varphi_2 = -257 \hat{A}, \quad \varphi = 100 + (-257) = -157 \hat{A}.$$

Задача 2.

На вертикальной бесконечно протяженной пластине равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 3,3 \text{ нКл/м}^2$. На прикрепленной к пластине нити подвешен маленький шарик массы $m=1 \text{ г}$, несущий заряд того же знака. Найти его заряд Q , если нить образует с вертикалью угол $\alpha = 30^\circ$.

Решение

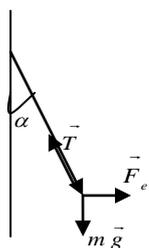


Рис. 2

Шарик под действием трех сил (силы тяжести $m\vec{g}$, силы электрического отталкивания \vec{F}_e и силы натяжения нити \vec{T}) находится в равновесии. Следовательно для него можно записать:

$$m\vec{g} + \vec{F}_e + \vec{T} = 0 \quad (1)$$

Переходя от векторного уравнения к проекциям на вертикальное и горизонтальное направления, получим

$$\vec{F}_e = T \sin \alpha \quad \text{И} \quad m\vec{g} = T \cos \alpha \quad (2)$$

Оттуда $\vec{F}_e = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (3)$

Но сила \vec{F}_e электрического взаимодействия шарика и пластины равна

$$\vec{F}_e = QE = Q \frac{\delta}{2\varepsilon_0\varepsilon} \quad (4)$$

где $E = Q \frac{\delta}{2\varepsilon_0\varepsilon}$ - напряженность электрического поля, создаваемого заряженной пластиной. Диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 1$, так как нет указаний о наличии среды.

Подставим (4) в (3), получим

$$\frac{Q\delta}{2\varepsilon_0\varepsilon} = mg \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (5)$$

Откуда заряд шарика $Q = \frac{2\varepsilon_0\varepsilon mg \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\delta} \quad (6)$

Подставив числовые значения, получим

$$Q = \frac{2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,8 \cdot 0,577}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9 \cdot 3,3 \cdot 10^{-9}} = 3 \cdot 10^{-5} \text{ Кл}$$

Проверим соответствие единиц $Q = \frac{\hat{E}\delta^2 \cdot \hat{e}\tilde{a} \cdot \hat{i} \cdot \hat{i}^2}{\hat{I} \cdot \hat{i}^2 \cdot \hat{n}^2 \cdot \hat{E}\delta} = \hat{E}\delta$

Задача 3.

На шарик радиуса $R=2\text{см}$ помещен заряд $Q=4 \text{ пКл}$. С какой скоростью V подлетает к шару электрон, начавший движение из бесконечно удаленной от него точки?

Решение.

При притяжении электрона к заряженному шару электрическое поле совершает работу $A = e(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (1)$

Где $e=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – заряд электрона, $\varphi_1 - \varphi_2$ - разность потенциалов конечной и начальной точек поля. Для бесконечно удаленной точки $\varphi_2=0$, $\varphi_1 = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}$ - потенциал поверхности шарика.

Диэлектрическая проницаемость $\varepsilon = 1$, т.к. нет указание о наличии среды. По закону сохранения энергии вся работа электрического поля затратилась на сообщение на сообщение электрону кинетической энергии $e(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{mV^2}{2} \quad (2)$

Здесь $m=9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ – масса электрона.

С учетом значений φ_1 и φ_2 получим $\frac{eQ}{4\pi\varepsilon_0 R} = \frac{mV^2}{2} \quad (3)$

Оттуда скорость электрона
$$v = \sqrt{\frac{2eQ}{4\pi\epsilon_0 Rm}} \quad (4)$$

Подставим числовые значения

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^{-12}}{4\pi \cdot \frac{1}{4\pi \cdot 9 \cdot 10^9} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}} = 8 \cdot 10^5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Проверим соответствие единиц
$$[v] = \left[\frac{\hat{E}\ddot{e} \cdot \hat{E}\ddot{e} \cdot H \cdot \dot{i}^2}{\hat{E}\ddot{e}^2 \cdot \dot{i} \cdot \hat{e}\ddot{a}} \right]^{1/2} = \left[\frac{\hat{e}\ddot{a} \cdot \dot{i}^2}{\hat{e}\ddot{a} \cdot \ddot{n}^2} \right]^{1/2} = \frac{\dot{i}}{\ddot{n}}$$

Таблица вариантов

№ варианта	Номер задач				№ варианта	Номер задач			
1	1	51	101	145	26	26	76	126	170
2	2	52	102	146	27	27	77	127	171
3	3	53	103	147	28	28	78	128	172
4	4	54	104	148	29	29	79	129	173
5	5	55	105	149	30	30	80	130	174
6	6	56	106	150	31	31	81	131	175
7	7	57	107	151	32	32	82	132	176
8	8	58	108	152	33	33	83	133	177
9	9	59	109	153	34	34	84	134	178
10	10	60	110	154	35	35	85	135	179
11	11	61	111	155	36	36	86	136	180
12	12	62	112	156	37	37	87	137	181
13	13	63	113	157	38	38	88	138	182
14	14	64	114	158	39	39	89	139	183
15	15	65	115	159	40	40	90	140	184
16	16	66	116	160	41	41	91	141	185
17	17	67	117	161	42	42	92	142	186
18	18	68	118	162	43	43	93	143	187
19	19	69	119	163	44	44	94	144	165
20	20	70	120	164	45	45	95	122	169
21	21	71	121	165	46	46	96	124	170
22	22	72	122	166	47	47	97	126	166
23	23	73	123	167	48	48	98	128	167
24	24	74	124	168	49	49	99	130	171
25	25	75	125	169	50	50	100	125	172

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ.

1. Электрон вращается по орбите радиуса R вокруг ядра с зарядом ze . Каковы скорость V и период T вращения электрона?

2. Определить силу взаимодействия F двух точечных зарядов по $Q=0,1$ Кл, находящихся в вакууме на расстоянии $r=1$ друг от друга.

3. Даны два шарика массой $m=1$ г. каждый. Какой заряд Q нужно сообщить каждому шарика, чтобы сила взаимного отталкивания зарядом уравновесила силу взаимного гравитационного притяжения шариков?

4. На двух одинаковых капельках воды находятся по одному лишнему электрону. Каков радиус капелек r , если сила электростатического отталкивания уравновешивает силу гравитационного притяжения?

5. При бомбардировки неподвижного ядра натрия α -частицей сила отталкивания между ними достигла $F=140$ Н. На какое наименьшее расстояние r приблизится α -частица к ядру атома натрия?

6. Найти силу F , действующую на заряд $Q=6,7 \cdot 10^{-9}$ Кл, если он помещен на расстояние $r=2$ см от поверхности заряженного шара радиусом $R=2$ см и поверхностной плотностью заряда $\sigma = 2 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{E_0}{4\pi}$.

7. Под действием сил притяжения маленький отрицательно заряженный шарик равномерно движется по окружности вокруг точечного положительного заряда $Q = 1,1 \cdot 10^{-9}$ Кл. Радиус окружности равен $r=1,5$ см, скорость вращения $v = 20$ см/с. Найти отношение заряда шарика к его массе.

8. С какой силой F притягивается электрон водородного атома к ядру, если диаметр атома водорода $d=2 \cdot 10^{-8}$ см?

9. Вычислить отношение силы электрического отталкивания двух протонов к силе и гравитационного притяжения. Сделать тот же расчет для электронов.

10. Металлический шарик имеет заряд $Q=3,3 \cdot 10^{-9}$ Кл. Сколько электронов надо отнять от шарика для такой электризации?

11. Вычислить ускорение a , сообщаемое одним электроном другому, находящемуся от первого на расстоянии $r=1$ мм.

12. Определить величину Q одинаковых точечных электрических зарядов, взаимодействующих в вакууме с силой $F=0.1$ Н, если расстояние между зарядами $r=6$ м.

13. Два заряда находясь в воздухе на расстоянии $r_1=5$ см взаимодействуют с силой $F_1=120$ мкН, а некоторой непроводящей жидкости на расстоянии $r_2=10$ см – силой $F_2=15$ мкН. Какова относительная диэлектрическая проницаемость ε жидкости?

14. Определить расстояние r между двумя одинаковыми электрическими зарядами, находящимися в масле с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon=3$, если сила взаимодействия с ними такая же, как в вакууме на расстоянии $r=30$ см.

15. Два заряда, каждый из которых состоит из электронов общей массой $m=1$ г, находится на расстоянии $r=10^{-11}$ м. С какой силой F они взаимодействуют?

16. Два точечных заряда Q_1 и Q_2 находятся на расстоянии r друг от друга. Если расстояние между ними уменьшается $\Delta r=50$ см, сила взаимодействия увеличивается в два раза. Найти расстояние r .

17. Металлический шарик имеет $N_1=5 \cdot 10^5$ избыточных электронов. Какова сила взаимодействия F этого шарика с другим таким же шариком, находящимся на расстоянии $r=1$ м и имеющим заряд $Q_2=3,2 \cdot 10^{-14}$ Кл? Сколько избыточных электронов останется на первом шарике после соприкосновения со вторым?

18. Два заряда, один из которых в три раза больше другого находясь в вакууме на расстоянии $r=30$ см, взаимодействуют с силой в вакууме на расстоянии $r=30$ см взаимодействуют с силой $F=30$ Н. Определить эти заряды.

19. Как изменятся силы взаимодействия между двумя точечными зарядами если каждый заряд увеличить в 4 раза, а расстояние между зарядами уменьшить в двое?

20. Во сколько раз надо изменить расстояние между зарядами при увеличении одного из них в 4 раза, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?

21. Два точечных отрицательных заряда $Q_1=-1,8 \cdot 10^{-7}$ Кл и $Q_2=-0,72 \cdot 10^{-6}$ Кл расположенным на расстоянии $r=3$ м друг от

друга. Когда в некоторой точки поместили третий заряд Q_3 , то все три заряда оказались в равновесии. Определить третий заряд Q_3 и его положение.

22. В вершинах квадрата закреплены 4 одинаковых точечных положительных заряда по $Q=10^{-8}$ Кл. Какой точечный заряд Q_0 надо поместить в центре квадрата, что бы вся система находилась в равновесии?

23. В вершинах квадрата со стороной $a=10$ см расположены 4 одинаковых по величине точечных заряда $Q = 40$ нКл. Из которых два положительных и два отрицательных, причем одноименные заряды расположены рядом. Найти силу, действующую на точечный заряд $Q_0 = 50$ нКл, помещенный в центре квадрата.

24. Четыре одинаковых заряда по $Q = 40$ нКл закреплены в вершинах квадрата со стороной $a=10$ см. Найти силу F , действующую на один из этих зарядов со стороны трех остальных.

25. Три шарика массой $m=5$ г каждый подвешены к одному крючку на нитях длиной $\ell=1$ м. При сообщении шариком одинаковых одноименных зарядов Q шарики разошлись так, что угол между нитями стал $\alpha =40^\circ$. Найти заряд шариков Q .

26. В центре квадрата расположен положительный заряд $Q=250$ нКл. Какой отрицательный заряд Q_0 надо поместить в каждой вершине квадрата, что бы система зарядов находилась в равновесии?

27. Два одинаковых металлических шарика находятся на расстоянии $r=60$ см. Сила отталкивания заряженных шариков $F_1=70$ мкН. После того, как шарики привели в соприкосновение и удалили друг от друга на прежнее расстояние сила отталкивания возросла и стала равной $F_2=160$ мкН. Вычислить Q_1 и Q_2 , которые были на шариках до их соприкосновения. Диаметр шарика считать много меньшим расстояния между ними.

28. Два одинаковых шарика массой $m=0,1$ г каждый подвешены на нитях одинаковой длины $\ell =0,2$ м закрепленных в одной точке. Один из шариков отвели в сторону и зарядили. После соприкосновения с другим шариком, шарики разошлись так, что нити составили угол $\alpha =60^\circ$. Найти величину заряда Q_1 , сообщенного первому шарiku.

29. Шарик массой $m=4$ г, несущий заряд $Q_1=278$ нКл, подвешен в воздухе на тонкой шелковой нити. При приближении к нему заряда Q_2 противоположного знака нить отклонилась от вертикали на $\alpha =45^\circ$. Найти величину заряда Q_2 , если расстояние между Q_1 и Q_2 в отклоненном состоянии $r=6$ см.

30. Два одинаковых шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, под действием сообщенного им заряда разошлись так, что нити составили угол $\alpha =90^\circ$. Через некоторое время угол между ними уменьшился до $\beta =60^\circ$. Определить, какая доля первоначального заряда осталась на каждом шарике?

31. Заряды $Q_1=Q$ и $Q_2=-2Q$ находятся на расстоянии ℓ друг от друга. С какой силой действуют эти заряды на третий заряд $Q_3=3Q$, если он расположен на расстоянии ℓ от середины линии, соединяющей эти заряды? $Q=20$ нКл, $\ell =20$ см.

32. Два одинаковых заряженных шарика подвешены на нитях одинаковой длины. Их опускают в жидкий диэлектрик плотностью $\rho =800$ кг/м³. Какова должна быть плотность материала шариков, что бы углы расхождения шариков в воздухе и среде были одинаковы? Относительную диэлектрическую проницаемость принять $\varepsilon = 2,2$.

33. Два шарика одинакового радиуса и одинаковой массы подвешены на нитях так, что их поверхности соприкасаются. Какой заряд нужно сообщить шарикам, что бы натяжение нитей стало $T=0,098$ Н ? Расстояние от точки подвеса до центра шарика $\ell =10$ см, масса шарика $m=5$ г.

34. Два одинаково проводящих шарика с зарядами $Q_1= +2$ нКл и $Q_2= -1$ нКл соприкоснулись вследствие притяжения и вновь разошлись на расстояние $r=4$ см .Определить заряд каждого шарика после соприкосновения и силу взаимодействия между ними.

35. Шарика равных размеров и масс помещены так, что их поверхности прикасаются. После сообщения им зарядов по $Q=50$ нКл они оттолкнулись друг от друга, а нити составили в угол $2\alpha =60^\circ$. Найти массу шариков, если расстояние от точки подвеса до центра шариков $\ell =20$ см. Размеры шариков пренебрежимо малы по сравнению с отталкиванием.

36. Два положительных заряда Q и $4Q$ закреплены на расстоянии $r=60\text{см}$ друг от друга. Определить, в какой точке прямой, соединяющей заряды, надо поместить третий заряд, чтобы он находился в равновесии. Какой знак должен иметь этот заряд, чтобы равновесие было устойчивым? Перемещения заряда возможны только прямой, проходящей через заряды.

37. Расстояние между двумя точечными зарядами $Q_1 = 1$ мкКл и $Q_2 = -1$ мкКл равно $r=10\text{см}$. Определить силу F , действующую на точечный заряд $Q_0=0,1\text{мкМл}$, удаленный на $r_1=6$ см от первого и на $r_2=8\text{см}$ от второго зарядов.

38. Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α . Шарика погружаются в масло плотностью $\rho_0 = 800$ кг/м³. Какова диэлектрическая проницаемость ε масла, если угол расхождения нитей при погружении шариков в масло остается неизменным? Плотность материалов шарика $\rho = 1,6 \cdot 10^3$ кг/м³.

39. Три одинаковых точечных заряда $Q_1=Q_2=Q_3=1$ нКл расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой заряд Q_4 нужно поместить в центр треугольника, чтобы указания системы зарядов находились в равновесии?

40. Три одинаковых точечных заряда $Q_1=Q_2=Q_3=1$ нКл расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой заряд Q_4 нужно поместить в центр треугольника, чтобы указания системы зарядов находились в равновесии?

41. Тонкая шелковая нить выдерживает максимальное натяжение $T=9,8$ мН. Подвешенный на этой нити шарик массой $m=0,6$ г имеет заряд $Q_1=1$ нКл. Снизу в направлении линии подвеса к нему подносят шарик, имеющий заряд $Q_2=-1,3$ нКл. На каком расстоянии r нить между шариками разорвется?

42. Три одинаковых заряда величиной $Q = 7$ нКл каждый помещены в вершинах равностороннего треугольника. Сила, действующая на каждый заряд $F=0,01$ Н. Определить длину стороны a треугольника.

43. Четыре одинаковых по абсолютной величине точечных заряда, из которых два положительных и два отрицательных, расположенных в вершинах квадрата со стороной $a=20$ см,

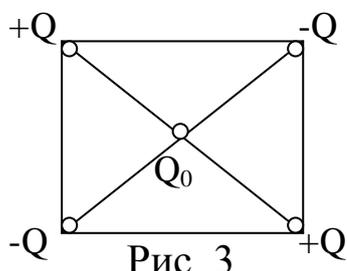


Рис. 3

как показано на рис. 3. Абсолютная величина каждого заряда $Q=7$ нКл. Найти силу F , действующую на помещенный в центр квадрата заряд $Q_0=7$ нКл.

44. Каждый из двух маленьких шариков положительно заряжен так, что их общий заряд $Q=50$ мкКл. Как распределен этот заряд между ними, если они, находясь на расстоянии $r=2$ м друг от друга, отталкиваются с силой $F=1$ Н?

45. На нити подвешен шарик массой $m=9,8$ г, которому сообщили заряд $Q=1$ мкКл. Когда к нему поднесли снизу заряженный таким же зарядом шарик, сила тяжести нити уменьшилась в четыре раза. Определить расстояние между шариками.

46. Шарик массой m с зарядом Q , подвешенный на нити длиной ℓ , вращается вокруг неподвижного заряда такого же, как и заряд шарика. Угол между направлением нити и вертикалью равен α . Найти угловую скорость ω равномерного вращения шарика и силу натяжения T нити.

47. Шарик массой $m=150$ мг, подвешенный на непроводящей нити, имеет заряд $Q=-10$ нКл. На расстоянии $r=32$ см от него снизу помещается второй шарик. Каким должен быть по величине и знаку его заряд Q_0 , чтобы натяжение нити увеличилось в два раза?

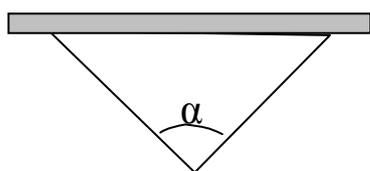


Рис. 4

48. Заряженный шарик массой $m=588$ мг подвешен на шелковых нитях, образующих угол $\alpha=90^\circ$ (рис. 4) На расстоянии $r=4,2$ см по вертикали снизу помещают другой шарик с разноименным зарядом такой же величины. При этом натяжение нити увеличивается вдвое. Определить заряд

шарика Q и натяжение нити T при наличии кулоновского взаимодействия.

49. На каком расстоянии снизу от шарика, подвешенного на нити и имеющего заряд $Q=7$ нКл, должна быть расположена стальная пылинка объемом $V=9$ мм³, чтобы она находилась в равновесии, если заряд пылинки равен $Q=-2,1$ нКл? Плотность стали $\rho = 7,8 \cdot 10^3$ кг/м³.

50. Два заряда $Q_1=25$ нКл и $Q_2=-25$ нКл расположены на расстоянии $r_1=2,4$ см друг от друга. С какой силой F эти заряды действуют на заряд $Q_3=2$ нКл, помещенный в точку, удаленную на расстояние $r_2=15$ см от каждого заряда?

51. Найти силу F , действующую вдоль силовой линии на заряд $Q=3,5$ Кл, помещенный в однородное электрическое поле, напряженность которого $E=3,6$ В/см.

52. На бесконечном тонкостенном цилиндре диаметром $d=10$ см равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma=10^{-4}$ Кл/м². Определить напряженность E поля в точке, отстоящей от поверхности цилиндра на $a=5$ см.

53. Определить напряженность E и потенциал φ поля, создаваемого равномерно заряженной сферой с поверхностной плотностью заряда $\sigma=1$ мкКл/м², в точке, удаленной на $a=9$ см от поверхности сферы. Радиус сферы $r=1$ см.

54. Очень длинная равномерно заряженная проволока создает поле, напряженность которого на расстоянии $r=5$ см от проволоки равна $E=1,2$ В/см. Найти линейную плотность τ заряда проволоки.

55. С какой силой F , приходящейся на единицу площади, отталкиваются две одноименно заряженные бесконечно протяженные пластины с одинаковой поверхностной плотностью заряда $\sigma=2$ Кл/м².

56. Какова напряженность поля двух безграничных взаимноперпендикулярных плоскостей, если на них нанесены равномерно электрические заряды одного знака с поверхностной плотностью $-\sigma$ и -2σ ?

57. Какое расстояние между двумя взаимодействующими нитями с линейной плотностью заряда $\tau_1=0,1$ мкКл/м и $\tau_2=0,2$ мкКл/м, если сила взаимодействия между ними, рассчитана на каждый метр длины, равна $F=3,6$ мН?

58. Какова поверхностная плотность заряда плоскостей которые взаимодействуют друг с другом с силой $F=2$ мкН на единицу площади? Плоскости считать бесконечными, параллельными, заряженными с одинаковой поверхностной плотностью заряда.

59. Бесконечная равномерно заряженная плоскость имеет поверхностную плотность электрических зарядов $\sigma = 9 \text{ мкКл/м}^2$. На ней находится алюминиевый шарик с зарядом $Q = 3,68 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$. Каким должен быть радиус шарика, чтобы он не падал? Плотность алюминия $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

60. Параллельно бесконечной плоскости, заряженной с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 4 \text{ Кл/м}^2$, расположена бесконечно длинная прямая нить, заряженная с линейной плотностью $\tau = 100 \text{ нКл/м}$. Определить силу F , действующую со стороны плоскости на отрезок нити длиной $\ell = 1 \text{ м}$.

61. Электрический диполь с зарядами $Q = 90 \text{ нКл}$, и расстоянием между ними $\ell = 1 \text{ см}$ находятся в керосине. Определить напряженность электрического поля в центре диполя на его оси.

62. На расстоянии $r = 4 \text{ мм}$ от прямой проволоки длиной $\ell = 150 \text{ см}$, на которой равномерно распределен заряд $Q_1 = 0,2 \text{ мкКл}$, находится пылинка с зарядом $Q_2 = -2 \cdot 10^{-16} \text{ Кл}$. Определить силу F , действующую на пылинку.

63. Заряженная капелька масла радиусом $r = 10^{-3} \text{ мм}$ находится в равновесии в однородном электрическом поле с напряженностью $E = 7,85 \text{ кВ/м}$. Приняв плотность масла $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$, определить заряд капельки Q .

64. С какой силой (на единицу длины) отталкиваются две одноименно заряженные бесконечно длинные параллельные нити с одинаковой линейной плотностью заряда $\tau = 3 \text{ мкКл/м}$, на расстоянии $a = 20 \text{ см}$ друг от друга?

65. Расстояние r между двумя точечными зарядами $Q = 8 \text{ нКл}$ и $Q = -5,3 \text{ нКл}$ равно $r = 40 \text{ см}$. Вычислить напряженность поля в точке, лежащей посередине между зарядами. Чему равна напряженность E_2 , если второй заряд будет положительный?

66. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими одинаковый равномерно распределенный по площади заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 1 \text{ нКл/м}^2$. Определить напряженность поля: а) между пластинами, б) вне пластин.

67. Две круглые пластины площадью по $S = 100 \text{ см}^2$ каждая расположена параллельно друг другу. Заряд одной пластины

$Q_1=+100$ нКл, другой $Q_2=-100$ нКл. Определить силу взаимного притяжения пластин, если расстояние между ними $d=2$ см.

68. Точечный заряд $Q=1$ мкКл находится вблизи большой равномерно заряженной пластины против ее середины. Вычислить поверхностную плотность σ заряда пластины, если на точечный заряд действует сила $F=60$ мН.

69. Большая металлическая пластина несет равномерно распределенный по поверхности заряд с поверхностной плотностью $\sigma=10$ нКл/м². На малом расстоянии от пластины находится точечный заряд $Q=100$ нКл. Найти силу F , действующую на заряд.

70. Между пластинами плоского конденсатора находится точечный заряд $Q=30$ нКл. Поле конденсатора действует на заряд с силой $F_1=10$ мН. Определить силу F_2 взаимного притяжения пластин, если площадь каждой пластины $S=100$ см².

71. Маленький шарик подвешен на тонкой шелковой нити в пространстве плоского воздушного конденсатора, пластины которого расположены горизонтально. Шарик несет на себе заряд $Q_1=4$ нКл. Если пластинам сообщить заряд $Q_2=1$ мкКл, то натяжение нити увеличится вдвое. Площадь пластин конденсатора равна $S=100$ см². Определить массу шарика. Массой нити пренебречь. Поле внутри конденсатора считать однородным.

72. Маленький шарик, несущий заряд $Q_1=2$ нКл, подвешен на тонкой шелковой нити между вертикальными пластинами незаряженного конденсатора. Когда пластины конденсатора зарядили зарядом $Q_2=0,9$ мкКл, шарик отклонится от вертикали на угол $\alpha=30^\circ$. Найти массу шарика m . Площадь пластины конденсатора $S=30$ см². Массой нити пренебречь. Поле внутри конденсатора считать однородным.

73. Электрон влетает в плоский конденсатор, расположенный горизонтально, параллельно его пластинам со скоростью $V=10$ Мм/с. Напряженность поля в конденсаторе $E=100$ В/см, длина конденсатора $\ell=5$ см. Найти величину и направление скорости электрона при вылете его из конденсатора.

74. Расстояние между зарядами $Q_1=-44$ нКл и $Q_2=+0,1$ мкКл равно $r=5$ см. Определить напряженность и потенциал поля в точке, удаленной на $r_1=4$ см от первого и на $r_2=3$ см от второго зарядов.

75. Вертикальная бесконечно протяженная плоскость заряжена равномерно. Поверхностная плотность заряда $\sigma = 9,8$ мкКл/м². К плоскости на нити подвешен заряженный шарик массой $m=1$ г. Определить заряд шарика Q , если нить образует с плоскостью угол $\alpha=45^{\circ}$. Нить считать невесомой, а так же достаточно длинной, чтобы можно было пренебречь влиянием шарика на распределение заряда на плоскости.

76. Протон и α -частица, двигаясь с одинаковой скоростью, влетают в плоский конденсатор параллельно пластинам. Во сколько раз отклонение протона полем конденсатора будет больше отклонения α -частицы? Заряд α -частицы в два раза больше заряда протона, а масса α -частицы в четыре раза больше массы протона.

77. Расстояние между двумя точечными зарядами $+9Q$ и $+Q$ равно $r=8$ см. На каком расстоянии r_1 от первого заряда находится точка, в которой напряженность суммарного поля данных зарядов равно нулю?

78. Вертикальная бесконечно протяженная плоскость заряжена равномерно. К плоскости на нити подвешен заряженный шарик $Q=0,88 \cdot 10^{-4}$ Кл, $m=10$ г. Нить образует с плоскостью угол $\alpha=45^{\circ}$. Найти поверхностную плотность заряда плоскости. Нить считать невесомой, а так же достаточно длинной.

79. Даны два точечных положительных заряда по $Q=2,5 \cdot 10^{-8}$ Кл. Расстояние между зарядами $r_1=5$ см. Найти напряженность E и потенциал φ поля в точке, удаленной на $r_2=5$ см от каждого заряда.

80. В двух вершинах равностороннего треугольника ($a=4$ м) расположены равные по величине, но разные по знаку точечные заряды по $Q=3,2 \cdot 10^{-5}$ Кл каждый. Определить напряженность E и потенциал φ электрического поля в третьей вершине треугольника

81. Расстояние между двумя длинными тонкими проводами, расположенными параллельно друг другу, равно $\ell=20$ см. Оба провода равномерно заряжены разноименными зарядами с линейной плотностью $\tau = 1,1 \cdot 10^{-9}$ Кл/м. Определить напряженность электрического поля E в точке, находящейся на расстоянии $r=20$ см как от первого, так и от второго провода.

82. Два длинных прямых провода, расположенные параллельно друг другу на расстоянии $\ell=20$ см, равномерно заряжены с линейной плотностью $\tau_1=10^{-9}$ Кл/м и $\tau_2=2\cdot 10^{-9}$ Кл/м. Определить положение прямой, на которой напряженность поля равна нулю.

83. Расстояние между двумя длинными тонкими проволоками, расположенными параллельно друг другу, $d=10$ см. Проволоки заряжены разноименными зарядами с линейной плотностью $\tau_1=0,66\cdot 10^{-7}$ Кл/см и $\tau_2=+4,4\cdot 10^{-8}$ Кл/см. Найти напряженность поля E в точке, расположенной на расстоянии $r_1=6$ см от первой и $r_2=8$ см от второй проволоки.

84. Электрон движется в плоском горизонтальном конденсаторе параллельно его пластинам со скоростью $V=3,6\cdot 10^4$ км/с. Напряженность поля внутри конденсатора $E=37$ В/см. Длина пластин конденсатора $\ell=20$ см. На сколько сместится электрон в вертикальном направлении под действием электрического поля за время его движения в конденсаторе?

85. В вершинах правильного шестиугольника со стороной "а" помещаются точечные заряды одинаковой величины. Найти потенциал и напряженность поля в центре шестиугольника, если знаки всех зарядов одинаковы.

86. Электрон с начальной скоростью $V_0=3\cdot 10^6$ м/с влетел в однородное электрическое поле напряженностью $E=150$ В/м. Вектор начальной скорости перпендикулярен линиям напряженности электрического поля. Найти: 1) силу, действующую на электрон; 2) ускорение, приобретаемое электроном; 3) скорость электрона через $t=0,1$ мкс.

87. К заряженной бесконечно протяженной плоскости подвешен на нити шарик, заряженный одноименным зарядом $Q=1$ нКл и массой $m=1$ г. Какой угол α образует нить с плоскостью, если поверхностная плотность заряда плоскости $\sigma=4\cdot 10^{-9}$ Кл/см²

88. Бесконечный, равномерно заряженный вертикальной плоскости подвешен на нити одноименно заряженный шарик массой $m=40$ мг и зарядом $Q=670$ пКл. Натяжение нити, на которой висит шарик, $T=490$ мкН. Найти поверхностную плотность заряда σ на плоскости.

89. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами $Q_1=40$ пКл и $Q_2=-10$ пКл, находящимися на расстоянии $r=10$ см друг от друга. Найти напряженность поля в точке, удаленной от первого заряда на $r_1=12$ см, а от второго на $r_2=6$ см.

90. В вершинах равностороннего треугольника расположены три равных одноименных заряда Q . Какова напряженность поля E в центре треугольника? Чему будет равна напряженность поля E , если один заряд станет иметь противоположный знак?

91. Электрическое поле создано бесконечной плоскостью, заряженной с поверхностной плотностью $\sigma=400$ пКл/м² и бесконечной прямой нитью, заряженной с линейной плотностью $\tau=100$ пКл/м. Определить силу действующую на заряд $Q=10$ пКл, находящийся на расстоянии $r=10$ см от нити, если заряд и нить лежат в одной плоскости, параллельной заряженной плоскости.

92. В вершинах квадрата со стороной $a=2,84$ см расположены заряды $Q_1=+1,6 \cdot 10^{-9}$ Кл, $Q_2=+3,2 \cdot 10^{-9}$ Кл, $Q_3=-3,2 \cdot 10^{-9}$ Кл, $Q_4=-1,6 \cdot 10^{-9}$ Кл. Определить потенциал φ и напряженность E электрического поля в центре квадрата.

93. Определить напряженность E поля, создаваемого точечным диполем с электрическим моментом $P=2 \cdot 10^{-12}$ Кл.м, на расстоянии $r=10$ см от центра диполя в направлении, перпендикулярным оси диполя.

94. Расстояние между зарядами диполя $\ell=1$ мкм. Найти величину зарядов диполя, если напряженность в точке, удаленной от обоих зарядов на расстояние $r=2$ см, равна $E_0=1,8$ В/м.

95. В вершинах при острых углах ромба, составленного из двух равносторонних треугольников со стороной " a " помещены положительные заряды Q . В вершине при одном из тупых углов ромба помещен так же положительный заряд Q_0 . Определить напряженность электрического поля E в четвертой вершине ромба.

96. Диагонали ромба имеют длину $d_1=96$ см и $d_2=32$ см. на концах длинной диагонали расположены точечные заряды $Q_1=22$ пКл и $Q_2=120$ пКл, на концах короткой – заряды $Q_3=3$ пКл и $Q_4=13$ пКл. Определить величину и направление (относительно короткой диагонали) напряженности E электрического поля в центре ромба.

97. Какой угол α с вертикалью составляет нить, на которой висит заряженный шарик массой $m=0,25$ г, помещенный в горизонтальное электрическое поле напряженностью $E=36$ В/м? Заряд шарика $Q=7$ мкКл.

98. В однородном электрическом поле с напряженностью $E=1$ мВ/м, направленный под углом $\alpha=30^\circ$ к вертикали, висит на нити шарик массой $m=2$ г, несущий заряд $Q=10$ пКл. Найти силу натяжения нити T .

99. Электрон движется в направлении однородного электрического поля с напряженностью $E=120$ В/м. Какое расстояние пролетит электрон до полной потери скорости, если его начальная скорость $V_0=1000$ км/с? За какое время будет пройдено это расстояние?

100. На сколько изменится ускорение тела, падающего на землю, если ему сообщить заряд $Q=+4 \cdot 10^{-8}$ Кл? Масса тела $m=5$ г, напряженность поля у поверхности земли $E=100$ В/м.

101. Вблизи бесконечной заряженной плоскости находится точечный заряд $Q=3$ пКл. Под действием поля заряд перемещается вдоль силовой линии на расстояние $\ell=10$ см. При этом совершается работа $A=1$ мДж. Найти поверхностную плотность заряда пластины.

102. Пылинка массой $m=10^{-9}$ г несущей на себе 5 электронов, прошла в вакууме ускоряющую разность потенциалов $U=3 \cdot 10^6$ В. Какова кинетическая энергия W_k пылинки? Какую скорость V приобрела пылинка?

103. Какая совершается работа при перенесении точечного заряда в $Q=2 \cdot 10^{-8}$ Кл из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии $d=1$ см от поверхности шара радиусом $R=1$ см с поверхностной плотностью заряда $\sigma=10^{-9}$ Кл/см².

104. Какую работу надо совершить, чтобы два шарика с зарядами Q_1 и Q_2 , находящиеся на расстоянии r_1 друг от друга сблизить до расстояния r_2 ? $Q_1=10^{-8}$ Кл, $Q_2=3 \cdot 10^{-9}$ Кл, $r_1=0,02$ м, $r_2=0,03$ м.

105. Ион атома Li^+ прошел разность потенциалов $U_1=400$ В. Ион атома натрия Na^+ - разность потенциалов $U_2=300$ В. Найти отношение скоростей этих ионов.

106. Пылинка массой $m=10^{-5}$ г, несущая на себе заряд $Q=10^{-8}$ Кл влетела в электрическое поле в направлении силовых линий.

После прохождения разности потенциалов $U=150$ В пылинка имела скорость $V=20$ м/с. Какая была скорость пылинки до того, как она влетела в поле?

107. Электрон, обладающий кинетической энергией $W_k=1,6 \cdot 10^{-18}$ Кл, влетел в однородное электрическое поле в направлении силовых линий. После прохождения разности потенциалов $U=8$ В его скорость изменилась. Какой она стала?

108. При перемещении заряда $Q=0,2$ мКл в электрическом поле совершается работа $A=0,6$ Дж. Вычислить разность потенциалов между начальной и конечной точками перемещения.

109. При перемещении заряда $Q=0,3$ Кл в однородном электрическом поле между двумя точками, находящимися на расстоянии $r=0,25$ м одна от другой, совершается работа $A=150$ Дж. Определить разность потенциалов U между указанными точками и напряженность поля E .

110. Найти отношение скоростей Ca^{++} и Na^+ , пришедших одинаковую разность потенциалов.

111. На какое расстояние могут приблизиться друг к другу два электрона, если они движутся на встречу с относительной скоростью $V=10$ Мм/с?

112. Шарик массой $m=1$ г и зарядом $Q=10^{-8}$ Кл перемещается из точки A , потенциал которой равен $\varphi_1=600$ В, в точку B , потенциал которой равен нулю. Чему была равна его скорость V_1 в точке A , если в точке B она стала равной 20 см/с?

113. Электрон с энергией $W_k=1,6 \cdot 10^{-17}$ Дж (в бесконечности) движется вдоль силовой линии по направлению к поверхности металлической заряженной сферы радиусом $R=5$ см. определить минимальное расстояние, на которое приблизится электрон к поверхности сферы, если заряд ее $Q=-10^{-9}$ Кл.

114. Заряженная частица, пройдя ускоряющую разность потенциалов равную $U=600$ кВ, приобрела скорость $V=5,4$ Мм/с. Определить удельный заряд частицы (отношение заряда к массе) Q/m .

115. определить потенциал точки поля, находящейся на расстоянии $r=10$ см от центра заряженного шара радиусом $R=1$ см, если известно поверхностная плотность заряда на шаре, равная $\sigma=10^{-11}$ Кл/см².

116. Шарик массой $m=40$ мг, заряженный зарядом $Q_1=1$ нКл, движется со скоростью $V=10$ см/с. На какое расстояние может приблизиться шарик к положительному точечному заряду $Q_2=2$ нКл.

117. Определить потенциальную энергию W_p системы двух точечных зарядов $Q_1=100$ нКл и $Q_2=10$ нКл, находящихся на расстоянии $r=10$ см друг от друга.

118. Найти скорость V электрона, прошедшего разность потенциалов $U=100$ В.

119. Маленький металлический шарик с массой $m=1$ г которому сообщен заряд $Q_1=10^{-7}$ Кл, брошен издалека со скоростью $V=1$ м/с в металлическую сферу с зарядом $Q_2=3 \cdot 10^{-7}$ Кл. При каком минимальном значении радиуса сферы шарик достигнет ее поверхности?

120. Определить ускоряющую разность потенциалов, которую должен пройти в электрическом поле электрон, обладающий скоростью $V=10^6$ м/с, чтобы скорость его возросла в $n=2$ раза.

121. Во сколько раз энергия электростатического воздействия двух частиц с зарядом Q и массой m больше энергии их гравитационного воздействия? Задачу решить для 1) электронов и 2) протонов.

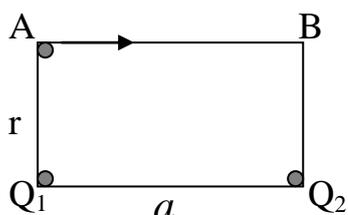


Рис. 5

122. Определить работу Электрических сил при перемещении заряда $Q=1$ нКл из т. A в т. B , если $Q_1=3$ нКл и $Q_2=-3$ нКл (рис. 5), $r=6$ см, $a=8$ см.

123. Шарик радиусом $R_1=2$ см с зарядом $Q=18$ нКл находится в воздухе. Найти радиусы эквивалентных поверхностей, потенциалы которых отличаются друг от друга на $\Delta\varphi=15$ В.

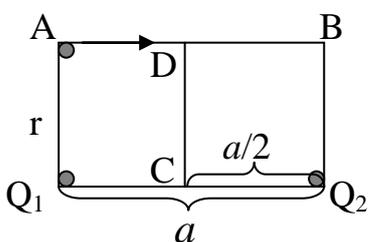


Рис. 6

124. Найти работу электрических сил при перенесении заряда $Q=1$ нКл: а) из точки A в точку B , б) из точки C в точку D , если $r=6$ см, $a=8$ см, $Q_1=Q_2=+3,3$ нКл (Рис. 6)

125. Поле образовано точечным диполем с электрическим моментом $p=10^{-10}$ Кл.м. Определить разность потенциалов U двух точек поля, расположенных симметрично относительно диполя на его оси, на расстоянии $r=10$ см от центра диполя.

126. В вершинах квадрата расположены точечные заряды $Q_1=+1$ нКл, $Q_2=-2$ нКл, $Q_3=+3$ нКл, $Q_4=-4$ нКл. Найти потенциал в центре квадрата, если сторона квадрата $a=10$ см.

127. На шарик радиуса $r=2$ см помещен заряд $Q=4$ нКл. С какой скоростью V подлетает к шартику электрон, начавший движение из бесконечно удаленной точки?

128. Электрон, пролетая в электрическом поле путь от точки A к точки B , увеличил свою скорость с $V_1=1000$ км/с до $V_2=3000$ км/с. Найти разность потенциалов между точками A и B поля.

129. Поле создано точечным зарядом $+Q$. Потенциалы точек A и C равны $\varphi_A=15$ В и $\varphi_B=5$ В (Рис. 6). Найти потенциал точки O , лежащей посередине между точками A и C .



Рис. 6

130. Два одноименных заряда по $Q=1$ нКл каждый находятся на некотором расстоянии друг от друга. Определить потенциал точки, лежащей на расстоянии $r=9$ см от каждого заряда.

131. Заряды Q , $-2Q$, $3Q$ расположены в вершинах правильного треугольника со стороной a . Какова потенциальная энергия этой системы?

132. Электрон влетает из точки, потенциал которой $\varphi_1=450$ В, со скоростью $V_1=190$ м/с. Какую скорость V_2 он будет иметь в точке с потенциалом $\varphi_2=475$ В?

133. Два электрона движутся под действием сил отталкивания. Какую скорость будут они иметь, когда расстояние между ними станет бесконечно большим? В начальный момент времени электроны находились на расстоянии $r=1$ см друг от друга.

134. Электрическое поле создано точечным зарядом $Q_1=6$ нКл. Каково изменение потенциальной энергии ΔW_p заряда $Q_2=1$ нКл при переносе его из точки A на расстояние $r_1=20$ см от Q_1 в точку B на расстояние $r_2=50$ см от Q_2 .

135. Определить потенциал φ электрического поля в точке, удаленной от зарядов $Q_1=-0,2$ мкКл и $Q_2=0,5$ мкКл соответственно на $r_1=15$ см и $r_2=25$ см.

136. Какова потенциальная энергия системы четырех одинаковых зарядов $Q=10$ нКл, расположенных в вершинах квадрата со стороной $a=10$ см?

137. Какую работу A нужно совершить для того, чтобы переместить заряд Q из точки A в точку B в поле двух точечных зарядов Q_1 и Q_2 (Рис. 7)?

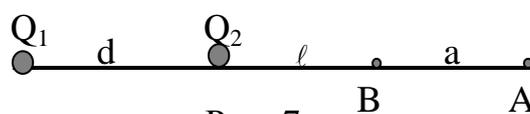


Рис. 7

138. Электрическое поле создано двумя одинаковыми положительными точечными зарядами Q . Найти работу A сил поля по перемещению заряда

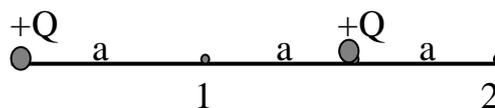


Рис. 8

$Q_1=10$ нКл из точки 1 с потенциалом $\varphi_1=300$ В в точку 2 (Рис. 8).

139. Определить работу A по перемещению заряда $Q_1=50$ нКл из точки 1 в точку 2 (Рис. 9) в поле, созданном двумя зарядами, модуль которых $|Q|=1$ мкКл и $a=0,1$ м.

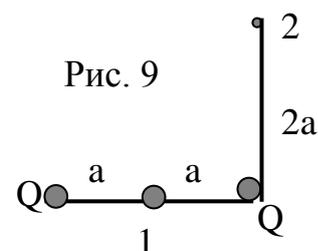


Рис. 9

140. Бесконечная плоскость заряжена отрицательно с поверхностной плотностью $\sigma=35,4$ нКл/м². По направлению силовой линии поля, созданного плоскостью, летит электрон. Определить минимальное расстояние ℓ_{\min} , на которое может подойти к плоскости электрон, если на расстоянии $\ell_0=5$ см он имел кинетическую энергию $W_k=1,28 \cdot 10^{-17}$ Дж.

141. Какой минимальной скоростью V_{\min} должен обладать протон, чтобы он мог достигнуть поверхности заряженного до

потенциала $\varphi = 400$ В металлического шара радиуса R , если начальное расстояние протона от поверхности шара $r = 3R$?

142. Электрон движется вдоль силовой линии однородного электрического поля. В некоторой точке поля с потенциалом $\varphi_1 = 100$ В электрон имел скорость $V_1 = 6$ Мм/с. Определить потенциал φ_2 точки поля, в которой скорость электрона $V_2 = 0,5V_1$.

143. По вершинам правильного шестиугольника со стороной $a = 5$ см расположены равные точечные заряды $Q = 6,6$ нКл. Определить работу A электрических сил при перенесении заряда $Q_1 = 3,3$ нКл из центра шестиугольника в середину одной из его сторон.

144. В вершинах правильного шестиугольника со стороной $a = 5$ см расположенные равные по модулю точечные заряды $|Q| = 6,6$ нКл, но заряды в соседних вершинах противоположны по знаку. Определить работу A электрических сил при перенесении заряда $Q_1 = 3,3$ нКл из центра шестиугольника в середину одной из его сторон.

145. Найти разность потенциалов между двумя точками, находящимися на расстоянии $d = 0,6$ м в однородном электрическом поле, напряженность которого $E = 3,6$ В/см.

146. Найти разность потенциалов $\Delta\varphi$ между двумя точками M и N поля бесконечной равномерно заряженной плоскости. Поверхностная плотность заряда $\sigma = 10^{-8}$ Кл/м². Точки M и N лежат на расстоянии $r_1 = 10$ см и $r_2 = 15$ см от плоскости.

147. Две параллельные плоскости заряжены с поверхностными плотностями $\sigma_1 = 2$ мкКл/м² и $\sigma_2 = 0,8$ мкКл/м², находятся на расстоянии $d = 0,6$ см друг от друга. Найти разность потенциалов $\Delta\varphi$ между плоскостями.

148. Электрическое поле создано бесконечной равномерно заряженной плоскостью. Поверхностная плотность заряда $\sigma = 10^{-8}$ Кл/м². найти работу A , необходимую для перемещения точечного заряда $Q = 1,6 \cdot 10^{-6}$ Кл из точки M в точку N . Точки M и N лежат на расстоянии $r_1 = 5$ см и $r_2 = 13$ см от плоскости.

149. Около заряженной бесконечно протяженной плоскости находится точечный заряд $Q = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл. Под действием поля заряд перемещается по силовой линии на расстояние $d = 20$ см. при этом

совершается работа $A=10$ мкДж. Найти поверхностную плотность заряда σ на плоскости.

150. Пылинка массой $m=10^{-12}$ г, несущая на себе один электрон находится в равновесии между пластинами плоского конденсатора. Определите расстояние d между пластинами и поверхностную плотность заряда σ пластин конденсатора, если разность потенциалов равна $U=600$ В. Поле считать однородным.

151. Капля масла диаметром $d=0,01$ мм удерживается в равновесии между горизонтальными пластинами, расстояние между которыми $\ell=25$ мм. Какой заряд Q находится на капле, если равновесие достигается при разности потенциалов $\Delta\varphi=3,6 \cdot 10^4$ В

152. Электрическое поле создано положительным точечным зарядом. Потенциал поля в точке, удаленной от заряда на $r=12$ см, равен $\varphi=24$ В. Определить величину и направление градиента потенциала в этой точке.

153. Бесконечная плоскость заряжена отрицательно с поверхностной плотностью $\sigma=35,4$ нКл/м². По направлению силовой линии поля, созданного плоскостью, летит электрон. Определить минимальное расстояние ℓ , на которое электрон может подойти к плоскости, если на расстоянии $\ell_0=5$ см он имел кинетическую энергию $W_k=1,28 \cdot 10^{-17}$ Дж.

154. К двум очень длинным параллельным пластинам приложено напряжение $U=6$ кВ. Поверхностная плотность зарядов на пластинах $\sigma=3,2 \cdot 10^{-6}$ Кл/м². Определить расстояние d между пластинами.

155. Заряд $Q=12,2 \cdot 10^{-9}$ Кл, сосредоточенный на пылинке, притянулся к равномерно заряженной плоскости площадью $S=2$ м² с зарядом единицы поверхности $\sigma=10^{-5}$ Кл/м². Определить, какое расстояние ℓ при этом пролетела пылинка, если работа, совершенная полем, равна $A=56 \cdot 10^{-5}$ Дж.

156. В поле заряда $Q_1=2,223 \cdot 10^{-6}$ Кл перемещается заряд $Q_2=3 \cdot 10^{-8}$ Кл. Вычислить работу A совершаемую полем, если перемещение происходило между точками с напряженностью $E_1=400$ В/м и $E_2=2 \cdot 10^4$ В/м.

157. В горизонтально расположенном плоском воздушном конденсаторе в равновесии удерживаются пылинки с зарядом

$Q=4,8 \cdot 10^{-19}$ Кл. Какова масса пылинки, если разность потенциалов на пластинах $\Delta\varphi=60$ В, а расстояние между ними $d=12 \cdot 10^{-3}$ м? Какова индукция поля?

158. Две параллельные плоскости, заряженные с поверхностными плотностями $\sigma_1=2$ мкКл/м² и $\sigma_2=-0,8$ мкКл/м², находятся на расстоянии $d=0,6$ см друг от друга. Определить разность потенциалов U между пластинами.

159. Протон, начальная скорость которого $V_0=100$ км/с влетел в однородное электрическое поле с напряженностью $E=300$ В/см так, что вектор скорости совпал с направлением линий напряженности. Какой путь d должен пройти протон в направлении линий поля, чтобы его скорость удвоилась.

160. Электрон, пройдя в плоском конденсаторе путь от одной пластины до другой, приобрел скорость $V=10^5$ м/с. Расстояние между пластинами $d=8$ мм. Найти: 1) разность потенциалов $\Delta\varphi$ между пластинами; 2) поверхностную плотность заряда σ на пластинах.

161. Две круглые металлические пластины радиусом $R=10$ см каждая, заряженные разноименно, расположены одна против другой параллельно друг другу. Расстояние между пластинами $d=1$ см, сила взаимного притяжения $F=2$ мН. Определить разность потенциалов U между пластинами.

162. Разность потенциалов между катодом и анодом электронной лампы $U=90$ В, расстояние $d=1$ мм. С каким ускорением a движется электрон от анода к катоду? Какова скорость V электрона в момент удара об анод? За какое время t электроны пролетают расстояние между катодом и анодом? Поле считать однородным.

163. Найти работу перемещения заряда $Q=10$ нКл из точки 1 в точку 2, находящихся между двумя разноименно заряженными бесконечными параллельными плоскостями, если поверхностная плотность заряда $\sigma=0,4$ мкКл/м², а расстояние между плоскостями $d=3$ см.

164. Электрическое поле образовано двумя параллельными пластинами, находящимися на расстоянии $d=2$ см друг от друга; разность потенциалов между ними $U=120$ В. Какую скорость

получил электрон под действием поля, пройдя по силовой линии расстояние $\ell=3$ мм? Начальная скорость электрона равна нулю.

165. Электрическое поле образовано бесконечно длинной нитью, заряженной с линейной плотностью $\tau=10^{-10}$ Кл/м. определить разность потенциалов U двух точек поля, отстоящих от нити на расстояниях $r_1=5$ см и $r_2=10$ см.

166. Электрон, движущийся со скоростью $V=40000$ км/с, влетает в пространство между двумя пластинками. Длина пластинок $\ell=6$ см. На пластинке конденсатора наложено напряжение $U=40$ В. На сколько увеличится скорость электрона по выходе его из конденсатора по сравнению с начальной? Расстояние между обкладками $d=0,5$ см.

167. Заряженная капелька массой $m=5 \cdot 10^{-11}$ г находится в пространстве между обкладками горизонтально расположенного конденсатора, расстояние между которыми $d=1$ см. Пока поля нет, капелька падает равномерно благодаря силе сопротивления воздуха. Когда к пластинам прикладывается разность потенциалов $U=600$ В, скорость капельки уменьшается в два раза. Чему равен заряд капельки Q ?

168. Электрическое поле образовано бесконечно длинной нитью с равномерно распределенным зарядом. При переносе точечного заряда $Q=3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл из точки A в точку B (точки A и B отстоят от нити на 3 см и 9 см) силы поля совершили работу $A=10^{-9}$ Дж. Определить линейную плотность заряда нити.

169. Электрическое поле образовано положительно заряженной бесконечно длинной нитью. Двигаясь по силовой линии под действием этого поля от точки, находящейся на расстоянии $r_1=1$ см от нити, до точки $r_2=4$ см, α -частица изменила свою скорость от $2 \cdot 10^5$ м/с до $3 \cdot 10^6$ м/с. Найти линейную плотность заряда на нити.

170. Две плоскопараллельные пластины площадью по 200 см² каждая расположены горизонтально. Верхняя пластина закреплена. Какую разность потенциалов надо приложить к пластинам, чтобы нижняя удерживалась в равновесии на расстоянии $d=0,5$ см от верхней, если ее масса $m=4$ г. Заряды пластин равные, но разноименные.

171. Какую работу надо совершить, чтобы сблизить две нити, бесконечно длинные параллельные с одинаковой линейной

плотностью заряда $\tau = 3 \cdot 10^{-6}$ Кл/мм с расстояния $r_1 = 20$ мм до $r_2 = 10$ мм друг от друга?

172. Через точку, расположенную на $R_1 = 45$ см от заряда, создающего поле, проходит одна эквипотенциальная поверхность. Напряженность в этой точке поля $E_1 = 5$ кВ/м. На каком расстоянии R_2 от заряда, создающего поле, надо провести другую эквипотенциальную поверхность, чтобы разность потенциалов между ними была $\Delta\varphi = 25$ В?

173. Электрон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно пластинам со скоростью $V = 9 \cdot 10^6$ м/с. Найти полное a , нормальное a_n и тангенциальное a_t ускорение электрона через $t = 10^{-8}$ с после его попадания в конденсатор, если разность потенциалов между пластинами $U = 100$ В, а расстояние $d = 1$ см.

174. Какую скорость получит электрон под действием поля, созданного бесконечной длинной нитью с линейной плотностью заряда $\tau = 2 \cdot 10^{-9}$ Кл/см, приблизившись к нити с расстояния в $r_1 = 1$ см до расстояния $r_2 = 0,5$ см.

175. Электрон влетел в пространство между пластинами плоского конденсатора со скоростью $V = 10$ Мм/с, направленной параллельно пластинам. На сколько приблизится электрон к положительно заряженной пластине за время движения внутри конденсатора (поле считать однородным): если расстояние между пластинами $d = 16$ мм, разность потенциалов $U = 30$ В и длина пластин $l = 6$ см?

176. Электрическое поле образованное бесконечно длинной нитью с равномерно распределенным зарядом $\tau = 10^{-10}$ Кл/м. Какая работа A совершается при переносе точечного заряда $Q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл из точки B в точку C ? Точки B и C расположены на расстоянии $r_1 = 1$ см и $r_2 = 9$ см от нити.

177. Сколько электронов содержит заряд пылинки с массой $m = 10^{-11}$ г, если она удерживается в равновесии в плоском конденсаторе с расстоянием между пластинами $d = 5$ мм, заряженным до разности потенциалов $U = 76,5$ В?

178. Две пластины площадью $S = 200$ см² находятся в керосине ($\varepsilon = 2,1$) на расстоянии $r = 4$ мм друг от друга. С какой

силой F они взаимодействуют если они заряжены до разности потенциалов $U=150$ В?

179. Разность потенциалов между двумя коаксиальными цилиндрами с радиусами $R_1=3$ см и $R_2=10$ см, заряженными равными разноименными зарядами, равна $U=450$ В

Определить линейную плотность заряда τ на каждом цилиндре.

180. Поток электронов, получивших свою скорость под действием напряжения $U_1=5000$ В, влетает в середину между пластинками плоского конденсатора. Какое самое меньшее напряжение U_2 нужно наложить на конденсатор, чтобы электроны не вылетали из него, если длина конденсатора $\ell=5$ см, а расстояние между пластинами $d=1$ см.

181. Потенциал электрического поля в некоторой области зависит только от координаты $x : \varphi = -\frac{ax^2}{2} + c$. Какова будет напряженность поля E ?

182. Электрон влетел в плоский конденсатор, имея скорость $V=10$ Мм/с, направленную параллельно пластинам. В момент вылета из конденсатора направление скорости электрона составило угол $\alpha=35^\circ$ с первоначальным направлением скорости. определить разность потенциалов U между пластинами, если длина пластин $\ell=10$ см, расстояние между ними $d=2$ см. Поле считать однородным.

183. Потенциал поля, создаваемого некоторой системой зарядов имеет вид $\varphi = a(x^2 + y^2) + bz^2$, где $a>0$ и $b>0$. Найти вектор напряженности \vec{E} и его модуль.

184. Пылинка массой $m=10$ мг покоится в однородном электростатическом поле с разностью потенциалов $U_1=6$ кВ. Расстояние между пластинами, создающими поле, $d=6$ см. Какое надо приложить напряжение U_2 к пластинам, чтобы пылинка осталась в равновесии, потеряв заряд, равный заряду $N=4 \cdot 10^3$ электронов?

185. Пылинка массой $m=10^{-11}$ г. взвешена в плоском конденсатора, расстояние между пластинами которого $d=0,5$ см, при напряжении $U=154$ В. Пылинка освещается ультрафиолетовым светом и, теряет заряд, выходит из равновесия. Чтобы вернуть ее в равновесие, напряжение увеличили на $\Delta U = 8$ В. Какой заряд ΔQ потеряла пылинка?

186. Между двумя вертикальными пластинами, находящимися на расстоянии $d=2$ см друг от друга, висит заряженный шарик массой $m=0,1$ г. После того, как на пластины была подана разность потенциалов $U=1000$ В, нить с шариком отклонилась на угол $\alpha=5^\circ$. Найти заряд шарика Q .

187. В плоский конденсатор длиной $\ell=5$ см влетает электрон под углом $\alpha=15^\circ$ к пластинам. Энергия электрона $W=2,4 \cdot 10^{-15}$ Дж. Расстояние между пластинами $d=1$ см. Определить величину напряжения на конденсаторе U , при котором электрон при выходе из конденсатора будет двигаться параллельно пластинам.

188*. Тонкий прямой стержень длиной $\ell=10$ см равномерно заряжен с линейной плотностью заряда $\tau=10^{-7}$ Кл/м. На продолжении оси стержня, на расстоянии $r=10$ см от ближайшего конца, находится точечный заряд $Q=10^{-8}$ Кл. Определить силу взаимодействия F точечного заряда.

189*. На продолжении оси тонкого прямого стержня, равномерно заряженного с линейной плотностью заряда $\tau=1$ нКл/см, на расстоянии $r=10$ см от конца стержня находится точечный заряд $Q=0,1$ мКл. Второй конец стержня уходит в бесконечность. Определить силу F взаимодействия стержня и точечного заряда.

190*. Тонкий длинный стержень равномерно заряжен с линейной плотностью $\tau=0,2$ мКл/см. Определить силу F , действующую на точечный заряд $Q=10$ нКл, находящийся на расстоянии $r=2$ см от стержня, вблизи его середины.

191*. Тонкое полукольцо радиусом $R=10$ см несет равномерно распределенный заряд $Q_1=0,2$ мКл. В центре кривизны полукольца находится точечный заряд $Q_2=10$ нКл. Найти силу взаимодействия F точечного заряда и заряженного полукольца.

192*. Заряд $Q_1=10$ нКл равномерно распределен по тонкому кольцу радиусом $R=10$ см. Определить силу взаимодействия заряженного кольца с точечным зарядом $Q_2=0,5$ нКл, находящимся на оси кольца на расстоянии $a=10$ см от его центра.

193*. Определить напряженность E поля, создаваемого зарядом, равномерно распределенным по тонкому прямому стержню с линейной плотностью заряда $\tau=200$ нКл/м, в точке,

лежащей на продолжении оси стержня на расстоянии $a=20$ см от ближайшего конца. Длина стержня $\ell=40$ см.

194*. Определить напряженность E поля, создаваемого тонким длинным стержнем равномерно заряженным с линейной плотностью $\tau=20$ мкКл/м в точке, находящейся на расстоянии $a=2$ см от стержня, вблизи его середины.

195*. Используя теорему Гаусса, определить напряженность электрического поля равномерно заряженного шара радиуса R внутри и вне шара, если объемная плотность заряда ρ .

197*. Тонкое кольцо радиусом $R=8$ см несет заряд, равномерно распределенный с линейной плотностью $\tau=10$ нКл/м. Какова напряженность E электрического поля в точке равноудаленной от всех точек кольца на расстояние $r=10$ см?

198*. На отрезке прямого провода равномерно распределен заряд с линейной плотностью $\tau=1$ мкКл/м. Определить работу A сил поля по перемещению заряда $Q=1$ нКл из точки B в точку C . Точки B и C лежат на продолжении оси провода. Длина провода ℓ , точка B лежит на расстоянии ℓ от конца провода, точка C лежит на расстоянии ℓ от точки B .

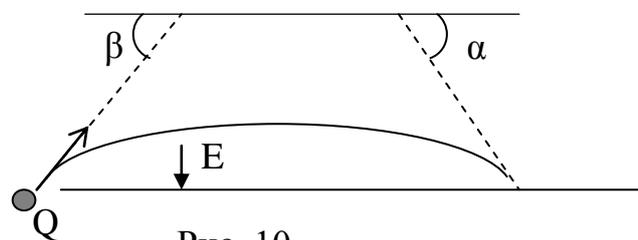
199*. Тонкий стержень согнут в полукольцо. Стержень заряжен с линейной плотностью $\tau=133$ нКл/м. Какую работу надо совершить, чтобы перенести заряд $Q=6,7$ нКл из центра полукольца в бесконечность?

200*. По тонкому проволочному кольцу радиуса R , находящемуся в вакууме, равномерно распределен заряд Q . Приняв ось кольца за ось X , найти зависимость потенциала на оси кольца от координаты X .

201*. На находящейся в вакууме круглой очень тонкой пластинке радиуса R равномерно распределен заряд Q . Приняв ось пластинки за ось X найти потенциал φ и проекцию напряженности поля E_x для точек, лежащих на оси, как функцию X .

202*. Заряд $Q=2$ мкКл равномерно распределен по объему шара радиуса $R=40$ мм. Найти потенциал φ_0 в центре шара.

203*. Частицы масс m и зарядами Q влетают в плоский конденсатор длины ℓ под углом β к



плоскости пластин, вылетают под углом α (рис. 10). Определить первоначальную кинетическую энергию W_k частиц, если напряженность поля внутри конденсатора E .

204*. Пучок электронов входит со скоростью V в плоский конденсатор параллельно его пластинам. Напряжение на конденсаторе U , длина пластин l . Сколько электронов попадет на пластину конденсатора в единицу времени, если на входе конденсатор пучок равномерно заполняет все расстояние между пластинами d и имеет ширину " b " в направлении параллельным пластинам? Число электронов в единице объема пуска n .

205*. Решить, при какой разности потенциалов U между плоскими электродами зажигается газовая лампа, если энергия ионизации атомов газа $W_k=3 \cdot 10^{-16}$ Дж. Средняя длина пробега электронов в газе $\ell=1$ мм, расстояние между пластинами $d=1$ см.

206*. Определить, какова должна быть ускоряющая разность потенциалов V , чтобы электроны прошли по пути, указанном на рис. 11. Радиусы обкладок цилиндрического конденсатора R_1 и R_2 . Принять, что поле в зазоре совпадает с полем цилиндрического конденсатора. Разность потенциалов между обкладками U .

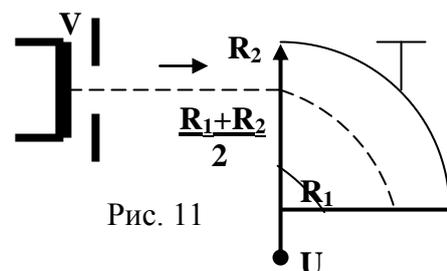


Рис. 11

207*. Электрод ускоряется с разностью потенциалов U и далее влетает посередине между пластинами конденсатора параллельно им. Расстояние между пластинами конденсатора h , длина пластин $5h$. Оценить, на каком расстоянии от конденсатора электрон пересечет продолжение верхней пластины, если на пластины конденсатора подано напряжение $U_1=0,01U$; $U_2=0,001U$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Савельев И.В. Курс общей физики. М.: Наука, 1978, т.2, §1-14.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б. Курс физики. М.: Высшая школа, 1977, §1-1,2,3; §2-1,2,3,4; §3-1,2,3,4.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики (электричество). М.: Наука, 1983, т.3, §1-6; §17-19.

ТЕМА 5

ДИЭЛЕКТРИКИ И ПРОВОДНИКИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

Контрольные вопросы

1. Как ведут себя диэлектрики в электрическом поле? Что такое полярные и неполярные диэлектрики?
2. Как величина вектора поляризации связана с поверхностной плотностью связанных зарядов? С напряженностью внешнего электрического поля?
3. Дайте определение вектора электрического смещения. Как он связан с напряженностью электрического поля? Как связаны поверхностные плотности связанных и свободных зарядов?
4. Как ведут себя проводники в электрического? Чему равна напряженность электрического поля внутри заряженного проводника?
5. Каковы условия равновесия зарядов в проводнике? Как распределяются заряды в заряженном проводнике? Как распределен потенциал?
6. Что такое электроёмкость проводника? От чего она зависит? Как определяется электроёмкость уединенного шара? Конденсаторов различной формы? Системы конденсаторов, соединенных: а) последовательно; б) параллельно?
7. Как определяется энергия системы зарядов? Энергия заряженного проводника? Конденсатора?
8. Почему можно считать, что энергия заряженного проводника равна энергии его электрического поля? Как выразить энергию конденсатора через величины, характеризующие электрического поля?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЕ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

1. В задачах о проводниках в электростатическом поле нужно проанализировать условия равновесия зарядов в данной системы проводников, учитывая, что напряженность электрического поля внутри заряженного проводника равна нулю, а потенциал одинаков по всей поверхности проводника. Любое движение

зарядов в заряженном проводнике будет только до тех пор, пока потенциалы всех точек поверхности проводника не сравняются.

2. Энергия заряженного проводника сосредоточена в электрическом поле, окружающем проводник, поэтому может быть выражена как через характеристики проводника, так и через характеристики поля. Применения закона сохранения энергии позволяет, как и в механике, не рассматривать сам процесс измерения характеристик поля.

3. Внутри диэлектрика, помещенного в электрическое поле, напряженность электрического поля не равна нулю. Это поле обусловлено, как внешним электрическим полем, так и связанными зарядами на поверхности диэлектрика.

4. Запись всех формул следует производить в системе единиц СИ. и при вычислениях все данные в условиях задач также нужно выражать в единицах этой системы.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1.

К пластинам плоского воздушного конденсатора ($\epsilon_1=1$) приложена разность потенциалов $U_1=3000$ В. После отклонения конденсатора. От источника напряжения пространство между пластинами заполняется эбонитом ($\epsilon_2=2.6$). Какова будет разность потенциалов u_2 между пластинами после заполнения?

Решение.

Так как конденсатор был отключен от источника напряжения, то заряд на пластинах до и после заполнения будет одним и тем же.

$$Q_1=Q_2$$

Выражая заряд конденсатора определяется и напряжение; можно записать

$$Q_1=C_1U_1 \quad , \quad Q_2=C_2U_2 \quad . \quad (2)$$

Емкость плоского конденсатора определяется соотношением

$$C = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon S}{d}$$

Где ε_0 – электрическая постоянная; ε – относительная диэлектрическая проницаемость; S – площадь пластин конденсатора; d – расстояние между пластинами.

Следовательно, емкость конденсатора до заполнения

$$C_1 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 S}{d} . \quad (3)$$

После заполнения

$$C_2 = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_2 S}{d} . \quad (4)$$

Подставляя (3) и (4) в (2) и используя условия (1), запишем

$$\frac{\varepsilon_0 \varepsilon_1 S U_1}{d} = \frac{\varepsilon_0 \varepsilon_2 S U_2}{d} , \quad (5)$$

Отсюда

$$U_2 = \frac{\varepsilon_1 U_1}{\varepsilon_2} ; \quad (6)$$

Произведём вычисления

$$U_2 = \frac{300 \text{ V}}{2.6} = 115 \text{ V}$$

Задача 2.

Две металлических шарика, первый с зарядом $Q_1=10^{-8}$ Кл и радиусом $R_1= 3$ см и второй радиусом $R_2=2$ см и потенциалом $= 9000$ В, находившиеся далеко друг от друга, соединяют проволочкой, емкостью которой можно пренебречь. Найти заряды и потенциалы шаров после соединения, а также работу разряда, происшедшего вследствие соединения.

Решение.

1. Заряд и потенциал каждого шара после соединения можно найти, если учесть, что по закону сохранения заряда суммарный заряд шаров остается неизменным, а также, что поверхность любого проводника является эквипотенциальной, т.е. потенциалы обоих шаров после разряда будут одинаковы.

По закону сохранения заряда

$$Q_1 + Q_2 = Q_1' + Q_2', \quad (1)$$

Выражая заряды Q_2 , Q_1' и Q_2' через емкости и потенциалы

$$Q_2 = C_2 \varphi; \quad Q_1' = C_1 \varphi; \quad Q_2' = C_2 \varphi, \quad (2)$$

Где φ – общий потенциал шаров после соединения.

Емкости уединенного шара связана с его радиусом соотношением

$$C = 4\pi\epsilon_0 R \quad (3)$$

Поэтому

$$C_1 = 4\pi\epsilon_0 R_1, \quad C_2 = 4\pi\epsilon_0 R_2. \quad (4)$$

Объединяя (4) и (2) и подставляя их в (1) получим

$$Q_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi = (4\pi\epsilon_0 R_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2) \varphi. \quad (5)$$

Отсюда

$$\varphi = \frac{Q_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi}{4\pi\epsilon_0 (R_1 + R_2)}. \quad (6)$$

Подставляя числовые значения и произведя вычисления, получим

$$\varphi = \frac{10^{-8} \text{ Кл} + 4 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} \cdot 2 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 9 \cdot 10^{-3} \text{ В}}{3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м} (3 + 2) \cdot 10^{-2} \text{ м}} = 5400 \text{ В}.$$

Используя выражение (2), (4) и (6), найдем теперь заряды шаров после соединения

$$Q_1' = C_1 \varphi = \frac{4\pi\epsilon_0 R_1 (Q_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi)}{4\pi\epsilon_0 (R_1 + R_2)} = \frac{R_1 (Q_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi)}{R_1 + R_2} = 1.8 \cdot 10^{-8} \text{ Кл},$$

$$Q_2' = C_2 \varphi = \frac{R_2 (Q_1 + 4\pi\epsilon_0 R_2 \varphi)}{R_1 + R_2} = 1.2 \cdot 10^{-8} \text{ Кл}$$

2. Работу разряда найдём, используя закон сохранения энергии. Работа разряда будет равна разности между суммарной энергией шаров до соединения и общей энергией после разряда.

$$A = W_1 + W_2 - W \quad , \quad (7)$$

Где W_1 , W_2 – энергии шаров до соединения; W – общая энергия шаров после разряда. Но данные условия задачи можно записать

$$W_1 = \frac{Q_1^2}{2C_1} = \frac{Q_1^2}{8\pi\varepsilon_0 R_1} \quad , \quad (8)$$

$$W_2 = \frac{C_2 \varphi_2^2}{2} = \frac{4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2^2}{2} \quad , \quad (9)$$

$$W = \frac{(Q_1 + 4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2)^2}{2(C_1 + C_2)} = \frac{(Q_1 + 4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2)^2}{8\pi\varepsilon_0 (R_1 + R_2)} \quad . \quad (10)$$

Подставляя (8), (9) и (10) в (7), получим

$$A = \frac{Q_1^2}{8\pi\varepsilon_0 R_1} + \frac{4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2^2}{2} - \frac{(Q_1 + 4\pi\varepsilon_0 R_2 \varphi_2)^2}{8\pi\varepsilon_0 (R_1 + R_2)} \quad . \quad (11)$$

Подставим числовые данные и произведём вычисления

$$A = 2.4 \cdot 10^{-5} \text{ J} \quad .$$

Задача 3.

Пространство между пластинами плоского конденсатора выполнено диэлектриком, диэлектрическая восприимчивость которого $\chi = 1$.

На пластины конденсатора подана разность потенциалов $U = 4000$ В. Найти поверхностную плотность заряда на пластинах σ м.н. диэлектрике $\sigma_{св}$. Расстояние между пластинами $d = 5$ мм.

Решение

Поверхностная плотность связанных зарядов на диэлектрике $\sigma_{св}$ численно равна модулю вектора поляризации, который пропорционален напряженности поля в диэлектрике.

$$\sigma_{св} = P = \chi \epsilon_0 E . \quad (1)$$

Так как в однородном поле

$$E = U/d . \quad (2)$$

То

$$\sigma_{св} = \chi \epsilon_0 E = \chi \epsilon_0 \frac{U}{d} = 1 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \frac{F}{m} \cdot \frac{4000 V}{5 \cdot 10^{-2} m} = 7.1 \cdot 10^{-6} \frac{Kl}{m^2} . \quad (3)$$

Выразим теперь напряженность электрического поля через поверхностную плотность заряда на пластинах

$$E = \frac{U}{d} = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon} . \quad (4)$$

Или

$$\sigma = \frac{\epsilon_0 \epsilon U}{d} . \quad (5)$$

Для нахождения σ нужно найти относительную диэлектрическую проницаемость диэлектрика ϵ , которая связана с диэлектрической восприимчивостью соотношением

$$\epsilon = 1 + \chi . \quad (6)$$

Подставляя (6) в (5), получим

$$\sigma = \frac{\epsilon_0 (1 + \chi) U}{d} = 1.4 \cdot 10^{-5} \frac{Kl}{m^2} , \quad (7)$$

Проверим соответствие единиц

$$\sigma = \frac{[\epsilon_0][U]}{[d]} = \frac{F}{m} \cdot \frac{V}{m} = \frac{Kl}{V} \cdot \frac{V}{m^2} = \frac{Kl}{m^2} .$$

Таблица вариантов

№ варианта	Номер задач				№ варианта	Номер задач			
1	1	51	86	129	26	26	76	111	154
2	2	52	87	130	27	27	77	112	155
3	3	53	88	131	28	28	78	113	156
4	4	54	89	132	29	29	79	114	157
5	5	55	90	133	30	30	80	115	158
6	6	56	91	134	31	31	81	116	159
7	7	57	92	135	32	32	82	117	160
8	8	58	93	136	33	33	83	118	161
9	9	59	94	137	34	34	84	119	162
10	10	60	95	138	35	35	85	120	149
11	11	61	96	139	36	36	67	121	150
12	12	62	97	140	37	37	68	122	151
13	13	63	98	141	38	38	69	123	152
14	14	64	99	142	39	39	70	124	153
15	15	65	100	143	40	40	71	125	154
16	16	66	101	144	41	41	72	126	155
17	17	67	102	145	42	42	73	127	156
18	18	68	103	146	43	43	74	128	157
19	19	69	104	147	44	44	75	106	158
20	20	70	105	148	45	45	76	108	159
21	21	71	106	149	46	46	77	110	160
22	22	72	107	150	47	47	78	111	161
23	23	73	108	151	48	48	79	112	162
24	24	74	109	152	49	49	80	113	148
25	25	75	110	153	50	50	81	114	147

Задачи для самостоятельного решения

1. Какова поверхностная плотность заряда проводящего шара диаметром $d = 20$ см. Шар заряжен до потенциала $\varphi = 10$ В.

2. Принимая Землю за проводящий шар радиуса $R = 6400$ км, определить заряд Q и потенциал φ земли, если напряженность электрического поля около её поверхности $E = 100$ В/м.

3. Шарик. Заряженный до потенциала $\varphi = 800$ В, имеет поверхностную плотность заряда $\sigma = 0,3 \cdot 10^{-5}$ Кл/м². Найти радиус шарика R .

4. Шарик радиусом $R = 2$ см. Заряжается отрицательно до потенциала $\varphi = 2000$ В. Найти массу m всех электронов, составляющих заряд, сообщенный шару при зарядке.

5. Поверхностная плотность заряда проводящего шарика $\sigma = 3,2 \cdot 10^{-7}$ Кл/м². Найти напряженность E и потенциал φ поля в точке, удаленной от поверхности шара на $3 R_{ш}$. Радиус шара $R_{ш} = 0,2$ м.

6. Изолированному шару сообщили заряд равный $Q = 10^{-8}$ Кл. Определить напряженности электрического поля на расстоянии $r = 5$ см от поверхности шара, если известно, что потенциал шара равен $\varphi = 1,82 \cdot 10^3$ В.

7. Заряд $Q = 0,5$ нКл равномерно распределен на поверхности полого металлического шарика радиусом $R = 2,5$ см. Найти потенциал φ и E напряженность электрического поля в центре шарика, на его поверхности и на расстоянии $r = 5$ см от центра шарика.

8. Определить, до какого потенциала φ заряжен проводящий шар, если в точках, удаленных от его поверхности в вакууме на $r_1 = 5$ см и $r_2 = 10$ см потенциалы равны соответственно $\varphi_1 = 300$ В и $\varphi_2 = 210$ В.

9. Определить напряженность E и потенциал φ пол, создаваемого равномерно заряженной сферой с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 10^{-9}$ Кл/м², в точке, удаленной на $r_1 = 16$ см от центра сферы, и на $r_2 = 35$ см от него. Радиус сферы $R = 20$ см.

10. Металлический шар диаметром $d = 2$ см заряжен до потенциала $\varphi = 300$ В. Какая работа A совершается при переносе заряда $Q = 10^{-9}$ Кл/м², из точки B точку C ? Точки B и C расположены на расстоянии $r_1 = 40$ см и $r_2 = 50$ см от центра шара.

11. При переносе точечного заряда в поле, созданном шаром, заряженным до потенциала $\varphi = 600$ В, совершается работа $A = 6 \cdot 10^{-9}$ Дж. Диаметр шара $d =$ см. Чеку равен переносимый заряд Q , если он перемещается с расстояния $r_1 = 40$ см от центра шара на расстояние $r_2 = 50$ см?

12. Какова площадь S пластин плоского конденсатора, если к обкладкам приложена разность потенциалов $U=90$ В, заряд пластин $Q=10^{-7}$ Кл, и расстояние между ними $d=5 \cdot 10^{-3}$ м?

13. Плоский конденсатор заряжен до разности потенциалов $U=1000$ В. Сила взаимодействия между пластинами конденсатора, если расстояние между пластинами $d=0,1$ см?

14. На пластинах плоского конденсатора равномерно распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma=0,2$ мкКл/м². Расстояние между пластинами $d_1=1$ мм. На сколько ΔU изменится разность потенциалов на его обкладках при увеличении расстояния между пластинами до $d_2=3$ мм?

15. Расстояние между пластинами слюдяного конденсатора $d=2,2$ мм, а площадь каждой $S=6 \cdot 10^{-4}$ м². Пластины притягиваются с силой $F=0,4$ мН. Определить разность потенциалов U между пластинами и электрическая проницаемость слюды $\epsilon=3$.

16. Плоский конденсатор состоит из 2-х круглых пластин радиусом $R=20$ см каждая. Расстояние между пластинами $d=5$ мм. Конденсатор присоединен к источнику напряжения $U=3000$ В. определить заряд Q и напряженность E поля конденсатора, если диэлектриком будут: 1) воздух, 2) стекло, диэлектрическая проницаемость стекла $\epsilon=7$.

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

18. Чему равен потенциал шара радиусом $R_1=3$, если ему сообщить заряд $Q=10^{-9}$ Кл и окружить его другим шаром радиусом $R_2=4$ см, концентрическим с первым и соединенным с Землей?

19. Какой радиус R должен иметь шар, помещенный в масло, чтобы он имел такую же емкость, как и сферический конденсатор с радиусами обкладок $R_1=10$ см и $R_2=10,5$ см, в котором пространство между обкладками заполнено маслом. Диэлектрическая проницаемость масла $\epsilon=2,5$.

20. 2 концентрические металлический заряженные сферы радиусами R_1 и R_2 ($R_1=6$ см, $R_2=10$ см) несут на себе заряды $Q_1=10^{-9}$ Кл и $Q_2=2 \cdot 10^{-9}$ Кл. Найти напряженность и потенциал в точках: 1) $r_1=5$ см, 2) $r_2=8$ см 3) $r_3=15$ см (от центра сфер).

21. Два металлических шара радиусами $R_1=2$ см и $R_2=6$ см соединены проводником, емкостью которого можно пренебречь. Шарам сообщен заряд $Q=1$ нКл. Какова поверхностная плотность зарядов σ_1 и σ_2 на шарах?

22. Шар радиусом $R_1=6$ см заряжен до потенциала $\varphi_1=300$ В, а шар радиусом $R_2=4$ см – до потенциала $\varphi_2=500$ В. Определить потенциал шаров φ после того, как их соединили металлическим проводником, емкостью соединительного проводника пренебречь.

23. Между пластинами плоского конденсатора находится плотно прилегающая стеклянная пластина ($\epsilon=7$). Конденсатор заряжен до разности потенциалов $U_1=100$ В. Какова будет разность потенциалов U_2 , если вытащить стеклянную пластину из конденсатора?

24. К воздушному конденсатору, заряженному до разности потенциалов $U_1=600$ В и отключенному от источника напряжения присоединили параллельно второй незаряженный конденсатор таких же размеров, но с диэлектриком (фарфор). Определить диэлектрическую проницаемость фарфора, если после присоединения второго конденсатора разность потенциалов уменьшилась до $U_2=100$ В

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

26. Три одинаковых капли ртути, заряженных потенциалом $\varphi=20$ В, сливаются в одну. Каков потенциал φ образовавшейся капли?

27. Два шара, один диаметром $d_1=10$ см и зарядом $Q_1=6 \cdot 10^{10}$ Кл, другой – диаметром $d_2=30$ см и зарядом $Q_2=-2 \cdot 10^9$ Кл, соединяют длинной тонкой проволокой, емкостью которой можно пренебречь. Какой заряд ΔQ переместится по ней?

28. Заряженный до потенциала $\varphi_1=100$ В шар радиусом $R_1=20$ см соединяют с незаряженным шаром длинным проводником. После этого соединения потенциал шаров оказался $\varphi=300$ В. Каков радиус R_2 второго шара?

29. Поверхностная плотность заряда на пластинах плоского конденсатора $\sigma=3 \cdot 10^{-7}$ Кл/м². Площадь пластины $S=100$ см².

Емкость конденсатора $C=10$ пФ. Определить скорость v , которую приобретает электрон, пройдя в конденсаторе путь от одной пластины до другой.

30. Какой заряд Q пройдет по проводам, соединяющим обкладкам плоского конденсатора с зажимами аккумулятора при погружении конденсатора в керосин ($\epsilon=2$)? Площадь пластины конденсатора $S=150$ см², расстояние между пластинами $d=5$ мм, ЭДС аккумулятора $\epsilon=9,42$ В.

31. Плоский конденсатор зарядили при помощи источника с напряжением $U=200$ В. Затем конденсатор был отключен от источника. Каким станет напряжение между пластинами, если расстояние между ними увеличить от $d_1=0,2$ мм, до $d_2=0,7$ мм, а пространство между пластинами заполнить слюдой ($\epsilon=7$)?

32. Конденсаторы емкостью $C_1=1$ мкФ и $C_2=0,7$ мкФ заряжены до разности потенциалов $U_1=20$ В и $U_2=50$ В соответственно. После зарядки конденсаторы соединили одноименными полюсами. Определить разность потенциалов U между обкладками после их соединения.

33. Конденсаторы емкостью $C_1=4$ мкФ заряжен до разности потенциалов $U_1=10$ В. Какой заряд Q будет на обкладках этого конденсатора, если к нему подключить параллельно другой конденсатор емкостью $C_2=6$ мкФ, заряженной до разности потенциалов $U_2=20$ В? Соединены обкладки, имеющие разноименные заряды.

34. Металлическому шару с радиусом R_1 сообщили заряд Q_1 и соединили его тонкой длинной проволокой с незаряженным шаром, радиус которого R_2 . Определить заряд Q и потенциал ϕ каждого шара после соединения. Зарядом проволоки пренебречь.

35. Два проводящих шара, радиусы которых $R_1=4$ см и $R_2=10$ см, имели электрические заряды соответственно $Q_1=+0,6 \cdot 10^{-7}$ Кл и $Q_2=-3 \cdot 10^{-8}$ Кл. Как перераспределиться заряды, если шары соединить длинным проводником? Зарядом проволоки пренебречь.

36. Конденсатор, заряженный до разности потенциалов $U_1=20$ В, соединили с заряженным до разности потенциалов $U_2=4$ В с другим конденсатором емкостью $C_2=33$ мкФ. Определить емкость первого конденсатора C_1 , если напряжение на обкладках

конденсаторов после их соединения $U=2$ В (соединялись обкладками, имеющие разноименные заряды).

37. Конденсатор емкостью $C_1=1$ мкФ заряжен до разности потенциалов $U_1=100$ В. Другой конденсатор емкостью $C_2=2$ мкФ также заряжен до разности потенциалов U_2 . Найти U_2 , если известно что при соединении разноименных обкладок напряжение на пластинах оказалось равным $U=200$ В.

38. Два проводящих шара, радиусы которых $R_1=10$ см и $R_2=5$ см, заряженные до потенциалов $\varphi_1=20$ В и $\varphi_2=10$ В соответственно, соединяются тонким проводником. Найти поверхностные плотности зарядов шаров после их соединения.

39. Три заряженных шарика, радиусами $R_1=1$ см, $R_2=2$ см, $R_3=3$ см соединили проволокой. Как распределяется общий заряд Q между шариками?

40. Два шарика, радиусы которых отличаются в 5 раз заряжены равными одноименными зарядами. Во сколько раз изменится сила взаимодействия между ними, если их соединить проволокой?

41. Между пластинами заряженного плоского конденсатора ввели диэлектрик с диэлектрической проницаемостью ϵ так, что он полностью заполнил объем между половинками площадей пластин. Во сколько раз изменилось напряжение на пластинах?

42. Плоский конденсатор с размерами пластин $S=25 \times 25$ см² и расстоянием между пластинами $d=0,5$ мм заряжен до разности потенциалов $U_1=20$ В и отключен от источника. Какова будет разность потенциалов U_2 , если пластины раздвинуть до расстояния $d_2=5$ мм?

43. Шар радиусом $R_1=6$ см заряжен до потенциала $\varphi_1=300$ В. Его соединили проводником с шаром, заряженным до $\varphi_2=500$ В. Какой должен быть радиус R_2 второго шара, чтобы после соединения установился потенциал $\varphi=380$ В? Емкостью соединительного проводника пренебречь.

44. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d_1=1$ мм. При изменения расстояния до $d_2=3$ мм разность потенциалов изменилась на $\Delta U=22,6$ В. Какова поверхностная плотность заряда σ на обкладках конденсатора?

45. Радиус центральной жилы коаксиального кабеля $r=1,5$ см, радиус оболочки $R=3,5$ см. Между центральной жилой и

оболочкой приложена разность потенциалов $U=2300$ В. Вычислить напряженность электрического поля E на расстоянии $x=2$ см от оси кабеля.

46. Воздушный цилиндрический конденсатор имеет радиус внутреннего цилиндра $r=1,5$, радиус внешнего цилиндра $R=3.5$. Между цилиндрами приложена разность потенциалов $U=2300$ В. Какую скорость v получит электрон под действием поля этого конденсатора, двигаясь с расстояния $r_1=2.5$ см до расстояния $r_2=2$ см от оси цилиндра.

47. Найти емкость сферического конденсатора, состоящего из двух concentрических сфер радиусами $R_1=10$ см и $R_2=10.5$ см. Пространство между сферами заполнено маслом. Какой радиус должен иметь шар, помещенный в масло, чтобы иметь такую же емкость?

48. Радиус внутреннего шара воздушного сферического конденсатора $r=1$ см, радиус внешнего шара $R=4$ см. Между шарами приложена разность потенциалов $U=3000$ В. Найти напряженность электрического поля на расстоянии $x=3$ см от центра шаров.

49. Проводники. Заряженные одинаковым зарядом, имеют потенциалы $\varphi_1=40$ В и $\varphi_2=60$ В. Каким будет потенциал этих проводников, если соединить их тонкой проволокой?

50. Плоский конденсатор, между обкладками которого находится слюдяная пластинка ($\epsilon=7$), присоединен к аккумулятору. Заряд конденсатора равен $Q=14$ мкКл. Какой заряд ΔQ пройдет при удалении пластины?

51. Два конденсатора емкостью $C_1=2$ мкФ и $C_2=3$ мкФ соединены последовательно и присоединены к батарее, ЭДС в которой $\epsilon=30$ В. Определить заряд Q каждого конденсатора и разность потенциалов U между его обкладками.

52. К батарее с ЭДС $\epsilon=300$ В подключены два плоских конденсатора емкостями $C_1=2$ пФ и $C_2=3$ пФ. Определить заряд Q и напряжение U на пластинах конденсаторов при параллельном соединении.

53. К батарее с ЭДС $\epsilon=100$ В присоединили последовательно три конденсатора, емкости которых равны $C_1=0,1$ мкФ, $C_2=0,15$ мкФ, $C_3=0,06$ мкФ. Определить заряд каждого конденсатора и разность потенциалов между его обкладками.

54. Конденсатор емкостью $C_1=0,6$ мкФ был заряжен до напряжения $U_1=300$ В и соединен со вторым конденсатором $C_2=0,4$ мкФ, заряженным до напряжения $U_2=150$ В. Найти величину заряда ΔQ , перетекшего с пластины первого конденсатора на второй.

55. Конденсаторы $C_1=0,2$ мкФ, $C_2=0,6$ мкФ, $C_3=0,3$ мкФ и $C_4=0,5$ мкФ соединены, как показано на рисунке 1. Разность потенциалов точек A и B $U=320$ В. Вычислить напряжение на каждом из конденсаторов.

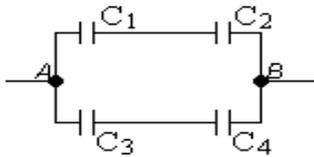


Рис. 1

56. Два воздушных конденсатора емкостью $C_1=C_2=2 \cdot 10^{-10}$ Ф каждый, соединены последовательно и подключены к источнику, ЭДС которого $\varepsilon=10$ В. Как изменится заряд конденсаторов, если пространство между пластинами одного из них заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon=2$?

57. Три одинаковых плоских конденсатора соединены последовательно. Емкостью такой батареи конденсаторов $C=9 \cdot 10^{-11}$ Ф. Площадь каждой пластины $S=100$ см², диэлектрик-стекло, Какова толщина стекла? Диэлектрическая проницаемость стекла $\varepsilon=7$.

58. Конденсаторы $C_1=0,2$ мкФ, $C_2=0,1$ мкФ, $C_3=0,3$ мкФ, $C_4=0,4$ мкФ соединены как показано на рис.2. Определить емкость C батареи конденсаторов.

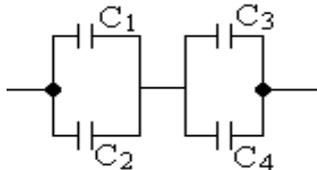


Рис. 2

59. Конденсаторы $C_1=10$ мкФ, $C_2=4 \cdot 10$ мкФ, $C_3=2 \cdot 10$ мкФ и $C_4=3 \cdot 10$ мкФ соединены так, как показано на рис. 2. Определить емкость C батареи конденсаторов.

60. Два конденсатора емкость по $C_1=0,5$ мкФ соединены параллельно. Последовательно к ним присоединен конденсатор емкостью $C_2=1$ мкФ. Определить заряд каждого конденсатора и разность потенциалов на его обкладках, если данная система конденсаторов присоединена к батарее с ЭДС $\varepsilon=20$ В.

61. Конденсатор построен из n латунных листов, проложенных стеклянными прокладками толщиной по $d=2$ мм. Площадь латунных листов и стеклянных прокладок одинакова и

равна $S=200 \text{ см}^2$. Диэлектрическая проницаемость стекла $\varepsilon=7$. Найти емкость C конденсатора, если $n=21$.

62. Батарея из 3-х последовательно соединенных конденсаторов $C_1=100 \text{ пФ}$, $C_2=200 \text{ пФ}$, $C_3=500 \text{ пФ}$ присоединена к аккумулятору, который сообщил батарее заряд $Q=3,3 \text{ нКл}$. Определить напряжение на каждом конденсаторе.

63. Два конденсатора, емкостью по $C=0,4 \text{ мкФ}$ соединены последовательно. Параллельно к ним присоединен конденсатор емкостью $C_1=0,2 \text{ мкФ}$. Определить заряд каждого конденсатора и разность потенциалов на его обкладках, если данная система конденсаторов присоединена к батарее с ЭДС $\varepsilon=20 \text{ В}$.

64. Два воздушных конденсатора емкостью $C_1=5 \text{ мкФ}$ и $C_2=30 \text{ пФ}$ соединены последовательно и подключены к батарее с ЭДС $\varepsilon=20$. Затем второй конденсатор заливается керосином. Какой заряд Q протечет при этом по цепи? Диэлектрическая проницаемость $\varepsilon_k=2$.

65. Емкость батареи конденсаторов на рис. 3 $C=5 \text{ мкФ}$. Какова емкость C_1 и заряд Q_1 первого конденсатора, если $C_2=1 \text{ мкФ}$ и $C_3=4 \text{ мкФ}$, а подведенное напряжение $U=220 \text{ В}$?

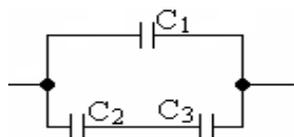


Рис. 3

66. Конденсаторы с емкостями $C_1=2 \text{ мкФ}$, $C_2=2 \text{ мкФ}$, $C_3=3 \text{ мкФ}$, $C_4=1 \text{ мкФ}$ соединены как показано на рис. 4. найти общий заряд Q батареи конденсаторов разность потенциалов U точек A и B , если напряжение на обкладках четвертого конденсатора равным $U_4=100 \text{ В}$.

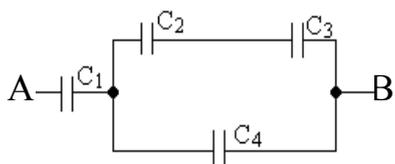


Рис. 4

67. Два воздушных конденсатора емкостью $C=0,2 \text{ нФ}$ каждый соединены последовательно и подключены к источнику напряжения $U=30 \text{ В}$. После зарядки конденсаторы отключаются от источника, затем внутрь одного из них вносят диэлектрик с $\varepsilon=3$. Чему равно напряжение U_2 на этих конденсаторах после заполнения?

68. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора соединены последовательно к батарее, которая подключена к источнику с ЭДС $\varepsilon=12 \text{ В}$. Определить, насколько изменится

напряжение на одном из конденсаторов, если другой погрузить в трансформаторное масло.

69. Два одинаковых плоских конденсатора соединены параллельно и заряжены до разности потенциалов $U=150$ В. Определить разность потенциалов на конденсаторах, если после отключения от источника напряжения у одного конденсатора уменьшили расстояние между пластинами в два раза.

70. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора емкостью $C=100$ пФ каждый соединены в батарею последовательно. Определить насколько изменится емкость батареи, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнить парафином ($\epsilon=2$).

71. Плоский воздушный конденсатор состоит из трех пластин, соединенных, как показано на рис.5. Определить емкость конденсатора, если площадь каждой пластины $S=100$

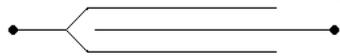


Рис. 5

см^2 , а расстояние между пластинами $d=0.5$ см.

72. Имеется три различных конденсатора, емкость одного из них $C_1=2$ мкФ. Когда все три конденсатора соединены последовательно, емкость цепи равна $C_0=1$ мкФ. Когда все три конденсатора соединены параллельно, то емкость цепи $C=11$ мкФ. Определить емкости C_2 и C_3 две других конденсаторов.

73. В плоский воздушный конденсатор с площадью обкладок S и расстоянием между ними d вставлена параллельно обкладкам металлическая пластинка, размеры которой равны размерам обкладок. Определить емкость конденсатора после внесения пластинки, если её толщина немного меньше d и расположена она на расстоянии l от одной из обкладок.

74. Между обкладками плоского воздушного конденсатора (расстояние между обкладками d , площадь обкладок S) вводится параллельно обкладкам металлическая пластина толщиной $d_1=d/3$. Определить емкость C_1 конденсатора с введенной проводящей пластинкой.

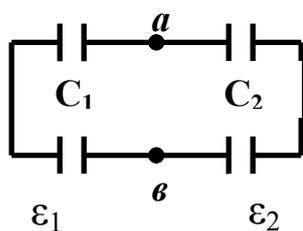


Рис 6

75. Найти разность потенциал $\phi_1-\phi_2$ между точками “а” и “в” схемы, изображенной на рисунке 6. Емкости конденсаторов $C_1=0,5$ мкФ, $C_2=1$ мкФ, с ЭДС $E_1=2$ В и $E_2=3$ В.

76. В воздушный конденсатор внесена диэлектрическая пластинка с диэлектрической проницаемостью $\epsilon=2$ и расположена как показано на рис.7. Определить во сколько раз изменилась емкость конденсатора при внесении в него пластинки.

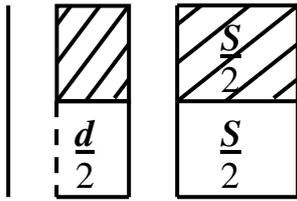


Рис. 7

77. Определить разность потенциалов $\phi_1 - \phi_2$ между точками "а" и "в" в схеме, изображенной на рис.8

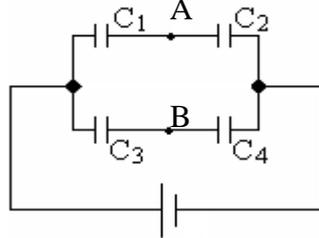


Рис.8 ϵ

78. Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов $U=50$ В и отключен от источника напряжения. После этого в конденсатор параллельно обкладкам вносится металлический лист толщиной $d_1=5$ мм. Площади обкладок и металлического листа равны.

79. В схеме, изображенной на рис.9, емкостью батареи конденсаторов не меняется при замыкании ключа K . Определить C_x .

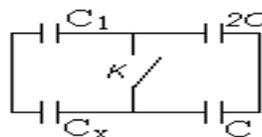


Рис.9

80. Конденсаторы C_1 и C_2 при помощи переключателя K присоединяются сначала к батарее с ЭДС ϵ , а потом к незаряженному конденсатору C_3 рис.10. Найти заряд Q , который появится на конденсаторе C_3 .

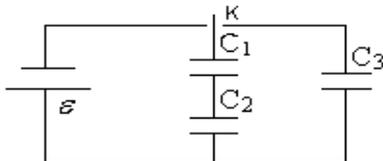


Рис.10

81. Воздушный конденсатор емкостью C , заполняют диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ . Конденсатор какой емкости C_x надо подключить последовательно с данным, чтобы такая батарея вновь имела емкость C ?

82. Найти емкость системы конденсаторов, включенных между точками A и B , как показано на рис.11.

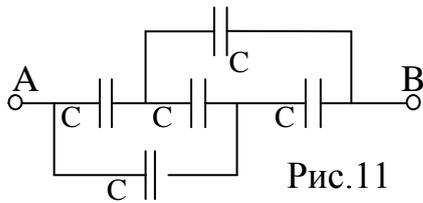


Рис.11

83. Батарея из четырех одинаковых конденсаторов включена один раз по схеме рис.12а, а другой раз – по схеме рис.12б. В каком случае емкость батареи будет больше?

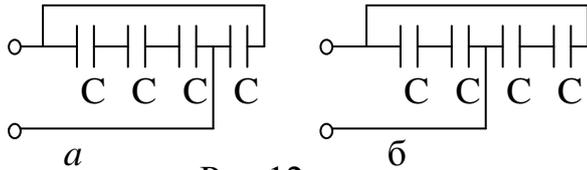


Рис.12

84. Как изменится заряд Q и разность потенциалов U обкладок конденсатора C_3 (рис.13) при пробое конденсатора C_2 ? Во сколько раз?

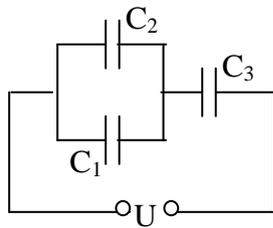


Рис.13

85. Четыре конденсатора соединены по схеме, изображенной на рис.14. Полюсы источника напряжения можно присоединить либо к точкам “а” и “в” либо к точкам “m” и “n”. Емкости конденсаторов $C_1=2$ мкФ и $C_2=5$ мкФ. Найти емкости C_x и C_y , при которых заряды на обкладках всех конденсаторов по модулю будут равны между собой независимо от того, каким способом будет присоединен источник конденсатора.

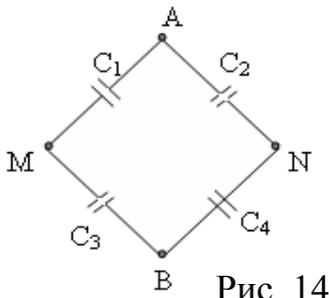


Рис. 14

86. Заряд каждой пластины $Q=10^{-8}$ Кл, энергия конденсатора $W=0.4$ мкДж, сила взаимного притяжения пластин $F=5 \cdot 10^{-3}$ Н. Определить разность потенциалов U между пластинами и расстояние d между ними.

87. Определить, какое количество теплоты Q выделится при заземлении заряженного до потенциала $\phi=3$ кВ шара радиусом $R=3$

88. Плоский конденсатор с площадью пластин $S=300\text{см}^2$ каждая заряжен до разности потенциалов $U=1000$ В. Расстояние

между пластинами $d=4$ см. Диэлектрик стекло ($\epsilon=7$). Определить энергию поля конденсатора и плотность энергии поля.

89. Шар, погруженный в керосин, имеет потенциал $\varphi=4500$ В и поверхностную плотность заряда $\sigma=11$ мкКл/м². Найти энергию шара W .

90. Пластины плоского конденсатора притягиваются друг к другу с силой $F=0,05$ Н. Площадь каждой пластины $S=100$ см². Найти объемную плотность энергии w поля в конденсаторе.

91. Разность потенциалов между пластинами плоского воздушного конденсатора с площадью $S=100$ см² каждая равна $U=280$ В. Поверхностная плотность заряда на пластинах $\sigma=495$ нКл/м². Найти энергию поля W в конденсаторе и силу притяжения пластин F .

92. Конденсаторы емкостью $C_1=1$ мкФ, $C_2=2$ мкФ и $C_3=3$ мкФ включены в цепь с напряжением $U=1,1$ кВ параллельно. Определить энергию поля в этой батарее конденсаторов.

93. Площадь пластин плоского воздушного конденсатора $S=100$ см², расстояние между ними $d=5$ мм. Найти, какая разность потенциалов U была приложена к пластинам, если известно, что при разряде конденсатора выделилось $W=4,19$ мДж тепла.

94. Конденсаторы емкостью $C_1=1$ мкФ, $C_2=2$ мкФ, $C_3=3$ мкФ последовательно включены в цепь с напряжением $U=1,1$ кВ. Определить энергии W_1 , W_2 и W_3 каждого конденсатора.

95. Какое количество теплоты W выделится при разряде плоского конденсатора, если разность потенциалов между пластинами $U=15$ кВ, расстояние $d=1$ мм, площадь пластины $S=300$ см², диэлектрик – слюда ($\epsilon=7$)

96. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d=2$ мм, разность потенциалов $U=600$ кВ. Заряд каждой пластины $Q=40$ нКл. Определить энергию W поля конденсатора и силу F взаимно притяжения пластин.

97. При разрядке батареи, состоящей из 20 параллельно включенных конденсаторов емкостью $C_0=4$ мкФ каждый, выделилось $W=10$ Дж тепла. Определить, до какой разности потенциалов были заряжены конденсаторы.

98. Какой заряд сообщен шару, если шар заряжен до потенциала $\varphi=10$ кВ, а энергия, запасенная шаром $W=2,02$ Дж.

99. Радиусы обкладок сферического конденсатора $R_1=1$ м и $R_2=2$ м. Энергия поля, заключенного между обкладками $W=20,2$ мДж. Каков заряд Q конденсатора?

100. К пластинам конденсатора, каждая из которых имеет площадь $S=100\text{см}^2$, приложена разность потенциалов $U=280$ В. Напряженность поля в конденсаторе $E=550$ В/см. Определить энергию W поля в конденсаторе.

101. Расстояние между пластинами заряженного плоского конденсатора уменьшили в два раза. Во сколько раз изменится энергия поля в конденсаторе, если конденсатор отключен от источника напряжения?

102. Расстояние между пластинами плоского конденсатора с диэлектриком из прорафинированной бумаги ($\epsilon=2$) равно $d=2$ мм, а напряжение между обкладками $U=200$ В. Найти плотность w энергии поля.

103. Шесть одинаковых конденсаторов соединили параллельно в батарею и зарядами до $U=4000$ В. При разрядке батареи выделилось $W=0,24$ Дж тепла. Какова емкость C одного конденсатора?

104. Две металлические пластины расположены параллельно на расстоянии $d=0,6$ см друг от друга. Напряженность поля между ними $E=700$ В/см. Какая энергия W запасена в таком конденсаторе, если заряд на пластинах $Q=0,8$ мКл?

105. Заряженный конденсатор подключили параллельно к такому же незаряженному конденсатору. Во сколько раз изменилась энергия поля?

106. Конденсатор зарядили до разности потенциалов $U_1=200$ В и отключили от источника напряжения. Когда пространство между пластинами заполнили диэлектриком, разность потенциалов стала равна $U_2=100$ В. Определить диэлектрическую проницаемость диэлектрика ϵ . Емкость конденсатора без диэлектрика равна $C=10^{-7}$ Ф. Какую работу A произвели, заполняя пространство между пластинами диэлектриком?

107. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d=0,5$ см, диэлектрик-парафин ($\epsilon=2$), площадь пластины $S=100$ см². Конденсатор зарядили до разности потенциалов $U=200$ В и, не отключая от источника напряжения, вынули диэлектрик. На сколько изменилась энергия конденсатора?

108. Два удаленных изолированных шара радиусами R_1 и R_2 были заряжены до потенциалов φ_1 и φ_2 соответственно. Затем их соединили тонким проводником. Чему равно изменения энергии ΔW система шаров?

109. Емкость плоского конденсатора $C=2$ мкФ, диэлектрик-слюда. Конденсатор зарядили до разности потенциалов $U=600$ В и отключили от источника напряжения. Какую работу A нужно произвести, чтобы вынуть слюду ($\epsilon=6$)?

110. Расстояние между пластинами плоского конденсатора равно $d=1$ см, площадь каждой пластины $S=100$ см², диэлектрик-воздух. Конденсатор зарядили до разности потенциалов $U=800$ В и затем отключили от источника напряжения. Какую нужно совершить работу A , чтобы раздвинуть пластины заряженного конденсатора до расстояния в $d=3$ см?

111. Два металлических шарика радиусами $R_1=3$ см и $R_2=4$ см имеют: первый потенциал, $\varphi_1=3$ кВ, а второй-заряд $Q_2=20$ нКл. Найти энергию W , которая выделится при разрядке, если шары соединить проводником.

112. Плоский конденсатор заполнен диэлектриком и на его пластины подана разность потенциалов. Его энергия при этом равна $W=20$ мкДж. После того, как конденсатор отключили от источника напряжения, диэлектрик вынули из конденсатора. Работа которую надо было совершить против сил электрического поля, чтобы вынуть диэлектрик, равна $A=70$ мкФ. Найти диэлектрическую проницаемость диэлектрика.

113. Плоский воздушный конденсатор зарядили до разности потенциалов $U=700$ В и, не отключая от источника напряжения, раздвинули пластины до расстояния $d_2=2$ см (первоначальное расстояние $d_1=1$ см). Какая при этом была произведена работу A ? Площадь каждой пластины конденсатора $S=100$ см².

114. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено Фарфором ($\epsilon=5$), объем которого $V=100$ см³. Поверхностная плотность заряда на пластинами конденсатора $\sigma=8.85$ нКл/м². Вычислить работу A , которую нужно совершить для того, чтобы удалить диэлектрик из конденсатора.

115. Заряженный шар радиусом $R_1=2$ см приводится в сопротивление с незаряженным шаром радиусом $R_2=3$ см. После того, как шары разъединили энергия второго шара оказалось

равной $W_2=0,4$ Дж. Какой заряд Q_1 был на первом шаре до соприкосновения со вторым?

116. Конденсатор емкостью $C_1=0,7$ нФ зарядили до разности потенциалов $U=1,5$ кВ и отключили от источника напряжения. Затем к нему присоединили параллельно которой незаряженный конденсатор емкостью $C_2=0,45$ нФ. Какое количество энергии W делится при разряде после соединения?

117. Плоский воздушный конденсатор емкостью $C=1$ нФ заряжен до разности потенциалов $U=300$ В. После отключения от источника напряжения расстояние между пластинами было увеличено в 5 раз. Определить работу A внешних сил по раздвижению пластин.

118. Определить количество теплоты W , выделившейся при соединении проводом верхних (незаземленных обкладок двух

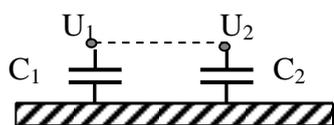


Рис. 15

конденсаторов рис.15). Разность потенциалов между верхними обкладками конденсаторов и землей соответственно равны $U_1=100$ В и $U_2=-50$ В. Емкость конденсаторов $C_1=2$ мкФ и $C_2=0,5$ мкФ.

119. Определить количество электрической энергии W , перешедшее в тепло при соединении одноименно заряженными обкладками конденсаторов $C_1=2$ мкФ и $C_2=0,5$ мкФ, заряженных до напряжения $U_1=100$ и $U_2=50$ В соответственно.

120. Пять параллельно соединенных одинаковых конденсаторов емкостью $C_0=0,1$ мкФ заряжаются до общей разности потенциалов $U_1=30$ кВ. Определить среднюю мощность разряда $\langle N \rangle$, если батарея разряжается за $t=1,5$ мкс. Остаточное напряжение равно $U_2=0,5$ кВ.

121. N шаровых капель радиусом r заряжены до одинакового потенциала ϕ_1 . Все капли соединяются в одну большую. Определить изменение электрической энергии ΔW .

122. Шар радиусом $R_1=60$ см, заряженный до потенциала $\phi_1=150$ В соединен тонкой проволокой с шаром, имеющим заряд $Q_2=30$ нКл и электрическую энергию $W=18$ мкДж, и незаряженным шаром емкостью $C_3=5$ пФ. Определить изменения их общей энергии ΔW после соединения.

123. Два плоских конденсатора емкостями C_1 и C_2 соединили последовательно и зарядили от источника напряжения

U . После отключения от источника конденсаторы пересоединили параллельно. Какая энергия ΔW выделится при перезарядке конденсаторов.

124. Плоский воздушный конденсатор с площадью по $S=80 \text{ см}^2$ и расстоянием между ними $d=1,5 \text{ мм}$ заряжается от источника с напряжением $U=100 \text{ В}$, отключается от него и погружается в жидкий диэлектрик с проницаемостью $\epsilon=2,5$. На сколько изменится при этом энергия конденсатора?

125. Плоский воздушный конденсатор с расстоянием между пластинами $d_1=5 \text{ см}$ и площадью пластин $S=500 \text{ см}^2$ присоединен к источнику с ЭДС $\epsilon=2000 \text{ В}$. Параллельно пластинам в конденсатор вводится металлическая пластинка толщиной $d_2=1 \text{ см}$. Какую работу A совершает при этом батарея?

126. Расстояние между пластинами заряженного плоского конденсатора уменьшили в два раза. Во сколько раз изменяется энергия поля в конденсаторе, если конденсатор не отключен от источника напряжения?

127. Один миллион сферических проводящих капелек сливаются в одну каплю. Радиус каждой капли $r=500 \text{ мкм}$, заряд $Q=1,6 \cdot 10^{-14} \text{ Кл}$. Какая энергия расходуется на преодоление сил отталкивания присоединением капелек?

128. Пластины из эбонита ($\epsilon=3$) поместили в однородное электрическое поле напряженностью $E=1 \text{ кВ/м}$. Найти плотность связанных зарядов по поверхности пластины.

129. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено стеклом ($\epsilon=7$). Расстояние между пластинами $d=4 \text{ мм}$. На пластины подано напряжение $U=1200 \text{ В}$. Найти поверхностную плотность связанного заряда на стекле и диэлектрическую восприимчивость χ стекла.

130. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено маслом ($\epsilon=5$). Расстояние между пластинами $d=1 \text{ мм}$. Какую разность потенциалов U надо подать на пластины чтобы поверхностная плотность связанных зарядов на масле было равно $\sigma=6,2 \cdot 10^{-10} \text{ Кл/см}^2$?

131. Между пластинами плоского конденсатора зажата пластинка стекла. Площадь пластин конденсатора $S=100 \text{ см}^2$. Пластины конденсатора притягиваются друг к другу с силой

равной $F=4,9 \cdot 10^{-3}$ Н. найти поверхностную плотность σ' связанных зарядов на поверхности стекла.

132. Между пластинами плоского конденсатора находится парафин. При присоединении пластин к источнику напряжения давление пластин на парафин стало $P=5$ Н/м². Найти поверхностную плотность σ' связанных зарядов на парафине и диэлектрическую проницаемость парафина ϵ .

133. Найти емкость конденсатора, содержащего в качестве диэлектрика слой слюды ($\epsilon_1=6$) толщиной $d_1=2 \cdot 10^{-3}$ мм и слой парафина ($\epsilon_2=2$) толщиной $d_2=10^{-3}$ мм, если площадь пластин $S=25$ см².

134. Между пластинами плоского конденсатора вложена пластинка слюды ($\epsilon=6$). Какое давление испытывает эта пластинка при напряженности электрического поля $E=10$ кВ/см²?

135. Стеклянную пластинку выдвинули в плоский конденсатор так, что она вплотную прилегает к его обкладкам. Расстояние между обкладками $a=10$ см. При разности потенциалов $U=3$ В поверхностная плотность связанных зарядов на стекле $\sigma_b = 1,59$ нКл/м². Найти диэлектрическую проницаемость ϵ .

136. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d=1,3$ мм, площадь пластин $S=20$ см². В пространстве между пластинами конденсатора два слоя диэлектрика: слюды ($\epsilon=6$) толщиной $d_1=0,7$; и эбонита ($\epsilon_2=3$) толщиной $d_2=0,3$ мм. Определить емкость C конденсатора.

137. Диэлектрическая проницаемость газообразного аргона при нормальных условиях равна $\epsilon=1,00054$. Определить дипольный момент A атома аргона в электрическом поле с напряженностью $E=10$ кВ/м, если концентрация молекул при этих условиях равна $n=2,7 \cdot 10^{25}$ м⁻³.

138. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ϵ . Заряд пластин равен Q , площадь пластин S . Найти плотность связанных зарядов σ' на поверхности диэлектрика.

139. Две параллельно бесконечные плоскости заряжены равномерно с разноименно. Между ними находится диэлектрик с диэлектрической проницаемостью $\epsilon=3$. Поверхностная плотность

связанных зарядов на диэлектрике $\sigma_b = 1.33 \cdot 10^{-10}$ Кл/см². найти поверхностную плотность σ свободных зарядов на пластинах.

140. Шарик радиусом $R=5$ см и зарядом $Q=210$ нКл находится внутри диэлектрика с диэлектрической проницаемостью $\epsilon=7$. Определить поверхностную плотность σ' поляризационного заряда, возникающего у поверхности заряженного шарика.

141. При какой напряженности электрического поля поверхностная плотность связанных зарядов на стекле ($\epsilon=7$) равна $\sigma_b=0,26$ Кл/м²?

142. Плоский конденсатор с площадью пластин $S=300$ см² каждый заряжен до разности потенциалов $U=1000$ В. Расстояние между пластинами $d=4$ см. Энергия поля конденсатора $W=2,3 \cdot 10^5$ Дж. Найти диэлектрическую восприимчивость χ диэлектрика, заполняющего объем между пластинами.

143. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя слоями диэлектриков: слоем стекла толщиной $d_1=2$ см и слоем парафина толщиной $d_2=0,3$. Разность потенциалов между обкладками $U=300$ В. Определить напряженность поля и падения потенциала в каждом из слоев.

144. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено диэлектриком. На пластины подана разность потенциалов $U_1=650$ В. Если, отключив источник напряжения, вынуть диэлектрик из конденсатора, то разность потенциалов на пластинах возрастёт до $U_2=1800$ В. Найти поверхностную плотность связанных зарядов σ_b и диэлектрическую восприимчивость χ диэлектрика.

145. Пространство между пластинами плоского конденсатора объемом $V=20$ см³ заполнено диэлектриком ($\epsilon=5$). Пластины конденсатора присоединены к источнику напряжения. При этом поверхностная плотность на диэлектрике $\sigma_b = 8.55$ мкКл/м². Какую работу A нужно совершить, чтобы вытащить диэлектрик из конденсатора после отклонения источника напряжения?

146. Решить предыдущую задачу для случая, если диэлектрик вытаскивают при включенном источнике напряжения.

147. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d=1$ см, на нижней пластине лежит лист слюды ($\epsilon=6$) толщиной

$d_1=0,5$ см. Конденсатор заряжен до напряжения $U=300$ В.. Определить напряженности E_1 и E_2 электрического поля в воздухе и в слюде.

148. В одном из двух одинаковых по своим размерам плоских конденсаторов, использована для прокладки между пластинами парафинированная бумага ($\epsilon=2$). Вторым конденсатор с неизвестным диэлектриком имеет в 3,5 раза большую емкость, чем первый. Каково отношение σ_1/σ_2 плотностей связанных зарядов при подключении к одному и тому же источнику напряжения?

149. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d=5$ мм, разность потенциалов $U=150$ В. На нижней пластине лежит плитка парафина ($\epsilon=2$) толщиной $d_1=4$ мм. Определить поверхностную плотность σ зарядов этой пластинки.

150. В плоский воздушный конденсатор вдвинули стеклянную пластинку ($\epsilon=7$) так, что она образовала с пластинами конденсатора угол $\alpha=45^\circ$. Определить на какой угол β от первоначального направления отклоняются силовые линии электрического поля конденсатора в пластине.

151. Между пластинами плоского конденсатора, находящимися на расстоянии $d=1$ см друг от друга, приложена разность потенциалов $U_1=100$ В.. К одной из пластин прилежит плоскопараллельная пластинка кристаллического бромистого таллия ($\epsilon=173$) толщиной $d_1=2,5$ мм. После отклонения конденсатора от источника напряжения пластинка кристалла вынимают. Какова будет после этого разность потенциалов U_2 между пластинами конденсатора?

152. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено диэлектриком, диэлектрическая восприимчивость которого $\chi=0,08$. На пластины конденсатора подана разность потенциалов $U=4$ кВ. Найти поверхностные плотности зарядов σ и σ' на пластинах и на диэлектрике. Расстояние между пластинами $d=5$ мм.

153. Внутри шара из однородного изотропного диэлектрика с $\epsilon=5$ создан однородное электрическое поле напряженности $E=100$ В/м². Найти поверхностную плотность связанных зарядов σ' .

154. В однородное электрическое поле с напряженностью $E_0=100 \text{ В/м}^2$ помещена бесконечна плоскопараллельная пластина из однородного и изотропного диэлектрика с $\epsilon=2$. Пластина расположена перпендикулярно к E_0 . Определить электрическое смещение z внутри пластины и поляризованность диэлектрика P .

155. Бесконечная пластина толщиной d из изотропного диэлектрика поляризована так, что поляризованность её равна P и направлена перпендикулярно пластине. Найти объемную плотность связанных зарядов \bar{P} .

156. Стеклянная пластинка с диэлектрической проницаемостью $\epsilon=6$ внесена в однородное электрическое поле с напряженностью $E=10 \text{ В/м}$ и расположена так, что угол между нормалью к пластинке и направлением внешнего поля равен $\alpha_1=30^\circ$. Найти напряженность E_2 поля в пластинке, угол α_2 , который это поле образует с нормалью к пластинке, а также плотность σ' связанных зарядов, возникших на поверхностях пластинки.

157. В зазор между разноименными плоскостями ввели пластину из диэлектрика, не несущую сторонних зарядов (рис.16). Пунктиром на рисунке показана воображаемая замкнутая поверхность, частично проходящая внутри диэлектрика, частично вне его. Чему равен поток вектора электрического смещения D через эту поверхность?

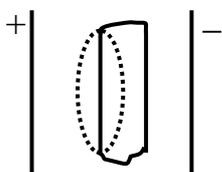


Рис.16

158. Плоский слой диэлектрика ($\epsilon=2$) толщиной $d=0,5 \text{ см}$ равномерно заряжен с объемной плотности заряда $\rho=2,7 \text{ нКл/см}^3$. Какова напряженность поля E а) в середине слоя? б) внутри слоя на расстоянии $l=0,1 \text{ см}$ от поверхности? в) вне слоя?

159. Шарик радиус $R=2 \text{ см}$, сделанный из диэлектрика, заряжен с объемной плотностью заряда $\rho=2,3 \text{ нКл/см}^3$. Какова напряженность поля E на расстоянии $r=3 \text{ см}$ от центра шара?

160. Слой диэлектрика толщиной $d=5 \text{ см}$ равномерно заряжен с объемной плотностью заряда $\rho=0,01 \text{ нКл/см}^3$. Найти разность потенциалов между поверхностью слоя и его серединой. Диэлектрическая проницаемость диэлектрика $\epsilon=3$.

161. У поверхности фарфора ($\epsilon=7$) напряженность электрического поля в воздухе $E=200 \text{ В/см}$, направление поля образует с нормалью у поверхности угол $\alpha_1=40^\circ$. Определить:

а) угол β между направлением поля и нормалью в фарфоре; б) напряженность поля в фарфоре; в) поверхностную плотность σ' связанных зарядов на фарфоре.

162. Точечный заряд $Q=20$ нКл находится в вакууме на расстоянии $a=50$ мм от заземлённой плоской металлической стенки. Найти силу F , с которой стенка притягивает к себе заряд.

163*. Точечный заряд Q находится между двумя проводящими полуплоскостями. Расстояние заряда до каждой полуплоскости равно l . Найти модуль вектора F , действующей на заряд.

164*. Точечный диполь с электрическим моментом \vec{p} находится на расстоянии l от бесконечной проводящей плоскости. Найти модуль вектора силы F , действующей на диполь, если вектор \vec{p} перпендикулярен плоскости.

165*. На расстоянии $a=10$ см от бесконечной проводящей плоскости находится точечный заряд $Q=20$ нКл. Вычислить напряженность E электрического поля в точке, удаленной от плоскости на расстоянии a и от заряда Q на расстоянии Δa .

166*. Точечный заряд Q находится на расстоянии l от бесконечной проводящей плоскости. Определить поверхностную плотность σ зарядов, индуцированных на плоскость, как функция расстояния r от основания перпендикуляра, смещенного из заряда Q на плоскость.

167*. Найти емкость систем конденсаторов, показанных рис.17

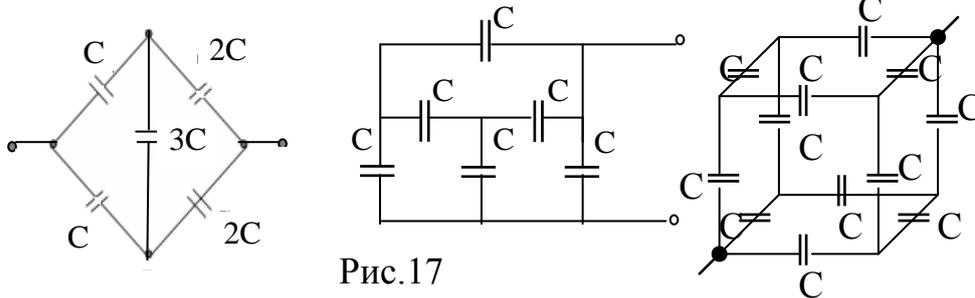


Рис.17

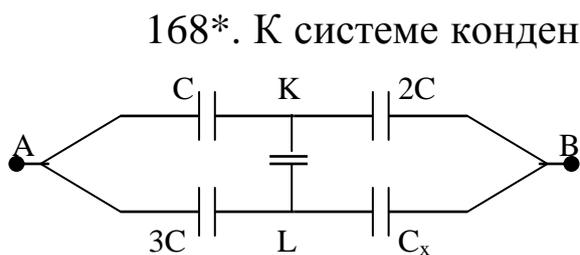


Рис. 18

168*. К системе конденсаторов (рис.18) подвели напряжение U . Заряд конденсатора, включенного между точками K и L , оказался равным нулю. Какова емкость конденсатора C_x .

169*. В воде электрическое поле напряженности $E=1$ кВ/см создает поляризацию, эквивалентную правильной ориентации только одной молекулы N . Электрический момент молекулы воды $P=0,62 \cdot 10^{-29}$ Кл·м.

170*. Бесконечная пластина из изотропного диэлектрика внесена в перпендикулярное к ней однородное внешнее электрическое поле с напряженностью E_0 . Толщина пластины a . Диэлектрическая проницаемость пластины изменяется линейно от значения ϵ_1 на левой границе до ϵ_2 на правой границе. Найти $\text{grad } E$ внутри пластины, как функцию x .

171*. Сторонние заряды равномерно распределены с объёмной плотностью ρ с радиусом R , из однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью ϵ . Найти модуль напряженности электрического поля E , как функцию расстояния r от центра шара.

172*. Заряд Q распределены равномерно по объёму шара радиуса R . Полагая диэлектрическую проницаемость ϵ . Найти а) собственную электрическую энергию шара W_1 , б) отношение энергии W_1 к энергии W_2 , заключенной в окружающем пространстве.

173*. Точечный заряд $Q=3$ мкКл находится в центре шарового слоя из однородного изотропного диэлектрика с $\epsilon=3$. Внутренний радиус слоя $r=25$ см, внешний $R=50$ см. найти электрическую энергию, заключенную в диэлектрическом слое.

174*. Найти емкость шарового проводника радиусом r , окруженного примыкающим к нему слоем однородного диэлектрика с наружным радиусом R и проницаемостью ϵ .

Л и т е р а т у р а

1. Савельев И.В. Курс общей физики. М.: Наука, 1978, т.2 §§15 – 19, §§ 24 – 30.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б. Курс физики. М.: Высшая школа, 1977, т.2 §§ 5-1,2,3, §§ 7-1,2, §§ 6-1,2,3.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики т.3. М.: Наука, 1983, §§ 10-15, §26, §28-30.

Тема 6

ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК.

Контрольные вопросы.

1. Каковы условия существования электрического тока? Дайте определение основных характеристик тока – силы и плотности тока.

2. Какова роль источника тока в электрической цепи? Что такое сторонние силы? Дайте определение ЭДС источника. Какая разница между ЭДС, напряжением и разностью потенциалов?

3. От чего зависит сила тока в электрической цепи? Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи, замкнутой цепи, неоднородного участка цепи в интегральной и дифференциальной форме.

4. От чего зависит сопротивление проводника? Как определяется сопротивление системы проводников, соединенных: а) последовательно; б) параллельно?

5. Какова природа носителей тока в металлах? Как объясняется сопротивление прохождению тока в металлах с точки зрения классической теории электропроводности металлов?

6. Сформулируйте правила Кирхгофа для расчета разветвленных электрических цепей. На основе каких физических законов они установлены?

7. Какая работа совершается сторонними и электрическими силами при прохождении электрического тока? Каким законом описывается тепловое действие тока?

8. Как определяется мощность источника тока? Какая мощность выделяется во внешней цепи? Чему равен КПД источника тока?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ.

1. При использовании обобщенного закона Ома в интегральной форме и определении работы и мощности электрического тока нужно обратить внимание на различие между разностью потенциалов, ЭДС и напряжением. Каждая из этих величин – эта работа перемещения единичного заряда в

цепи. Но разность потенциалов – это работа кулоновских сил, ЭДС – это работа сторонних сил, а напряжение – суммарная работа кулоновских и сторонних сил, равная произведению силы тока на полное сопротивление рассматриваемого участка.

2. При анализе электрических схем с последовательным и параллельным соединением проводников следует учесть, что при последовательном соединении через все участки цепи проходит одинаковый заряд (одинаковый ток). Напряжения на последовательных участках будут различными, и складываясь, дадут общее напряжение в цепи. Соединение различных точек цепи проводником, сопротивлением которого можно пренебречь, выравнивает потенциалы этих точек. Поэтому у параллельно соединенных проводников общим будет напряжение, а общий ток разделится пропорционально сопротивлениям проводников.

3. При составлении уравнений по правилам Кирхгофа для расчета разветвленных цепей нужно выбрать произвольно направления токов, текущих по участкам разветвленной цепи, указав их на схеме стрелками, и выбрать произвольно направление обхода контуров. При составлении уравнений следует придерживаться следующего правила знаков: ток, входящий в узел, берется со знаком «+»; произведение IR берется со знаком «+», если предполагаемое направление тока совпадает с направлением обхода контура; ЭДС берется со знаком «+», если при обходе контура приходится идти от минуса к плюсу внутри источника (от плюса к минусу на внешнем участке контура).

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.

Задача 1.

Потенциометр с сопротивлением $R=100$ Ом подключен к источнику ЭДС $E=150$ В с внутренним сопротивлением $r=50$ Ом (рис 1). Определить показание U , вольтметра с сопротивлением $R=500$ Ом, соединенного с одной из клемм потенциометра подвижным контактом, установленным посередине потенциометра? Какова разность потенциалов U_2 между теми же точками потенциометра при отключенном вольтметре?

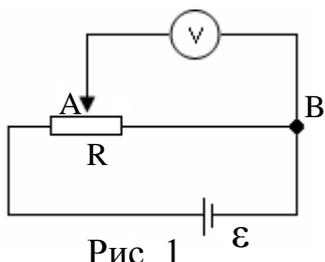


Рис. 1

Решение.

Показание U_1 вольтметра, подключенного к точкам A и B , определяется по формуле

$$U_1 = J_1 \cdot R_1; \quad (1)$$

Где J_1 – сила тока в неразветвленной части цепи; R_1 – общее сопротивление параллельно соединенных вольтметра и половины потенциометра, которое можно найти по правилам параллельного соединения

$$\frac{1}{R_1} = \frac{1}{R_v} + \frac{1}{R/2}, \text{ откуда } R_1 = \frac{R \cdot R_v}{R + 2R_v} \quad (2)$$

Сила тока J_1 в неразветвленной части цепи определяется по закону Ома для замкнутой цепи

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_3 + r}, \quad (3)$$

Где R_3 – сопротивление внешней цепи, равное $R_3 = \frac{R}{2} + R_1$, (4)

Используя выражения (2), (3) и (4), можно определить U_1 как

$$U_1 = \frac{\varepsilon}{\left(\frac{R}{2} + \frac{RR_v}{R + 2R_v} + r \right)} \cdot \frac{RR_v}{R + 2R_v} \quad (5)$$

Подставляя числовые выражения получим:
 $U_1 = (150 / (50 + (100 \cdot 500 / (100 + 1000)) + 50)) \cdot (100 \cdot 500 / (100 + 1000)) = 46.9 \text{ В}$

Разность потенциалов U_2 между точками A и B при отключенном вольтметре равна

$$U_2 = I_2 \cdot \frac{R}{2}, \quad (6)$$

Где по закону Ома для замкнутой цепи

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R + r}, \quad (7) \text{ И } U_2 = \frac{\varepsilon}{R + r} \cdot \frac{R}{2}, \quad (8)$$

Подставляя числовые значения получим $U_2 = \frac{150}{100 + 50} \cdot 50 = 50 \text{ В}$.

Задача 2.

Три одинаковых элемента с ЭДС, равной E , с подключенными к ним одинаковыми

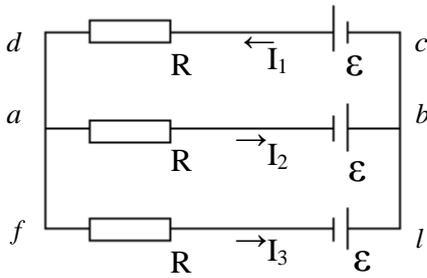


Рис. 2

Сопротивлениями R , составляют цепь, изображенную на рис. 2. Найти суммарную мощность P , выделяющуюся на всех сопротивлениях схемы. Внутренними сопротивлениями элементов пренебречь.

Решение.

Выделяемая на каждом участке цепи мощность определяется как

$$P_i = I_i^2 R \quad (1)$$

Где i – номер выделяемого участка, J_i – ток в нем, R_i – его сопротивление. Суммарная мощность, выделяющаяся в схеме,

$$\text{будет } P = \sum_{i=1}^3 P_i = \sum_{i=1}^3 I_i^2 R_i \quad (2)$$

Так как рассматриваемую разветвленную цепь можно разбить на 3 участка. Таким образом для решения задачи необходимо найти силы токов J_1, J_2, J_3 во всех участках цепи. Для этого можно использовать правила Кирхгофа. Выберем направление токов J_1, J_2 и J_3 , как указано на рисунке 2, и условимся обходить контуры против часовой стрелки. Тогда для узла «в» уравнение по 1 правилу Кирхгофа будет выглядеть

$$-I_1 + I_2 + I_3 = 0, \quad (3)$$

Для контуров $abdc$ и $cefd$ составим уравнение по 2 правилу Кирхгофа

$$I_1 R + I_2 R = \varepsilon + \varepsilon = 2\varepsilon, \quad (4)$$

$$I_1 R + I_3 R = \varepsilon + \varepsilon = 2\varepsilon \quad (5)$$

Совместное решение системы уравнений (3), (4) и (5) даст значение токов

$$I_1 = \frac{4\varepsilon}{3R}, \quad I_2 = I_3 = \frac{2\varepsilon}{R}. \quad (6)$$

Подставляя выражения (6) в (2), окончательно получим

$$P = I_1^2 R + I_2^2 R + I_3^2 R = \frac{16\varepsilon^2}{9R} + \frac{4\varepsilon^2}{9R} + \frac{4\varepsilon^2}{9R} = \frac{8\varepsilon^2}{3R} \quad (7)$$

Таблица вариантов.

№ варианта	Номер задач				№ варианта	Номер задач			
1	1	36	71	106	26	26	61	96	131
2	2	37	72	107	27	27	62	97	132
3	3	38	73	108	28	28	63	98	133
4	4	39	74	109	29	29	64	99	134
5	5	40	75	110	30	30	65	100	135
6	6	41	76	111	31	31	66	101	136
7	7	42	77	112	32	32	67	102	137
8	8	43	78	113	33	33	68	103	138
9	9	44	79	114	34	34	69	104	139
10	10	45	80	115	35	35	70	105	140
11	11	46	81	116	36	21	67	98	129
12	12	47	82	117	37	22	68	99	130
13	13	48	83	118	38	23	69	100	131
14	14	49	84	119	39	24	66	101	132
15	15	50	85	120	40	25	65	102	133
16	16	51	86	121	41	26	64	103	134
17	17	52	87	122	42	27	63	104	135
18	18	53	88	123	43	28	62	105	136
19	19	54	89	124	44	29	61	97	137
20	20	55	90	125	45	30	70	96	138
21	21	56	91	126	46	31	60	95	139
22	22	57	92	127	47	32	59	94	140
23	23	58	93	128	48	33	58	93	128
24	24	59	94	129	49	34	57	91	126
25	25	60	95	130	50	35	56	90	127

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Какое напряжение U можно подать на катушку, имеющую 1000 витков медного провода со средним диаметром витков $d=6$ см, если допустимая плотность тока $j=2$ А/мм²?

2. Имеется моток медной проволоки площадью поперечного сечения $S=0,1$ м. масса всей проволоки $m=0,3$ кг. Определить сопротивление проволоки R ?

3. К зажимам источника напряжения присоединили медную проволоку длиной $l=2$ м. Плотность тока в проволоке $j=10^5$ А/м². Определить напряжение U на зажимах.

4. Определить среднюю скорость направленного движения электронов в металлическом проводнике сечением $S=0,3$ см², по которому течет ток с силой $J=12$ А, если в каждом кубическом сантиметре проводника $n=5 \cdot 10^{21}$ свободных электронов.

5. Элемент с ЭДС $E=2$ В имеет внутреннее сопротивление $r=0,5$ Ом. Определить падение напряжения внутри элемента при силе тока $J=0,25$ А и внешнем сопротивлении цепи R .

6. При внешнем сопротивлении $R_1=3$ Ом ток в цепи $J_1=0,3$ А, а при $R_2=5$ Ом, $J_2=0,2$ А. Определить ток короткого замыкания $J_{кз}$.

7. Какой величины надо взять дополнительное сопротивление, чтобы можно было включить в сеть с напряжением $U=220$ В лампу, которая горит нормально при напряжении $U_1=120$ В и токе $J_1=4$ А ?

8. Две лампы и добавочное сопротивление R соединены последовательно и включены в сеть с напряжением $U=110$ В. Найти величину добавочного сопротивления, если падения напряжения на каждой лампе $U_1=40$ В, а ток в цепи $J=12$ А.

9. Элемент с ЭДС $E=1,1$ В и внутренним сопротивлением $r=10$ Ом замкнут на внешнее сопротивление $R=9$ Ом. Найти силу тока в цепи, падения напряжения во внешней цепи?

10. Два элемента с ЭДС $E=2$ В каждый соединены параллельно и замкнуты на сопротивление $R=1,4$ Ом. Внутренние сопротивления этих элементов $r_1=1$ Ом и $r_2=1,5$ Ом. Найти токи J_1 и J_2 в каждом из элементов и ток J во всей цепи.

11. Два элемента с ЭДС $E=2$ В, каждый соединены последовательно на сопротивление $R=0,5$ Ом. Внутренние сопротивления элементов $r_1=1$ Ом и $r_2=1,5$ Ом. Найти разности потенциалов U_1 и U_2 на зажимах каждого элемента.

12. Элемент, амперметр и некоторое сопротивление включены последовательно. Сопротивление сделано из медной проволоки длиной $l_1=100$ м и поперечным сечением $S_1=2$ мм². Сопротивление амперметра $R_a=0,05$ Ом, амперметр показывает

ток $J_1=1,43$ А. Если же взять сопротивление из алюминиевой проволоки длиной $l_2=57,3$ м и поперечным сечением $S_2=1$ мм², то амперметр покажет ток $J_2=1$ А. Найти ЭДС элемента и его внутреннее сопротивление. Удельные сопротивления меди алюминия

13. Амперметр, сопротивление которого $R_a=0,16$ Ом, зашунтирован сопротивлением $R_{ш}=0,04$ Ом амперметр показывает $J_a=8$ А. Чему равен ток J в магистрали?

14. Имеется предназначенный для измерения напряжения токов до $J_a=10$ А амперметр сопротивлением $R_a=0,18$ Ом шкала которого разделена на $N=100$ делений. какое сопротивление надо взять и как его включить чтобы этим амперметром можно было измерить силу тока до $J=100$ А? как изменится при этом цена деления амперметра.

15. Имеется предназначенный для измерения напряжений до $U_v=30$ В вольтметр сопротивлением $R_v=2000$ Ом шкала которого разделена на $N=150$ делений. Какое сопротивление R надо взять и как его включить, чтобы этим вольтметром можно было измерять разности потенциалов до $U=75$ В? как изменится при этом цена деления вольтметра?

16. В лаборатории, удаленной от генератора на $l=100$ м включили электрический нагревательный прибор, потребляющий ток $I=10$ А. На сколько понизилось напряжение на зажимах электрической лампочки, горящей в лаборатории? Сечение медных проводов удельное сопротивление $r=1,7 \cdot 10^{-5}$ Ом·м.

17. Определить плотность тока в железном проводнике длиной $l=10$ м, если провод находится под напряжением $U=6$ В удельное сопротивление железа $r=9,8 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

18. К источнику ЭДС $E=1,5$ В присоединили катушку с сопротивлением $R=0,1$ Ом. Амперметр показал ток $I=0,5$ А. Когда к источнику тока присоединили последовательно ещё один источник тока, такой же, как ЭДС, то ток в катушке оказался равным $I=0,4$ А. Определить внутреннее сопротивление r_1 и r_2 источников ЭДС.

19. Два элемента с ЭДС $\varepsilon_1=1,2$ и $\varepsilon_2=0,9$ и внутренними сопротивлениями $r=0,1$ Ом, $r_1=0,3$ Ом соединены одноименными

полюсами. Сопротивление соединительных проводов $R=0,2$ Ом. Определить J ток в цепи.

20. Плотность тока в медном проводнике ($\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$) равна $j=3$ А/мм. Найти напряженность E электрического поля в проводнике.

21. Сила тока в проводнике равномерно нарастает от 0 до $I=3$ А в течение $t=10$ с. Определить заряд Q прошедший в проводнике.

22. Сила тока в проводнике меняется со временем по уравнению $I=4+2t$, где выражено в Амперах, t – в секундах. Какой заряд проходит через поперечное сечение проводника за время от $t=2$ и $t=6$? При какой силе J_1 постоянного тока через поперечное сечение проводника за это же время проходит такой же заряд?

23. Напряжения на шинах электростанции $U=6,6$ кВ. Потребитель находится на расстоянии $l=10$ км. Определить площадь S сечения медного провода ($\rho = 1,7^{-8}$ Ом·м), которые следует взять для устройства двухпроводной линии передачи, если сила тока линии $I=20$ А и потери напряжения в проводах не должны превышать 3%.

24. Катушка и вольтметр соединены последовательно и присоединены к источнику клеммами. К клеммам катушки присоединен вольтметр с сопротивлением $R=2000$ Ом. Амперметр показывает $J=0,25$ А вольтметр $U=100$ В. Определить сопротивление катушки. Сколько процентов составит ошибка, если при определении сопротивления катушки не будет проводимость вольтметра?

25. В сеть с напряжением $U=120$ В, Включили катушку с напряжением $R=5000$ Ом и вольтметр, соединенные последовательно. Показание вольтметра $U=80$ В. Когда взятую катушку заменили другой, вольтметр показывал $U=50$ В. определить сопротивление другой катушки.

26. Внутреннее сопротивление батареи аккумуляторов равно $r=3$ Ом. Сколько процентов от точного сечения ЭДС составляет погрешность, если измеряя разность потенциалов на зажимах батареи вольтметром с сопротивлением $R=200$ Ом, принять её равной ЭДС?

27. Два одинаковых источника ЭДС $\varepsilon = 1,2\text{В}$ и внутренним сопротивлением $r = 0,4\text{ Ом}$ соединены, как показано на рис. 3а, б. Определить силу тока в цепи и разность потенциалов между

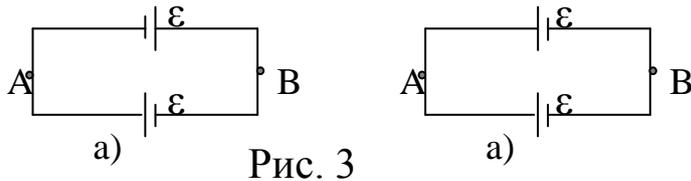


Рис. 3

точками А и В в первом и втором случаях.

28. По алюминиевому проводу проходит ток $J = 2\text{ А}$. Площадь поперечного сечения его $S = 2 \cdot 10^{-6}\text{ м}^2$. Найти скорость направленного движения электронов, предполагая, что число свободных электронов равно числу атомов.

29. Допустимый ток в медных воздушных проводах сечением $S = 1\text{ мм}^2$ не превышает $J = 11\text{ А}$. Определить среднюю скорость направленного движения электронов, если считать, что на каждый атом меди приходится один электрон проводимости.

30. Сравнить точки короткого замыкания для случаев, когда n одинаковых элементов соединены параллельно и последовательно.

31. При токе $I_1 = 0,5\text{ А}$ напряжение на участке некоторой цепи равно $U_1 = 8\text{ В}$. При токе $I_2 = 1,5\text{ А}$ напряжение на этом же участке равно $U_2 = 20\text{ В}$. Какова ЭДС E , действующая на этом участке?

32. Принимая, что на каждый атом меди, приходится один свободный электрон, определить для медного провода длиной $l = 15\text{ км}$ и сечением $S = 1\text{ мм}^2$, по которому идет ток под напряжением $U = 7\text{ В}$, сколько времени потребуется для перемещения свободного электрона от одного конца провода к другому.

33. Через вольтметр со шкалой на $U_0 = 100\text{ В}$ протекает ток $I = 0,1\text{ мА}$. Показание вольтметра при этом $U_1 = 1\text{ В}$. Если к вольтметру присоединить добавочное сопротивление $R = 90\text{ кОм}$, какую наибольшую разность потенциалов U_2 можно будет измерять этим прибором?

34. Батарея аккумуляторов с ЭДС $E = 6\text{ В}$ замкнута на два последовательно соединенных реостата сопротивлением $R_0 = 5\text{ кОм}$ каждый. Что покажет вольтметр, присоединенный к клеммам одного реостата, если сопротивление вольтметра $R = 10\text{ кОм}$. Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

35. Электромагнитный прибор с ценой деления ампер и внутренним сопротивлением употребляется как вольтметр с добавочным сопротивлением R . Какова будет цена деления в вольтах?

36. Определить падения напряжения в сопротивлениях $R_1=40\text{ Ом}$, $R_2=2\text{ Ом}$ и $R_3=4\text{ Ом}$ (рис.4) если амперметр показывает $I_1=3\text{ А}$. Найти токи I_2 и I_3 в сопротивлениях R_2, R_3 .

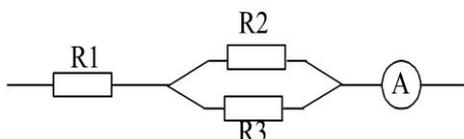


Рис. 4

37. Определить силу тока, показываемую амперметром в схеме рис.5. Напряжение на зажимах элемента в замкнутой цепи $U=2,1\text{ В}$, $R_1=50\text{ Ом}$, $R_2=60\text{ Ом}$, $R_3=3\text{ Ом}$. Сопротивлением амперметра пренебречь

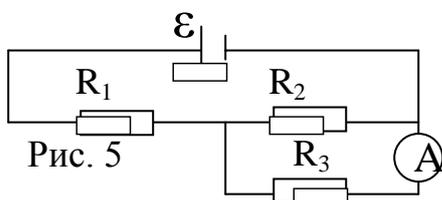


Рис. 5

38. В схеме на рис.6 $R_2=20\text{ Ом}$, $R_3=15\text{ Ом}$ и сила тока, текущего через сопротивление, равна $I=0,3\text{ А}$. Амперметр показывает ток $I_{ra}=0,8\text{ А}$. Найти сопротивление R .

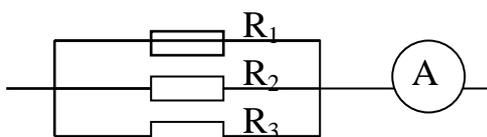


Рис. 6

39. В схеме на рис.7 ЭДС батареи $E=100\text{ В}$, $R_1=R_3=400\text{ м}$, $R_2=800\text{ Ом}$, $R_4=34\text{ Ом}$. Найти силу тока I_2 , текущего через сопротивление R_2 . Сопротивлением батареи пренебречь.

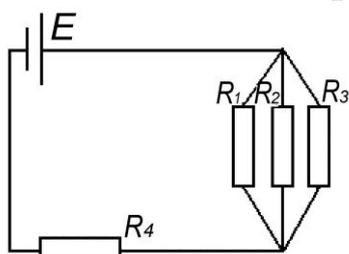


Рис. 7

40. В схеме на рис.8 ЭДС $E=120\text{ В}$, $R_3=200\text{ Ом}$, $R_4=250\text{ Ом}$, падения напряжения на сопротивлении R_1 $U_1=40\text{ В}$ Амперметр показывает ток $I=2\text{ А}$. Найти сопротивление R_2 . Сопротивлением батареи и амперметра пренебречь.

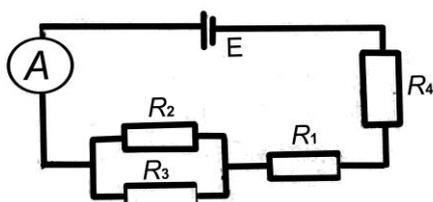


Рис. 8

41. В схеме на рис.9 ЭДС $E=100$ В, $R_1=100$ Ом, $R_2=200$ Ом и $R_3=300$ Ом. Какое напряжение показывает вольтметр, если его сопротивление $R_v=2000$ Ом? Сопротивлением батареи пренебречь.

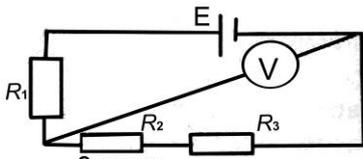


Рис. 9

42. В схеме на рис.9 $R_1=R_2=R_3=200$ Ом. Вольтметр показывает $U=100$ В, сопротивление вольтметра $R_v=1$ кОм. Найти ЭДС E батареи. Сопротивлением батареи пренебречь.

43. Найти показания I амперметра и U вольтметра в схеме на рис.10, если сопротивление вольтметра $R_v=1$ кОм, ЭДС $E=110$ В, сопротивление $R_1=400$ Ом и $R_2=600$ Ом. Сопротивлением батареи и амперметра пренебречь.

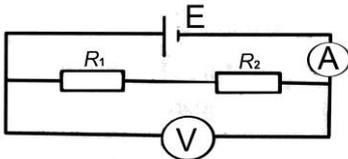


Рис. 10

44. Найти показания амперметра и вольтметра в схеме на рис.11, если сопротивления вольтметра $R_v=1$ кОм, ЭДС $E=220$ В, $R_1=R_2=600$ Ом. Сопротивлением батареи и амперметра пренебречь.

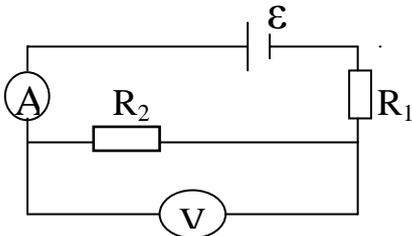


Рис. 11

45. Найти показания амперметра и вольтметра в схеме на рис. 12, если сопротивление вольтметра $R_v=2$ кОм, ЭДС $E=110$ В, сопротивления $R_1=R_2=400$ Ом.

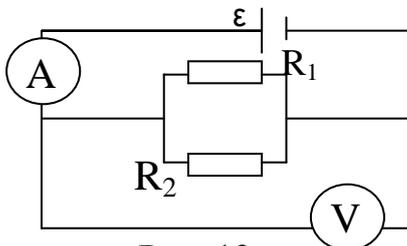


Рис. 12

46. Найти показания амперметра и вольтметра в схеме на рис. 13, если сопротивление вольтметра $R_v=1$ кОм, ЭДС $E=110$ В, $R_1=500$ Ом, $R_2=300$ Ом.

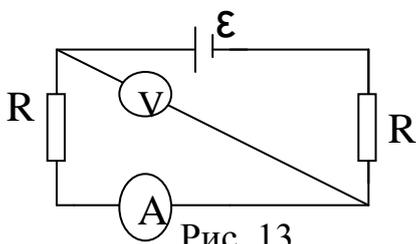


Рис. 13

47. Два параллельно соединенных сопротивления $R_1=4$ Ом и $R_2=6$ Ом подключены к источнику тока ЭДС $E=5$ В и внутренним сопротивлением $r=0,1$ Ом, найти токи I_1 и I_2 , текущие через сопротивление.

48. Для измерения напряжения на участке электрической

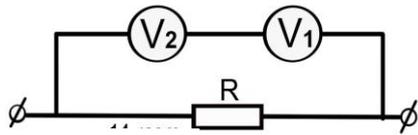


Рис. 14

цепи включены последовательно 2 вольтметра (рис.14). Первый вольтметр сопротивлением $R_1=5000$ Ом, дал показание $U_1=20$ В. А второй дал показания $U_2=2$ В. Определить

сопротивление R_2 второго вольтметра.

49. В сети с напряжением включены две электрические лампы сопротивлением по $U=120$ Ом каждая. Какой ток J пойдет через каждую лампу при параллельном и последовательном их соединении?

50. На сколько равных частей нужно разрезать однородный проводник, имеющий сопротивление $R=36$ Ом, что бы сопротивление его частей соединенных параллельно было $R_1=1$ Ом?

51. Вольтметр, внутреннее сопротивление которого $R_1=50$ кОм подключенный к источнику вместе с дополнительным сопротивлением $R_2=120$ кОм, показывает напряжения $U_1=100$ В. Определить напряжения U_2 на зажимах источника.

52. Определить показания вольтметра (рис. 15) и меньшее внутреннее сопротивление $r_1=5$ кОм, если ток до разветвления $I=1$ А, сопротивление $R_2=2$ кОм и $R=500$ Ом.

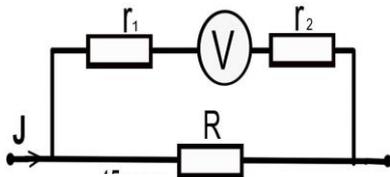


Рис. 15

53. В электрической цепи изображенной на рис.16, амперметр показывает – ток $I=0,04$ А, вольтметр – напряжения $U=20$ В.

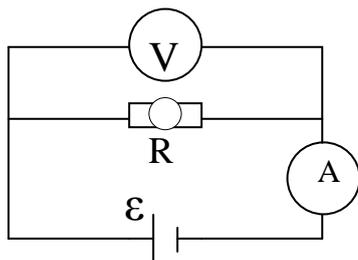


Рис. 16

Определить сопротивление вольтметра, если $R=1000$ Ом.



54. Определить общее сопротивление цепи, изображенного на рис.17.

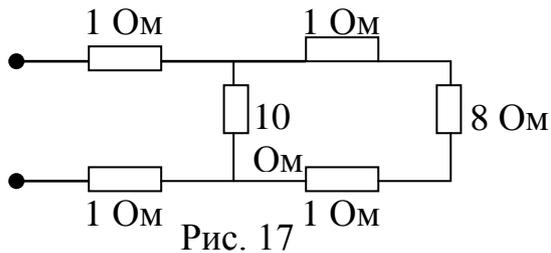


Рис. 17

55. К источнику с напряжением $U=12$ В присоединена

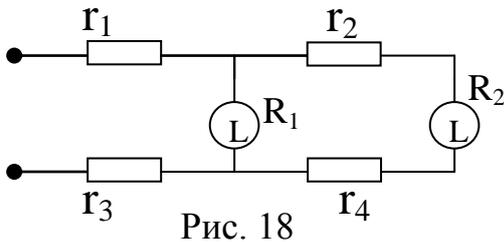


Рис. 18

линия, питающая две лампы (рис.18).

Сопротивление участков линии $R_1=R_2=R_3=1,5$ Ом. Сопротивление каждой лампы $R=36$ Ом. Определить падение напряжения U_1, U_2 на каждой лампе.

56. Три реостата включены по схеме, изображенной на

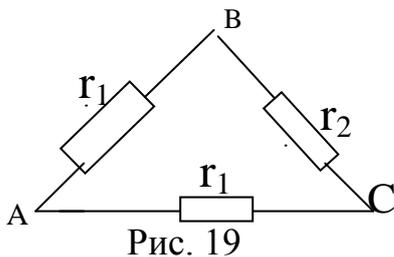


Рис. 19

рис.19, если реостаты включены в цепь в точках AB , то сопротивление цепи $R_1=20$ Ом, а если в точках AC , то $R_2=15$ Ом. Определить сопротивление R_1, R_2 и R_3 , если известно $R_1=2R_2$.

57. Найти величины токов в отдельных проводниках

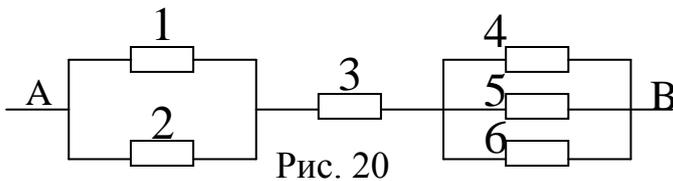


Рис. 20

(рис.20), если $R_1=3$ Ом, $R_2=2$ Ом, $R_3=7,55$ Ом, $R_4=20$ м, $R_5=5$ Ом, $R_6=100$ м, $U_a=100$ В.

58. Найти эквивалентное сопротивление цепи и показание

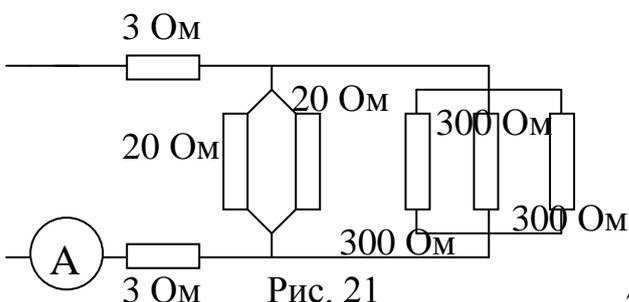
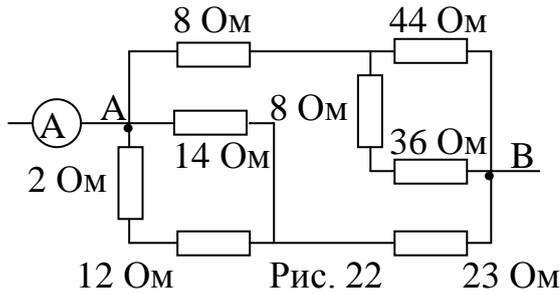


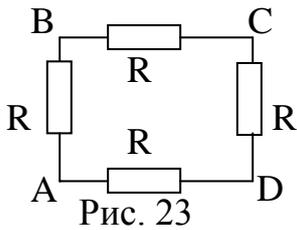
Рис. 21

амперметра, если $U=110$ В (рис.21).

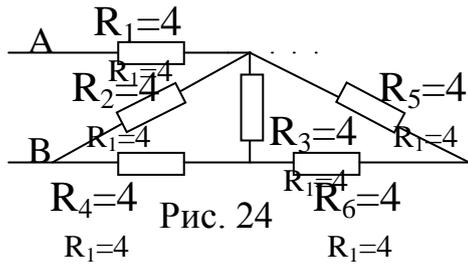
59. Определить общее сопротивление цепи рис.22 и напряжение между точкой A и B , если амперметр показывает $4A$.



60. Четыре одинаковых сопротивлений по $R=10$ Ом, каждая соединены, как показано на рис.23. Каким будет общее сопротивление, если ток подвести к точкам A и C ? К точкам A и D ?

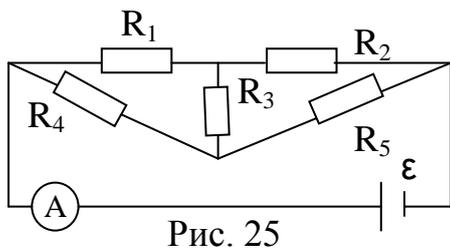


61. Найти общее сопротивление и токи в проводниках, соединенных по схеме, приведенной на рис. 24. Если, напряжения на зажимах AB $U=12$ В.



62. К источнику с ЭДС $E=8,8$ В присоединены последовательно сопротивления R_1 , величина которой неизвестно, и сопротивление $R_2=1000$ Ом. К концам сопротивления подключенный вольтметр, сопротивлением $R=5000$ Ом показывающий напряжение $U=4$ В. Какое падение напряжения U_1 будет на сопротивление R_1 , если отключить вольтметр? Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

63. Какой ток покажет амперметр, включенную схему изображенную на рис. 25, если $R_1=1,25$ Ом, $R_2=3$ Ом, $R_4=7$ Ом, и ЭДС источника $E=2,8$ В. Сопротивлением амперметра и источника пренебречь.



64. Найти ток идущий через источник ЭДС схеме изображенной на рис. 26, если все сопротивления одинаковы и равны $R_u=34$ Ом, ЭДС источника $E=7,3$ В. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.

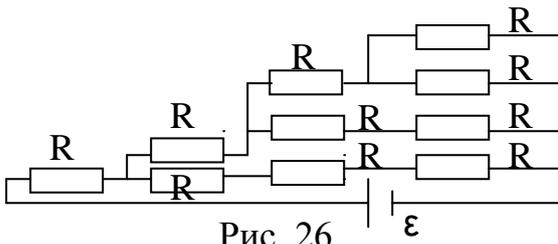


Рис. 26

65. Цепь составлена из девяти одинаковых сопротивлений r по схеме, изображенной на рис.27. Сопротивление всей цепи $R=1,5$ Ом. Определить сопротивление r .

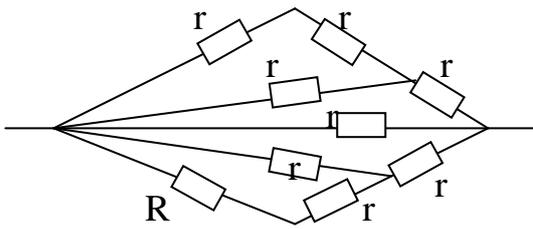


Рис. 27

66. К источнику ЭДС $E=12$ В и внутренним сопротивлением $r=0,6$ Ом подключается нагрузка из трех одинаковых сопротивлений R соединенных по схеме на рис.28. Амперметр показывает ток $I=2$ А, определить каждое сопротивление R .

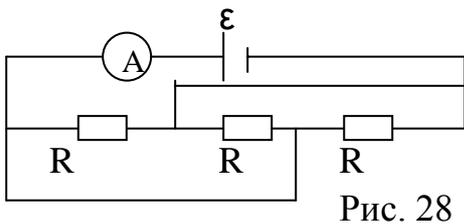


Рис. 28

67. В сети с напряжением $U=24$ В, подключили два последовательно соединенных резистора. При этом сила тока стала равной $I=0,6$ А. Когда резисторы подключили параллельно, суммарная сила тока стала равная $I=3,2$ А. Определить сопротивление R_1 и R_2 резистора.

68. Определить сопротивление цепей показанных на рис.29 а, б.

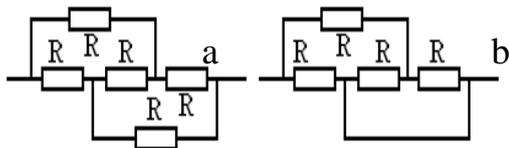


Рис. 29

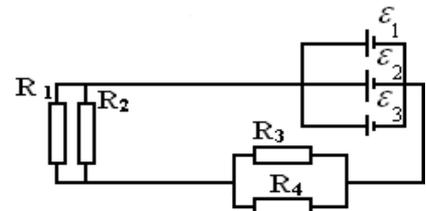


Рис. 30

69. Определить общее сопротивление цепи на рис.30, если $R_1=0,5$ Ом, $R_2=1,5$ Ом, $R_3=R_4=R_6=1$ Ом, $R_5=2/3$ Ом.

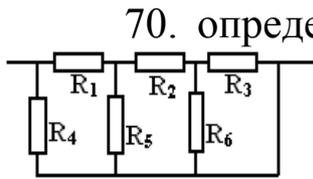


Рис. 31

70. определить ток в цепи и в сопротивление R_3 , (рис.31), если батарея состоит из трех параллельно соединенных элементов с ЭДС по $E=1,44$ В и внутренним сопротивлением по $r=0,6$ Ом каждый, а $R_1=R_2=1,2$ Ом, $R_3=2$ Ом, $R_4=3$ Ом.

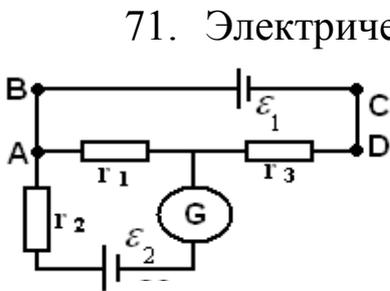


Рис. 32

71. Электрическая цепь состоит из двух гальванических элементов, трех сопротивлений и гальванометра рис.32. В этой цепи $r_1=100$ Ом $r_2=500$ Ом, $r_3=20$ Ом, ЭДС элемента $E_1=2$ В. Гальванометр регистрирует ток $I=50$ мА идущий в направлении указанном стрелкой. Определить ЭДС второго элемента ε_2 . Сопротивлением гальванометра и

внутренним сопротивлением элементов пренебречь.

72. Два источника ЭДС: $E_1=14$ В с внутренним сопротивлением $r_1=2$ Ом и $\varepsilon_2=6$ В с внутренним сопротивлением $r_2=4$ Ом, а так же реостат $R=10$ Ом соединены, как показано на рис.33. Определить силы токов в реостате и в источниках ЭДС.

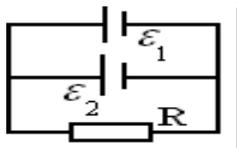


Рис. 33

73. Определить силу тока в каждом элементе и напряжение на зажимах реостата (см.рис.34), если $E_1=8$ В, $r_1=1$ Ом, $\varepsilon_2=4$ В, $r_2=0,5$ Ом и $R=50$ Ом.

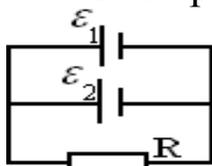


Рис. 34

74. Определить напряжение на сопротивлениях: $r_1=2$ Ом, $r_2=r_3=4$ Ом, включенных в цепь, как показано на рис.35, если $\varepsilon_1=10$ В, $\varepsilon_2=4$ В. Сопротивлениями источников ЭДС пренебречь.

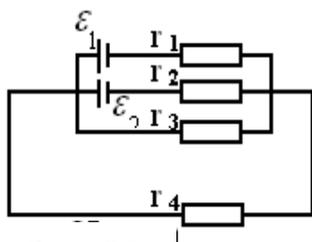


Рис. 35

75. Три сопротивления $r_1=35$ Ом, $r_2=1$ Ом и $r_3=3$ Ом, а также источник ЭДС $\varepsilon=1,4$ В, соединены, как показано на рис.36. Определить ЭДС источника, который надо подключить в цепь между точками A и B , чтобы в сопротивлении r_3 шел ток силой $I=1$ А в направлении указанной стрелкой. Сопротивлением источников тока пренебречь.

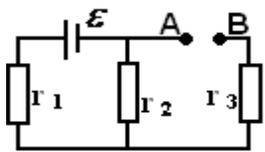


Рис. 36

76. Определить силу тока в сопротивлении r_3 (рис.37) и напряжения концах этого сопротивление если $\varepsilon_1=4$ В, $\varepsilon_2=3$ В, $r_1=2$ Ом, $r_2=6$ Ом, $r_3=1$ Ом. Внутренним сопротивлением источников ЭДС пренебречь.

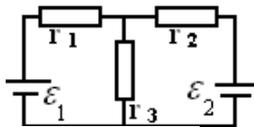


Рис. 37

77. В цепи (рис.38) внутреннее сопротивление источников ЭДС $r_1=1,5$ Ом $r_2=0,5$ Ом, ЭДС $\varepsilon_1=50$ В, $E_2=10$ В. Найти сопротивление R_1 при котором сила тока в сопротивлении равна нулю.

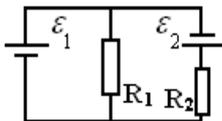


Рис. 38

78. В схеме рис.39 $\varepsilon = \varepsilon_2$; $R_1=R_2=100$ Ом. Вольтметр показывает $U_v=200$ В, сопротивление вольтметра равно $R_v=100$ Ом. Найти E_1 и E_2 . Внутренними сопротивлениями источников пренебречь.

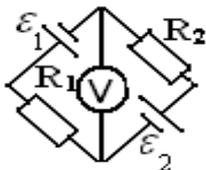


Рис. 39

79. В схеме рис. 39 $\varepsilon_1=\varepsilon_2=400$ В; $R_1=R_2=400$ Ом. Сопротивление вольтметра $R_v=200$ Ом. Найти показание вольтметра. Сопротивлением источников пренебречь.

80. В схеме рис.40 $\varepsilon_1=10$ В, $\varepsilon_2=2$ В, $R_1=1$ Ом, $R_2=4$ Ом, $R_3=3$ Ом. Найти силу тока во всех участках цепи. Внутренним сопротивлением элементов пренебречь.

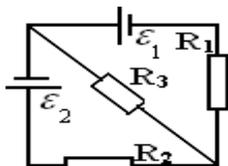


Рис. 40

81. В схеме рис. 41 $\varepsilon_1=4$ В, $\varepsilon_2=2$ В, $R_1=5$ Ом, $R_2=10$ Ом, $R_3=5$ Ом. Найти силу тока во всех участках цепи. Внутренним сопротивлением элементов пренебречь.

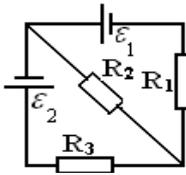


Рис. 41

82. Три источника ЭДС $E_1=1$ В, $E_2=3$ В, $E_3=2$ В соединены как показано на рис.42. Внутреннее сопротивление источников равны $r_1=r_2=r_3=0,2$ Ом. Определить токи в ветвях.

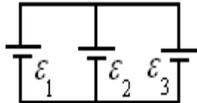


Рис. 42

83. Три источника ЭДС $E_1=10$ В, $E_2=5$ В, $E_3=1$ В и три сопротивления $R_1=1$ Ом, $R_2=2$ Ом, $R_3=3$ Ом соединены как показано на рис.43. Определить токи в сопротивлениях. Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

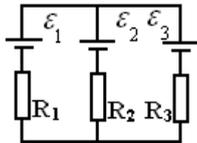


Рис. 43

84. Какую силу тока показывает гальванометр в схеме(рис.44), если $E_1=2$ В, $E_2=1,2$ В, $R_2=900$ Ом, $R_3=300$ Ом и падение напряжения на сопротивлении R_1 равно $U_1=2$ В. Сопротивлением источников пренебречь.

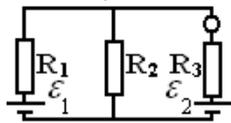


Рис. 44

85. Три источника ЭДС $E_1=E_2=4$ В, $E_3=6$ В и реостат $R=3$ Ом соединены как показано на рис.45. Определить ток в реостате, если $r_1=r_3=1$ Ом, $r_2=2$ Ом.

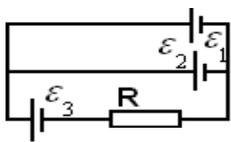


Рис. 45

86. Три гальванических элемента ($\varepsilon_1=1,3$ В, $\varepsilon_2=1,5$ В, $\varepsilon_3=2$ В, $r_1=r_2=r_3=0,2$ Ом) включены как показано на рис.46. Сопротивление $R=0,55$ Ом. Определить токи в элементах.



Рис. 46

87. На рис.47 изображена схема, на которой $R_1=500$ Ом, $R_2=200$ Ом, $R_3=1000$ Ом, $\varepsilon_1=1,8$ В. Гальванометр регистрирует ток силой $I=0,5$ мА, идущий в направлении, указанном стрелкой. Определить ЭДС второго гальванического элемента, пренебрегая внутренними сопротивлениями обоих элементов и сопротивлением гальванометра.

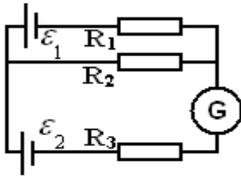


Рис. 47

88. Три гальванических элемента и три вольтметра соединены по схеме, показанной на рис.48. ЭДС элементов равен $\varepsilon_1=1$ В, $\varepsilon_2=2$ В, $\varepsilon_3=1,5$ В. Сопротивления вольтметров равны $R_1=2 \cdot 10^3$ Ом, $R_2=3 \cdot 10^3$ Ом, $R_3=4 \cdot 10^3$ Ом. Сопротивления элементов ничтожно малы. Каковы показания вольтметров?

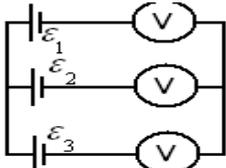


Рис. 48

89. На схеме, показанной на рис.49, сопротивления $R_1=R_2=R_3=R_4=10$ Ом, $\varepsilon_1=1,5$ В, $\varepsilon_2=1,8$ В. Определить токи в сопротивлениях. Внутренними сопротивлениями источников пренебречь.

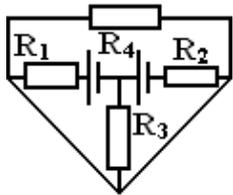


Рис. 49

90. Какими должны быть сопротивления R_1, R_2, R_3 , и R_4 , из схемы, изображенной на рис.50, чтобы в каждом из них шел ток в $I=0,1$ А, если источники ЭДС имеют $E_1=1$ В, $E_2=2$ В, $E_3=3$ В, $E_4=4$ В. Внутренними сопротивлениями источников ЭДС пренебречь.

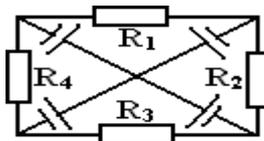


Рис. 50

91. Найти напряжение на сопротивлении $R_2=10$ Ом (рис.51), если ЭДС источников $E_1=2$ В, $E_2=2,8$ В, $E_3=1,4$ В, причем их внутреннее сопротивление одинаковы и равны $r=0,5$ Ом и $R_1=5$ Ом.

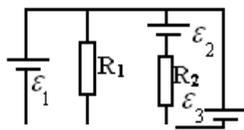


Рис. 51

92. Определить показание вольтметра, если он включен в схему, указанную на рис. 52. Сопротивление вольтметра $R_v=300$ Ом. ЭДС каждого из элементов $\varepsilon_1=\varepsilon_2=2,2$ В. Сопротивления $R_1=100$ Ом, $R_2=200$

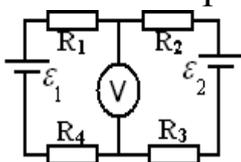


Рис. 52

Ом, $R_3=400$ Ом, $R_4=300$ Ом. Внутренним сопротивлением источников пренебречь.

93. В цепи, показанной на рис. 53, ток через гальванометр не течет. Определить, чему равно сопротивление R_x , если $R=9$ Ом, $\varepsilon_1=15$ В, $r_1=2,8$ Ом, $\varepsilon_2=2,7$ В.

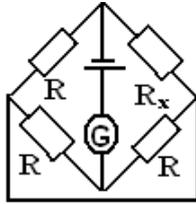


Рис. 53

94. Найти токи, протекающие в каждой ветви электрической цепи на рис.54, если $\varepsilon_1=6,5$ В, $\varepsilon_2=3,9$ В, $r_1=r_2=r_3=r_4=r_5=r_6=10$ Ом. Внутренние сопротивление источников ЭДС не учитывать.

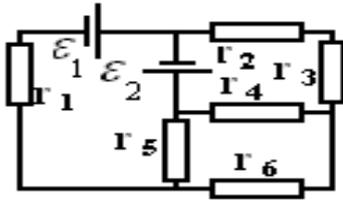


Рис. 54

95. Три гальванических элемента $\varepsilon_1=1,3$ В, $\varepsilon_2=1,5$ В и $E_3=2$ В внутренними сопротивлениями $R_1=R_2=R_3=0,2$ Ом включены, как показано на рис. 55. Сопротивление $R=0,55$ Ом. Определить токи I_1, I_2, I_3 в элементах.

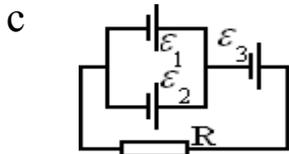


Рис. 55

96. В схеме на рис. 56 $\varepsilon_1=2\varepsilon_2$, $R_1=R_3=20$ Ом, $R_2=15$ Ом, $R_4=30$ Ом. Амперметр показывает ток $I_1=1,5$ А. Найти величины E_1, E_2 , а так же силы токов I_2 и I_3 , идущих через сопротивления R_2 и R_3 . Сопротивлением батареи и амперметра пренебречь.

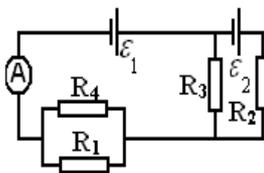


Рис. 56

97. Найти показание миллиамперметра в схеме на рис.57, если $E_1=E_2=1,5$ В, $r_1=r_2=0,5$ Ом, $R_1=R_2=2$ Ом и $R_3=1$ Ом. Сопротивление Миллиамперметра $R_A=3$ Ом.

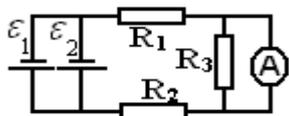


Рис. 57

98. В цепи на рис. 58 $\varepsilon_1=2$ В, $\varepsilon_2=5$ В, $R_3=20$ Ом.

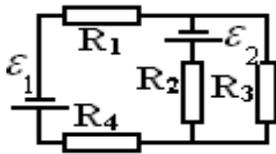


Рис. 58

Сопротивления подобраны так, что ток через батарею ε_1 не идет. Чему равно напряжение U_2 на зажимах сопротивления R_2 и сила тока I_3 через сопротивление R_3 ? Внутренними сопротивлениями батареи можно пренебречь.

Чему равны сопротивления R_1 , R_2 и R_4 ?

99. В цепи на рис.59 известны все сопротивления и сила тока

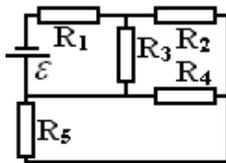


Рис. 59

I_4 через сопротивление R_4 . Найти ЭДС батареи E . Внутренним сопротивлением батареи пренебречь.

100. В цепи на рис. 60 $E=10$ В, $R_1=50$ м, $R_2=R_3=10$ м, $r=3$ Ом.

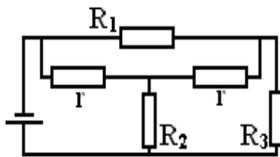


Рис. 60

Внутренним сопротивлением батареи пренебречь. Найти силы токов в каждой ветки.

101. Чему равна ЭДС E батареи в схеме на рис. 60, если при величинах сопротивлений, указанных в предыдущей задаче, известно, что ток через батарею равен $I=3,24$ А.

102. В электрической цепи, на рис.61 известны сопротивления R_1 , R_2 и R_3 , сила тока I через батарею и разность потенциалов U_3 между точками 2 и 1. Найти величину сопротивления R_4 .

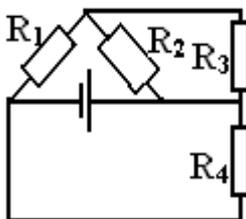


Рис. 61

103. Для определения внутреннего сопротивления гальванического элемента можно воспользоваться схемой на рис. 62, в которой гальванометр G с известным сопротивлением R дает одинаковые отклонения стрелки, будет ли подвижный контакт находиться в точке B

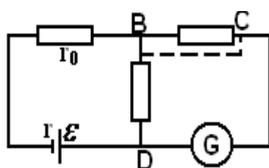


Рис. 62

или точке C причем сопротивление R_0 для этой цепи, Чему равно внутреннее сопротивление гальванического элемента R ?

104. В схеме на рис. 43 ЭДС источников $\varepsilon_1=1,5$ В, $\varepsilon_2=2$ В, $\varepsilon_3=2,5$ В и сопротивления $R_1=10$ Ом, $R_2=20$ Ом, $R_3=30$ Ом. Внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы. Найти ток I_1 через сопротивление R_1 и разность потенциалов $\varphi_A - \varphi_B$ между точками A и B .

105. Найти ток через сопротивление R в схеме на рис.63. Внутренние сопротивления обоих источников пренебрежимо малы.

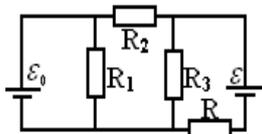


Рис. 63

106. ЭДС батареи $E=80$ В, внутреннее сопротивление $R=5$ Ом. Внешняя цепь потребляет мощность $N=100$ Вт. Определить силу тока I в цепи, напряжение U , под которым находится внешняя цепь, и ее сопротивление.

107. От батареи, ЭДС которой $E=600$ В, требуется передать энергию на расстояние $L=1$ км. Потребляемая мощность $N=5$ кВт. Найти минимальные потери мощности в сети, если диаметр медных подводных проводов $d=0.5$ см. Удельное сопротивление меди $\rho=1.7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

108. Расстояние между генератором и потребителем $l=1000$ м. Нагрузка – лампы, находящиеся под напряжением 220 В и потребляющие мощность $N=100$ кВт. Линия двухпроводная, провода медные, сечением $S=17$ мм². Определить напряжение на зажимах генератора. Удельное сопротивление меди $\rho=1.7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

109. ЭДС батареи $E=20$ В сопротивление внешней цепи $R=5$ Ом. Ток в цепи равен $I=3$ А. С каким КПД работает батарея? При каком внешнем сопротивлении КПД будет равен 80%?

110. Определить коэффициент полезного действия аккумулятора. ЭДС которого равна $E=2,15$ В, если он дает во внешнюю цепь ток силой $I=5$ А. Внутреннее сопротивление аккумулятора равно $R=0,18$ Ом.

111. Аккумулятор с внутренним сопротивлением $R=0,08$ Ом при токе $I_1=4$ А отдает во внешнюю цепь $N_1=8$ Вт. Какую мощность N_2 отдает он во внешнюю цепь при токе $I_2=6$ А ?

112. ЭДС батареи $E=12$ В. При силе тока $I=4$ А КПД батареи $\eta=0$. Определить внутреннее сопротивление батареи.

113. В медном проводнике длиной $l=2$ м и площадью поперечного сечения $S=0,4$ мм² идет ток. При этом каждую секунду выделяется $Q=0,35$ Дж теплоты. Сколько электронов проходит за 1 с, через поперечное сечение этого проводника? Удельное сопротивление меди $\rho=1,7 \cdot 10^{-2}$ Ом·м.

114. Какой длины надо взять нихромовый проводник диаметром $d=0,5$ мм, чтобы изготовить электрический камин, работающий при напряжении $U=120$ В и дающий $Q=10^6$ Дж теплоты в час? Удельное сопротивление нихрома $\rho=1,7 \cdot 10^{-2}$ Ом·м.

115. Трамвайный вагон потребляет ток силой $I=100$ А при напряжении $U=600$ В и развивает силу тяги $F=3$ кН. Определить скорость движения трамвая на горизонтальном участке пути, если КПД электродвигателя трамвая 80%.

116. Электродуховка должна выпаривать за $t=5$ мин $V=1$ л. воды, взятой при $t=20^\circ\text{C}$

Определить длину нихромовой проволоки с площадью поперечного сечения $S=0,5$ мм², если печь работает под напряжением $U=220$ В и КПД=80%. Удельное сопротивление нихрома $\rho=10^{-6}$ Ом·м. Удельная теплоемкость воды $C=4200$ Дж/кг·К; плотность воды $D=10 \cdot 3$ кг/м³.

117. В медных шинах с площадью поперечного сечения $S=25$ см², течет ток силой $I=250$ А. Определить количество теплоты, выделяющейся в 1 м³ за 1 с. Удельное сопротивление меди $\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

118. Определить плотность электрического тока в железном проводнике, если тепловая энергия, выделяемая в 1 м³ за 1 с, равна $Q=9,8 \cdot 10^4$ Дж/(м³ с). Удельное сопротивление железа $\rho=8,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

119. Имеется электрическая лампочка, рассчитанная на напряжение $U=120$ В и мощность $N=40$ Вт. Какое добавочное сопротивление R надо включить последовательно с лампочкой, чтобы был нормальный накал при напряжении $U=220$ В?

120. Найти количество тепла Q , выделяющегося за $t=1$ с в единице объема медного провода ($\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м) при плотности тока $j=30$ А/см².

121. ЭДС батареи $E=12$ В. Наибольшая сила тока $I=6$ А, которую может дать батарея, Определить максимальную мощность N_{max} , которая может выделяться во внешней цепи.

122. ЭДС источника равна $E=300$ В, ток короткого замыкания $I_k=2$ А. Определить максимальное количество Q теплоты, которое может отдавать источник ЭДС в течение 1с во внешнюю цепь.

123. Определить КПД батареи, при котором мощность, выделяемая батареей во внешнюю цепь, максимальна.

124. ЭДС батареи равна $E=12$ В, внутреннее сопротивление $R=2$ Ом. Определить максимальную мощность, которую батарея может отдавать во внешнюю цепь.

125. Электрическая плитка имеет две спирали, сопротивление которых $R_1=20$ Ом и $R_2=30$ Ом. Определить мощность плитки, если в сеть с напряжением $U=127$ В включить: 1) каждую обмотку отдельно. 2) обе обмотки вместе, а) параллельно и б) последовательно.

126. Обмотка электрической кастрюли, вмещающей $V=2$ л воды, состоит из двух секций сопротивлением $R=25$ Ом каждая. Начальная температура воды $t=15^\circ$ С, напряжение в сети $U=120$ В, КПД нагревателя $\eta=80\%$. Определить через сколько времени закипит вода, если- 1) включена одна секция, 2) обе секции включены последовательно, 3) обе секции включены параллельно.

127. Электрический чайник имеет две обмотки. При включении одной обмотке вода в чайнике закипит через $t_1=15$ мин, а при включение другой – через $t_2=30$ мин. Через сколько времени закипит вода в чайнике, если включить обе обмотки, 1) последовательно, 2) параллельно?

128. Ток в проводнике сопротивлением $R=100$ Ом за время $t=30$ с равномерно нарастает от $I_1=0$ до $I_2=2$ А. Определить теплоту Q , выделившуюся за это время в проводнике.

129. В проводнике за время $t=10$ с при равномерном возрастании тока от $I_1=0$ до $I_2=2$ А выделилось $Q=2$ кДж теплоты. Найти сопротивление проводника.

130. Элемент замыкают сначала на внешнее сопротивление $R_1=2$ Ом, а затем на внешнее сопротивление $R_2=0,5$ Ом. Найти ЭДС E элемента и его внутреннее сопротивление R , если

известно, что в каждом из этих случаев, мощность, выделяемая во внешней цепи, одинакова и равна $N=2,54$ Вт.

131. В медном проводнике ($\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м) объемом $V=6$ см³ при прохождении по нему постоянного тока за время $t=1$ мин выделилось количество теплоты $Q=216$ Дж. Определить напряженность электрического поля E в проводнике.

132. Потребитель находится на расстоянии $l=1000$ м от генератора. Напряжение на зажимах генератора $U=300$ В. Какого диаметра медные провода нужно взять для устройства двухпроводной линии передачи, если ток в линии равен $I=20$ А и чтобы в проводе потери энергии не превышали 5% от мощности источника? Удельное сопротивление меди $\rho=1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

133. По проводнику сопротивлением $R=10$ Ом течет медленно изменяющийся по синусоидальному закону ток. Максимальное значение силы тока $I_{max}=1$ А, период $T=8$ с, начальная фаза равна нулю. Определить количество теплоты Q , выделившееся в проводнике в первые $t=4$ с.

134. Определить ток короткого замыкания для аккумуляторной батареи, если при токе нагрузки $I_1=5$ А она дает во внешнюю цепь мощность $N_1=9,5$ Вт, а при токе $I_2=8$ А нагрузке $N_2=14,4$ Вт.

135. Два сопротивления по $R=100$ Ом подключаются к источнику ЭДС сначала последовательно, потом параллельно. В обоих случаях тепловая мощность, выделяемая на каждом сопротивлении, оказалось одинаковой. Найти ЭДС источника E , если ток, протекающий в цепи при последовательном включение сопротивлений $I=1$ А.

136. Батарея состоит из $n=5$ последовательно соединенных элементов с ЭДС $E=1,4$ В и внутренним сопротивлением $R=0,3$ Ом каждый. При какой силе тока полезная мощность равна $N=0,8$ Вт?

137. Электромотор включен в сеть постоянного тока напряжением $U=220$ В. Сопротивление обмотки мотора $R=2$ Ом. Сила потребляемого тока $I=10$ А. Найти потребляемую мощность N и КПД мотора.

138. Электромотор питается от сети с напряжением $U=24$ В. Чему равна мощность на валу мотора при протекании тока $I_1=8$ А, если известно, что при полном затормаживании якоря в цепи идет ток $I_2=16$?

139. Какую силу тока надо пропустить через железную проволоку длиной $l=1$ м, массой $m=1$ г, чтобы нагреть ее за $T=1$ с до температуры плавления $t=1600^\circ\text{C}$? Передачу тепла другим телам не учитывать. Удельное сопротивление $\rho=1,2\cdot 10^{-7}$ Ом·м, удельная теплоемкость 500 Дж/(кг·К), плотность $\rho=7,900$ кг/м³, начальная температура $t_0=0^\circ\text{C}$.

140. Разветвленная цепь, состоящая из двух параллельно соединенных сопротивлений $R_1=6$ Ом и $R_2=12$ Ом, включена последовательно $R_3=15$ Ом. Эта электрическая схема подключения к зажимам генератора, ЭДС которого $E=200$ В, а внутреннее сопротивление $R=1$ Ом. Вычислить мощность N , выделяющуюся на сопротивление R_1 . Сопротивлением подводящих проводов пренебречь.

141*. В приемнике применены три радиолампы с напряжением накала $U=6$ В и токами накала $I_2=0,2$ А, $I_1=0,1$ А, $I_3=0,3$ А соответственно. Нарисовать схемы безтрансформаторного питания цепи накала от сети с напряжением $U=120$ В, в случае последовательного и параллельного соединения ламп. Определить величину дополнительных сопротивлений, при которых лампы в обоих случаях будут работать в заданных режимах.

142*. Чтобы определить место повреждения изоляции двухпроводной телефонной линии длиной $l=4$ км к одному ее концу присоединили батарею с ЭДС $E=15$ В. При этом оказалось, что, если провода у другого конца линии разомкнуты, ток через батарею $I_1=1$ А, а если замкнуты накоротко, то ток через батарею $I_2=1,8$ А. Найти место повреждения линии и сопротивление изоляции в месте повреждения. Сопротивление каждого провода линии $R=5$ Ом. Сопротивлением батареи пренебречь.

143*. Проволочное медное кольцо радиуса $R=0,1$ м раскрутили до угловой скорости $\omega=10^3$ рад/с. Определить какой ток пойдет через кольцо при равномерном замедлении вращения до остановки в течение $t=10^{-3}$ с. Сечение проволоки $S=0,5$ см, удельная проводимость меди $L=6\cdot 10^7$ Ом/м.

144*. Шкала вольтметра (рис.64.) имеет $N=150$ делений. Вольтметр имеет четыре клеммы, рассчитанные на измерение напряжения до $U_1=3$ В, $U_2=15$ В и $U_3=150$ В. Стрелка

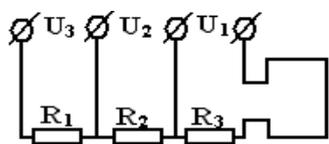


Рис. 64

прибора отклоняется на $n=50$ делений при прохождении через него тока $I=1$ мА. Какое внутреннее сопротивление прибора при включении его на разные диапазоны?

145*. Определить электрическое сопротивление следующих проволочных сеток:

- 1) каркаса в виде квадрата, середины противоположных сторон которого соединены между собой в центре спаяны. Каркас включен в цепь диагональными вершинами.
- 2) Шестиугольника, в котором одна из точек соединена со всеми остальными точками (всего, таким образом, 9 проводников), включенного в цепь диагональными вершинами (одна из вершин – точка, где сходятся диагонали).
- 3) Каркаса в виде тетраэдра, включенного в цепь двумя вершинами.
- 4) Сетки в виде шестиугольника с тремя большими диагоналями, спаянными в центре, и включенной в цепь – а) точками, между которыми проведена одна из диагоналей, б) точками, лежащими на середине противоположных сторон.
- 5) Каркаса куба, включенного в цепь двумя вершинами. Рассмотреть все возможные случаи.

Сопротивление каждого из звеньев r .

146*. Какой ток будет идти через амперметр в схеме, изображенной на рис. 65? ЭДС источника равна E . Внутренними сопротивлениями амперметра и источника пренебречь. Рассмотреть два случая: а) $R_1=R_4=r$, $R_2=R_3=2r$. б) $R_1=R_2=R_3=r$, $R_4=2r$.

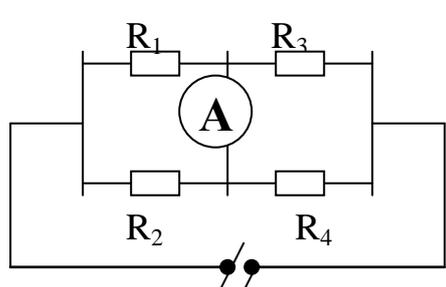
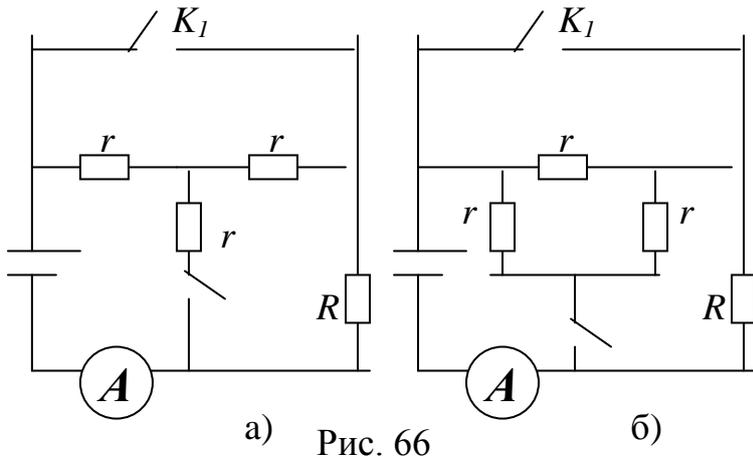


Рис. 65

147*. Требуется подобрать для схем, показанных на рис. 66 а



а) Рис. 66

б)

и б, такие сопротивления, чтобы при замкнутом ключе K_2 амперметр показывал такой же ток, как и при замкнутом ключе K_2 и разомкнутом ключе K_1 . Сопротивления источника тока и амперметра ничтожно малы.

148*. Найти ток, протекающий через сопротивление R_4

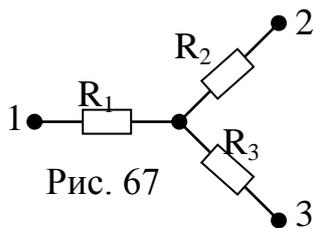


Рис. 67

участка цепи (рис.67), если сопротивление $R_1=10$ Ом, $R_2=20$ Ом, $R_3=30$ Ом и потенциалы точек 1, 2, и 3 равны соответственно $\varphi_1=10$ В, $\varphi_2=6$ В, $\varphi_3=5$ В.

149*. Батарея аккумуляторов, ЭДС которой $E=12$ В, заряжается при напряжении $U=12,5$ В током $J_1=3$ А. Принимая, что внутреннее сопротивление при заряде и при разряде электричества одинаково, что аккумулятор отдает КПД 70% прошедшего при заряде электричества, определить КПД аккумулятора – а) при разряде током $J=3$ А, б) при разряде током $J_2=0,3$ А.

150*. Имеется $N=24$ одинаковых источника ЭДС $E=1$ В и внутренним сопротивлением $r=0,2$ м. Эти источники соединены так, что образуют батарею из n последовательных секций, каждая из которых состоит из N/n соединенных параллельно источников. К батарее подключен прибор, обладающий сопротивлением $R=0,3$ Ом. При каком n мощность отбираемая прибором будет максимальной? Чему равно максимальное значение N ?

151*. Во сколько раз следует повысить напряжение источника, чтобы снизить потери мощности в линии $N=100$ раз

при передачи той же мощности, при условии, что в первом случае падение напряжения в линии $U=nU$, где U – напряжение на нагрузках.

152*. Электромотор постоянного тока подключили к напряжению U . Сопротивление обмотки якоря равно R . При каком значении тока I через обмотку полезная мощность N мотора будет максимальной? Чему она равна? Каков при этом КПД мотора?

Л и т е р а т у р а

1. Савельев И.В. Курс общей физики. М.: Наука, 1978, т.2 §§31-38, §§ 77 – 78.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М., Милковская Л.Б. Курс физики. М.: Высшая школа, 1977, т.2 §§ 1-7, §§ 9-1,2,3,4.
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики т.3. М.: Наука, 1983, §§40- 45.

ТЕМА 7 ЗАКОНЫ ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА

Контрольные вопросы:

1. Что является источником магнитного поля, и как его можно обнаружить? Какая величина вводится для характеристики магнитного поля? Каков физический смысл вектора магнитной индукции? В каких единицах измеряется магнитная индукция?

2. Как графически изображается магнитное поле? Что называется линиями магнитной индукции, как определяется их направление?

3. В чем состоит закон Ампера? Как он записывается в скалярной и векторной формах? Как направлена сила Ампера?

4. Как действует магнитное поле на движущийся заряд? Каковы величина и направление Лоренца?

5. Как взаимодействуют между собой параллельные проводники с током?

6. Проанализируйте, что определяет величину и направление магнитной индукции и напряженности поля, и сформулируйте закон Био–Савара–Лапласа. Примените его к полям разной конфигурации.

7. Чему равна циркуляция вектора магнитной индукции? Какие свойства магнитного поля отражены теорией о циркуляции (законом полного тока)? Запишите эту теорему для векторов \vec{B} и \vec{n} . Получите из нее магнитную индукцию поля соленоида и тороида.

8. Каковы величина и направление магнитного момента тока? Как определяется вращающий момент, действующий на контур с током в магнитном поле? Что происходит с контуром, по которому течет ток, в магнитном поле?

9. Чему равен поток вектора магнитной индукции сквозь поверхность? Сформулируйте теорему Остроградского – Гаусса для вектора \vec{B} и объясните ее смысл.

10. Как определяется работа, совершаемая при перемещении проводника с током или при повороте контура в магнитном поле?

Методические указания к решению задач

Задачи данной темы охватывают следующие разделы:

- а) нахождение поля по заданной конфигурации токов методом суперпозиции;
- б) действие магнитного поля на ток или контур с током;
- в) движение зарядов в магнитном поле;
- г) работа сил магнитного поля.

За исходное явление следует считать взаимодействие токов и в качестве силовой характеристики: магнитного поля берется его индукция \vec{B} . При нахождении индукции магнитного поля следует пользоваться либо непосредственно законом Био –Савара – Лапласа, либо формула – индукции, выведенными из этого закона; можно пользоваться теоремой о циркуляции векторов \vec{B} .

При рассмотрении сил, действующих на проводник с током в магнитном поле, следует помнить, что переход от дифференциальной формулы Ампера к формуле для конечных проводников возможен только в случае прямолинейного проводника, находящегося в однородном поле. Направление сил ампера и Лоренца можно определить либо по правилу «левой руки», либо непосредственно по правилу векторного произведения.

Определяя работу сил магнитного поля, каждый раз надо оговаривать медленность движения проводника, чтобы можно было пренебречь давлением электромагнитной индукции.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1.

К контуру в виде равностороннего треугольника идет ток $I=40$ А. Сторона треугольника $a=30$ см. Определить магнитную индукцию B в точке пересечения высот.

Решение.

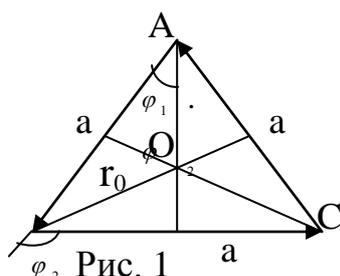


Рис. 1

Индукция B в точке O , согласно принципу суперпозиции, будет равна геометрической сумме индукций магнитных полей, создаваемых всеми сторонами треугольника:

$$\vec{B}_p = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3.$$

В центре треугольника все эти векторы

направлены перпендикулярно плоскости чертежа. Из соображений симметрии:

$$B_1 = B_2 = B_3 = B.$$

Следовательно, $B_p = 3B$.

Магнитная индукция поля, создаваемого отрезком проводника, выражается формулой

$$B = \frac{\mu_0 I}{4\pi R_0} (\cos \varphi_1 - \cos \varphi_2).$$

Из рисунка 1 видно, что $\varphi_2 = \pi - \varphi$; $R_0 = \frac{a}{2} \operatorname{tg} \alpha$,

Поэтому

$$B_p = \frac{3\mu_0 I}{2\pi x} \cdot \frac{\cos \varphi_1 - \cos(\pi - \varphi_1)}{\operatorname{tg} \varphi_1} = \frac{3\mu_0 I \cos^2 \varphi_1}{\pi a \operatorname{Sin} \varphi_1},$$

так как $\varphi_1 = \frac{\pi}{6}$; $\sin \varphi_1 = \frac{1}{2}$; $\cos \varphi_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}$; $B_p = \frac{9\mu_0 I}{2\pi a}$,

Произведем вычисления в системе СИ:

$$B_p = \frac{9 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 40}{2\pi \cdot 0.3} = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ Тл}.$$

Проверим соответствие единиц

$$[B] = \frac{H \cdot A}{A^2 \cdot m} = \frac{H}{A \cdot m} = \text{Тл}$$

Задача 2.

В одной плоскости с бесконечно длинным прямым проводом, по которому течет ток силы $I=5$ А, расположена прямоугольная рамка размером $a=0,2$ м и $b=0,1$ м, по которой течет ток $I_1=0,2$ А. Длинные стороны рамки параллельны прямому току, причем ток в ней сонаправлен току I в рамке. Определить силы взаимодействия прямого тока с каждой из сторон рамки, если ближайшая от тока сторона рамки находится на расстоянии $x_0=0,05$ м от нее.

Решение.

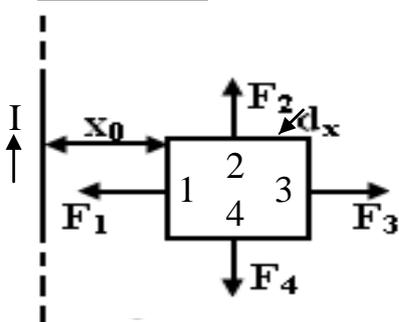


Рис. 2

Стороны 1 и 3 рамки (рис 2) параллельны прямому току и находятся от него на расстояниях соответственно $R=x_0$ и $R=x_0+B$, где B - короткая сторона рамки.

Сила, с которой действует магнитное поле на каждую из сторон рамки

$$F = \int dF = \int I B dl \sin(\vec{dl}, \vec{B}) = \int I B dl, \quad (1)$$

так как (\vec{dl}, \vec{B}) в пределах каждой стороны равен $\frac{\pi}{2}$,
индукция магнитного поля бесконечно длинного тока

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi R}, \quad (2)$$

где R – расстояние от прямого тока до рассматриваемой точки.

Подставляя расстояния сторон 1 и 3 от прямого тока в (1) в (2) и интегрируя, получим $F_1 = \frac{\mu_0 I_1 I}{2\pi x_0} a$; $F_2 = \frac{\mu_0 I_1 \cdot I \cdot a}{2\pi(x_0 + b)}$.

Силы \vec{F}_1 и \vec{F}_2 направлены в противоположные стороны и $F_1 > F_2$. При интегрировании по второй (или по четвертой) стороне рамки, учитывая, что переменная X меняется в пределах от x_0 до $x_0 + b$, получим

$$F_2 = F_4 = \int_{x_0}^{x_0+b} \frac{\mu_0 I_1 I}{2\pi X} dx = \frac{\mu_0 I_1 I}{2\pi} \ln \frac{x_0 + b}{x_0}.$$

Подставим числовые данные:

$$F_1 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 0,2}{2\pi \cdot 0,05} \cdot 0,2 = 8,0 \cdot 10^{-7} \text{ Н};$$

$$F_3 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 0,2}{2\pi \cdot 0,15} \cdot 0,2 = 2,7 \cdot 10^{-7} \text{ Н}.$$

$$F_2 = F_4 = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5 \cdot 0,2}{2\pi} \ln \frac{0,15}{0,05} = 2,2 \cdot 10^{-7} \text{ Н}.$$

Проверим соответствие единиц:

$$[F] = \frac{N}{A^2} \cdot A^2 \cdot \frac{M}{M} = \text{Н}.$$

Задача 3.

Электрон, пройдя ускоряющую разность потенциалов $U=400$ В, попал в однородное магнитное поле напряженностью $H=10^3$ А/м. определить радиус R кривизны траектории электрона, если вектор его скорости перпендикулярен линиям поля.

Решение.

На электрон, движущийся в магнитном поле, действует сила Лоренца, вектор которой перпендикулярен скорости и, следовательно, сообщает электрону нормальное ускорение. По второму закону Ньютона

$$F_A = ma_n, \text{ или } |e|vB \sin \alpha = \frac{mv^2}{R}; \quad (1)$$

где e – заряд электрона, m – его масса.

По условию $v \perp B$ и $\alpha = 90^\circ$, $\sin \alpha = 1$.

Из формулы (1) найдем

$$R = \frac{mv}{eB}, \quad (2)$$

Входящий в равенство (2) импульс может быть выражен через кинетическую энергию W_k электрона

$$mv = \sqrt{2mW_k}, \quad (3)$$

$$W_k = |e|U$$

где

Подставив это выражение в формулу (3), получим

$$mv = \sqrt{2m|e|U}$$

Магнитная индукция B и напряженность H связаны соотношением $B = \mu_0 H$, где μ_0 – магнитная постоянная.

Подставим B и mv в формулу (2) и получим:

$$R = \sqrt{\frac{2m|e|U}{\mu_0|e|H}} = \sqrt{\frac{2mU}{\mu_0 H}}. \quad (4)$$

Произведем вычисления в системе СИ:

$$R = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31} \cdot 400}{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \cdot 10^3}} = 6,37 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Проверим соответствие единиц:

$$R = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{Кл} \cdot \text{В}}{(\text{Н} / \text{А}^2) \cdot \frac{\text{А}}{\text{м}} \cdot \text{Кл}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{Дж} \cdot \text{м} \cdot \text{А}}{\text{Н} \cdot \text{Кл}}} = \sqrt{\frac{\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{А} \cdot \text{м}}{\text{с} \cdot \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{А} \cdot \text{с}}} = \text{м.}$$

Задача 4.

Плоский квадратный контур со стороной $a = 10$ см, по которому течет ток $I = 100$ А, установлен свободно в однородном магнитном поле с $B = 1$ Тл. Определить работу, совершаемую внешними силами при повороте контура относительно оси, проходящей через середины его противоположных сторон, на угол $\varphi = 90^\circ$.

Решение.

На контур с током в магнитном поле действует вращающий момент

$$M = P_m B \sin \varphi.$$

где P_m – магнитный момент контура, B – индукция магнитного поля, φ – угол между P_m , направленным по нормали к контуру и \vec{B} .

в начальном положении контур свободно установился в магнитном поле. При этом момент сил равен 0, $\varphi = 0$, т.е. P_m и \vec{B} совпадают по направлению. Когда внешние силы выведут контур из положения равновесия, то возникший момент сил будет стремиться вернуть контур в исходное положение. Против этого момента и будет совершаться работы внешними силами. Так как момент меняется в зависимости от ориентации контура, то для подсчета работы применим формулу

$$A = \int_0^{\varphi} dA; \quad dA = Md \varphi = P_m B \sin \varphi \cdot d \varphi$$

где $P_m = IS = Ia^2$, S – площадь контура $= a^2$, I – сила тока в контуре.

$$dA = IBa^2 \sin \varphi d \varphi.$$

Тогда

$$A = IB \cdot a^2 \int_0^{\varphi} \sin \varphi d \varphi., \quad \varphi = \frac{\pi}{2}.$$

Следовательно,

$$A = IB \cdot a^2 \int_0^{\pi/2} \sin \varphi d \varphi = I \cdot Ba^2 \cdot \cos \varphi \Big|_0^{\pi/2} = I \cdot Ba^2$$

Подставим численные значения $A = 100 \cdot 1 \cdot 0.01 \text{ Дж} = 1 \text{ Дж}.$

Проверим соответствие единиц:

$$[A] = A \cdot \text{Тл} \cdot \text{м}^2 = \frac{A \cdot \text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{м} \cdot A} = \text{Нм} = \text{Дж}.$$

Задача может быть решена и другим способом.

Работа A , совершаемая силами Ампера при повороте рамки с током в магнитном поле, равна $A = I(\Phi_2 - \Phi_1)$

где Φ_1 и Φ_2 – магнитные потоки сквозь поверхность, ограниченную контуром, в его начальном и конечном

положениях. Так как начальное положение рамки, когда она установилась свободно, соответствует положению устойчивого равновесия, то

$$\Phi_1 = BS \cos(\vec{B}\vec{n}) = BS \cos 0^\circ = Ba^2; \quad \vec{B} \uparrow \vec{n},$$

При повороте рамки $\Phi_2 = BS \cos(\vec{B}\vec{N}) = BS \cos 90^\circ = 0$

Работа внешних сил

$$A' = -A = -I(\Phi_2 - \Phi_1) = I Ba^2.$$

Данное выражение совпадает с полученным первым способом выражением для искомой работы.

Таблица вариантов.

№ варианта	Номер задач				№ варианта	Номер задач			
	1	2	3	4		1	2	3	4
1	1	51	101	151	26	26	76	126	176
2	2	52	102	152	27	27	77	127	177
3	3	53	103	153	28	28	78	128	178
4	4	54	104	154	29	29	79	129	179
5	5	55	105	155	30	30	80	130	180
6	6	56	106	156	31	31	81	131	181
7	7	57	107	157	32	32	82	132	182
8	8	58	108	158	33	33	83	133	183
9	9	59	109	159	34	34	84	134	184
10	10	60	110	160	35	35	85	135	185
11	11	61	111	161	36	36	86	136	186
12	12	62	112	162	37	37	87	137	187
13	13	63	113	163	38	38	88	138	188
14	14	64	114	164	39	39	89	139	189
15	15	65	115	165	40	40	90	140	190
16	16	66	116	166	41	41	91	141	191
17	17	67	117	167	42	42	92	142	192
18	18	68	118	168	43	43	93	143	194
19	19	69	119	169	44	44	94	144	193
20	20	70	120	170	45	45	95	145	195
21	21	71	121	171	46	46	96	146	175
22	22	72	122	172	47	47	97	147	185
23	23	73	123	173	48	48	98	148	181
24	24	74	124	174	49	49	99	149	189
25	25	75	125	175	50	50	100	150	160

Задачи для самостоятельного решения.

1. По двум параллельным бесконечно $d=0,1$ м друг от друга, текут токи противоположного направления силой $I=30$ А. Найти напряженность магнитного поля в точке, расположенной посередине между проводниками.

2. По двум бесконечно длинным параллельным проводникам текут токи одного направления величиной $I_1=I_2=15$ А. Найти напряженность поля в точке, расположенной на расстоянии $r_1=0,4$ м от одного проводника и на $r_2=0,3$ м от другого, если расстояние между ними $d=0,5$ м. найти также индукцию B поля в этой точке.

3. Чему равна напряженность и индукция магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1=0,15$ м от одного и $r_2=0,05$ м от другого проводника бесконечной длины, находящейся на расстоянии $d=0,01$ м друг от друга, если по проводам текут токи противоположного направления $I=30$ А?

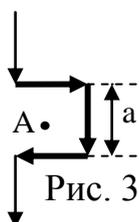
4. По длинному тонкому проводу течет ток силой $I=20$ А. Определить магнитную индукцию \vec{B} поля, создаваемого проводником в точке, удаленной от него на расстоянии $r=4$ см.

5. Бесконечно длинный прямой проводник согнут под прямым углом. По проводнику течет ток $I=5$ А. Найти индукцию магнитного поля на биссектрисе угла, если расстояние от вершины угла до исследуемой точки $r=10$ см.

6. По двум длинным параллельным проводам текут в одинаковом направлении тока силой $I_1=10$ А и $I_2=15$ А. Расстояние между проводами $d=0,1$ м. Определить напряженность \vec{H} магнитного поля в точке, удаленной от первого провода на $r_1=0,08$ м и от второго на $r_2=0,06$ м.

7. Найти индукцию магнитного поля в точке, лежащей на прямой, соединяющей центры двух параллельных витков радиусом $r_0=0,1$ м каждый, расположенных на расстоянии $a=0,2$ м друг от друга, а также в центре каждого витка. Если по виткам текут токи $I_1=I_2=3$ А в противоположных направлениях.

8. Найти величину тока I в бесконечно длинном проводнике, который имеет квадратный изгиб со стороной квадрата $a=0,4$ м, если напряженность



магнитного поля в т.А (рис 3), расположенной в центре квадрата, равна $H = 50 \text{ А / м}$.

9. По проводу, согнутому в виде квадрата со стороной $a=0,1$ м, течет ток силой $I=100$ А. Найти магнитную индукцию \vec{B} в точке пересечения диагоналей квадрата.

10. По тонкому кольцу из проволоки течет ток. Не изменяя силы тока, ему придали форму квадрата. Во сколько раз изменилась индукция в центре контура?

11. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток $I_1=3,14$ А. круговой виток расположен так, что плоскость витка параллельна прямому проводнику, а перпендикуляр, опущенный на него из центра витка, является нормально к току. По витку течет ток $I_2=3$ А, радиус витка $r=0,3$ м, расстояние до проводника от $r=0,2$ м. найти индукцию B магнитного поля в центре витка.

12. По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника со сторонами $a=30$ см и $b=40$ см течет ток силой $I=6$ А. Найти магнитную индукцию в центре прямоугольника.

13. По обмотке очень тонкой катушки радиусом $r=0,16$ м течет ток силой $I=5$ А. Сколько витков N проволоки намотано на катушку, если напряженность магнитного поля в ее центре $H=800$ А/М?

14. Бесконечно длинный проводник согнут под прямым углом. По проводнику течет ток $I=20$ А. Какова магнитная индукция в т.А (рис 4), если $r=0,05$ м.



Рис. 4

15. По длинному вертикальному проводу сверху вниз течет ток силой $I=4$ А. Найти точку вблизи середину провода, в которой поле, получающееся от сложения земного поля и поля тока, имеет вертикальное направление. Горизонтальная составляющая земного магнитного поля $H_0 = 20 \frac{\text{А}}{\text{М}}$.

16. Бесконечно длинный провод образует круговую петлю радиусом $R=0,08$ м, касательную к проводу (рис 5).



Рис. 5

Ток в проводе $I=5$ А. Определить индукцию магнитного поля в центре петли, если плоскость петли перпендикулярна проводу.

17. Из куска изолированной проволоки сделан круглый виток радиуса R и подключен к источнику тока с постоянной ЭДС. Как изменится напряженность поля в центре круга, если из того же куска проволоки сделать два прилегающих друг к другу витка радиуса $R/2$?

18. Центр кругового витка расположенного на расстоянии $r=20$ см от прямого бесконечного провода, по которому течет ток $I_1=6$ А. Нормаль плоскости витка лежит в плоскости, проходящей через бесконечный провод, и перпендикулярна ему. Ток в витке равен $I_2=3$ А, радиус витка $R=10$ см. Определить индукцию магнитного поля в центре витка.

19. Два витка радиусом $R=4$ см каждый расположены в параллельных плоскостях на расстоянии $r = 5$ см друг от друга. Токи в витках одинаковы и равны $I_1=I_2=1$ А. Определить индукцию магнитного поля в центре одного из витков в случаях:

а) токи в витках текут в одном направлении,

б) токи в витках – противоположны.

20. Сила тока, текущего по проводнику, $I=30$ А, длина отрезка проводника $l=60$ см. определить индукцию магнитного поля, создаваемого отрезком бесконечно длинного проводника в точке, равноудаленной от концов отрезка и находящейся на расстоянии $d=20$ см от его середины.

21. Ток силой $I=20$ А идет по проводнику, согнутому под углом $\varphi = 90^\circ$. Найти индукцию магнитного поля в точке, лежащей на биссектрисе этого угла, и отстоящей от вершины угла на расстоянии $r=0,1$ м. Считать, что оба конца проводника находятся далеко от вершины.

22. Два круговых проводника одинакового радиуса с общим центром расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях. Магнитная индукция результирующего поля $B=2 \cdot 10^{-4}$ Тл. Магнитная индукция первого проводника с током в этой же точке $B_1=1,6 \cdot 10^{-4}$ Тл. Определить магнитную индукцию B_2 поля второго проводника в этой точке и силу тока I_2 в нем, если $I_1=8$ А.

23. Круговой проводник радиусом $R=0,052$ м и с током $I_1=13,4$ А находится в одной плоскости с прямолинейным проводником с $I_2=22$ А на

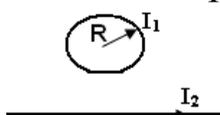


Рис. 6

расстоянии от прямолинейного проводника до центра кругового тока $d=9,3$ см. Найти индукцию магнитного поля в центре кругового тока (рис 6).

24. Два параллельных бесконечно длинных провода, по которым текут в одном направлении токи с силой по $I_1=I_2=60$ А, расположены на расстоянии $r=10$ см друг от друга. Определить индукцию магнитного поля в точке, отстоящей от одного проводника на расстоянии $r_1=6$ см и от другого – на расстоянии $r_2=12$ см.

25. По тонкому проводнику, изогнутому в форме шестиугольника, со стороной $a=10$ см идет ток $I=20$ А. найти магнитную индукцию поля в центре шестиугольника.

26. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника расположены перпендикулярно друг другу и находятся в одной плоскости (рис 7). Найти напряженность магнитного поля в точках M_1 и M_2 , если $I_1=2$ А, $I_2=3$ А, $M_1A=M_2A=1$ см, $BM_1=CM_2=2$ см.

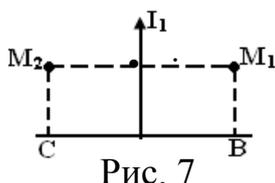


Рис. 7

27. Индукция магнитного поля в центре кругового тока радиусом $r=8$ см равна $\vec{B} = 12 \pi \cdot 10^{-6} Tl$. найти индукцию на оси витка в точке, отстоящей на расстоянии $d=0,06$ м и от центра витка.

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

29. Прямой бесконечно длинный проводник имеет круговую петлю радиусом $R=8$ см. (рис 8). Определить величину тока в проводнике, если известно, что индукция магнитного поля в точке A равна $B=40 \cdot 10^{-7}$ Тл.

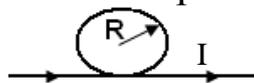


Рис. 8

30. Провод и петля лежат в одной плоскости. Найти индукцию магнитного поля в центре петли радиусом $R=6$ см, образованной длинным проводником с током $I=12$ А.

31. Два прямолинейных провода расположены параллельно друг другу на расстоянии $d=0,1$ м. По проводам текут токи $I_1=I_2=5$ А в противоположных направлениях. Найти величину и

направление индукции магнитного поля в точке, находящейся на расстоянии $r_1=r_2=0,1$ м от каждого провода.

32. Напряженность магнитного поля в центре кругового тока силой $I=11$ А оказалась $H=120$ А/М. Определить диаметр окружности, по которой течет ток, и индукцию магнитного поля в центре этого тока.

33. Найти напряженность магнитного поля, создаваемого отрезком AB , если ток в проводнике $I=30$ А, а отрезок проводника виден на точке C под углом $\alpha=90^\circ$. Точка C расположена на расстоянии от проводника с током на перпендикуляре, опущенном в его середину.

34. Два круговых витка радиусом $r=0,04$ м каждый расположен в параллельных плоскостях на расстоянии $d=0,05$ м друг от друга. По виткам текут токи $I_1=I_2=4$ А. Найти напряженность магнитного поля в центре одного из витков в двух случаях: а) токи текут в одном направлении; б) токи текут в противоположных направлениях.

35. Два круговых витка радиусом $r=0,04$ м каждый, расположены в параллельных плоскостях на расстоянии $d=0,1$ м друг от друга. По виткам текут токи $I_1=I_2=2$ А. Найти индукцию магнитного поля на оси витков в точке, находящейся на равном расстоянии от них в двух случаях: а) токи текут в одном направлении; б) токи текут в противоположных направлениях.

36. По тонкому проводнику, изогнутому в виде правильного шестиугольника со стороной $d=0,1$ м, идет ток с силой $I=20$ А. Определить магнитную индукцию в центре шестиугольника.

37. Два прямолинейных бесконечно длинных проводника

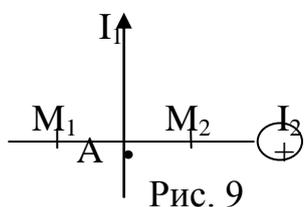


Рис. 9

расположенных перпендикулярно друг другу и находятся во взаимно перпендикулярных плоскостях (рис 9).

Найти индукцию магнитного поля в точках M_1 и M_2 , если $M_1A=M_2A=0,01$ м, $AB=0,02$ м. Токи $I_1=2$ А, $I_2=3$ А.

38. По тонкому проволочному кольцу течет ток. Не изменяя силы тока, проводнику придали форму шестиугольника. Как изменилась индукция магнитного поля в центре контура?

39. Ток силой $I=50$ А течет по проводнику, согнутому под прямым углом. Найти индукцию магнитного поля в точке,

лежащей на биссектрисе этого угла и отстоящей от вершины угла на расстоянии $b=0,2\text{ м}$. Считать оба конца проводника находящимися очень далеко от вершины угла.

40. По проводнику, изогнутому в виде окружности, течет ток. Напряженность магнитного поля в центре окружности $H_1=50\text{ А/М}$. Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Определить напряженность H_2 магнитного поля в точке пересечения диагоналей этого квадрата.

41. Определить ток в тангенс – гальванометре, содержащем $n=8$ витков проволоки радиусом $R=0,2\text{ м}$, если помещенная в центре магнитная стрелка отклонилась на угол $\alpha = 45^\circ$. Плоскость витков тангенс – гальванометра совпадает с плоскостью магнитного меридиана. Горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля Земли $H_0=16\text{ А/М}$.

42. Найти индукцию магнитного поля в центре двух концентрических круговых токов силой I радиусами R и $2R$. Рассмотреть случаи: а) токи расположены в одной плоскости и текут в одном направлении; б) токи лежат в одной плоскости, но текут в противоположных направлениях; в) токи расположены во взаимно перпендикулярных плоскостях.

43. По проводнику, согнутому в виде квадратной рамки со стороной $a=0,1\text{ м}$, течет ток силой $I=5\text{ А}$. Найти напряженность H магнитного поля в точке, равноудаленной от вершин квадрата на расстояние, равное его стороне.

44. По трем сторонам квадрата длиной $a=0,1\text{ м}$ каждая, течет ток $I=5\text{ А}$. Каковы напряженность и индукция магнитного поля в точке, расположенной на середине четвертой стороны квадрата?

45. Определить индукцию магнитного поля в центре проволочной квадратной рамки со стороной $a=0,1\text{ м}$, если по ней проходит ток $I=2\text{ А}$.

46. Два круговых витка, первый – радиусом $R_1=2\text{ м}$, а второй $R_2=3\text{ м}$, расположены в параллельных плоскостях так, что прямая соединяющая их центры, перпендикулярна этим плоскостям. Расстояние между их центрами $d=0,08\text{ м}$. По второму витку течет ток $I_2=1\text{ А}$. Какой ток должен течь на оси витков на равном расстоянии от их центров, было равно нулю?

47. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток $I=3,14\text{ А}$. Круговой ток расположен так, что плоскость витков

параллельна прямому проводнику, а перпендикуляр, опущенный на него из центра витка, является нормалью и к плоскости витка. По витку проходит ток $I=3$ А. Расстояние от центра витка до прямого проводника $d=0,2$ м, радиус витка $r=0,3$ м. Найти магнитную индукцию в центре витка.

48. По прямому бесконечно длинному проводу, согнутому под углом $\alpha=120^\circ$, течет ток силой $I=50$ А. Найти магнитную индукцию в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от вершины на расстоянии $d=0,05$ м.

49. По проводнику в виде тонкого кольца радиусом $R=0,1$ м, течет ток. Чему равна сила этого тока, если магнитная индукция поля в точке A (рис 10) $B=1$ мкТл? Угол $\beta = 10^\circ$.

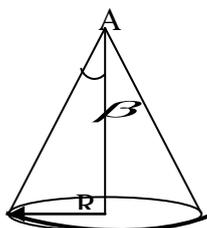


Рис 10

50. Два бесконечно длинных прямых провода скрещены под прямым углом. (рис 11). По проводам текут токи $I_1=80$ А и $I_2=60$ А. Расстояние между проводами $r=0,1$ м. Определить магнитную индукцию в т. A , одинаково удаленной от обоих проводников.

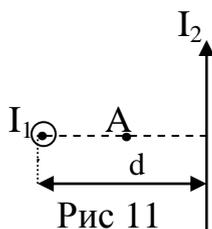


Рис 11

51. Напряженность магнитного поля в центре кругового витка $H=500$ А/м. Магнитный момент витка $P_m=6$ А·м². Найти силу тока в витке и радиус витка?

52. Проволочный виток с радиусом $R=0,05$ м находится в однородном магнитном поле напряженностью $H=2$ кА/м. Плоскость витка образует угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением поля. По витку течет ток силой $I=4$ А. Найти вращающий момент соленоида, если его витки плотно прилегают друг к другу.

53. Магнитный поток через сечение соленоида $\Phi=50$ мкВб. Длина соленоида $l=0,5$ м. найти магнитный момент соленоида, если его витки плотно прилегают друг к другу.

54. Какой вращающий момент испытывает рамка с током $I=10$ А при помещении ее в однородное магнитное поле с индукцией $B=0,5$ Тл, если рамка содержит $N=50$ витков с

площадью $S=20 \text{ см}^2$, а ее нормаль образует угол $\alpha=30^\circ$ с направлением поля?

55. Ось катушки имеющей $N=10^3$ витков диаметром $d=0,04$ м, расположена горизонтально в плоскости магнитного меридиана. Ток в катушке $I=8$ А. Определить магнитный момент катушки и действующей на нее вращающий момент, если вертикальная составляющая напряженности магнитного поля Земли равна $H_0=40$ А/м.

56. Между полюсами электромагнита создается однородное магнитное поле, индукция которого $B=0,5$ Тл. По проводу длиной $l=0,7$ м, помещенному перпендикулярно линиям магнитной индукции, течет ток $I=70$ А. Найти силу, действующую на провод.

57. На расстоянии $r=0,2$ м от длинного прямолинейного вертикального провода на тонкой нити длиной $l=0,01$ м и диаметром $d=10^{-4}$ м висит магнитная стрелка, магнитный момент которой равен $P_m=0,01 \text{ А} \cdot \text{м}^2$. Стрелка находится в плоскости, проходящей через провод и нить. На какой угол повернется стрелка, если по проводу пустить ток силой $I=30$ А? Модуль сдвига материала нити $G=6 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$. От магнитного поля Земли система экранирована.

58. Диаметр витков соленоида в $n=4$ раза больше длины его оси. Густота витков $n=2 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$. По виткам идет ток $I=0,1$ А. Найти напряженность магнитного поля: а) в середине оси соленоида б) в центре одного из его оснований.

59. Кольцо радиусом $R=10$ см находится в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,318$ Тл. Плоскость кольца составляет угол $\alpha=30^\circ$ с линиями индукции. Вычислить магнитный поток, пронизывающий кольцо.

60. Рамка гальванометра, содержащая $N=200$ витков тонкого провода, подвешена на упругой нити. Площадь рамки $S=1 \text{ см}^2$, она расположена вдоль силовых линий магнитного поля с индукцией $B=15$ мТл. Когда через рамку пропустили ток $I=6$ мкА, рамка повернулась на $\alpha=15^\circ$. На какой угол повернется рамка при токе $I_1=7,5$ мкА? Каков модуль кручения нити?

61. Плоская прямоугольная рамка из $N=200$ витков со сторонами $a=10$ см и $b=5$ см находится целиком в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,05$ Тл. Какой максимальный

вращающий момент может подействовать на катушку в этом поле, если по проводам катушки проходит ток $I=2$ А?

62. Квадратная проволочная рамка расположена в одной плоскости с длинным прямым проводом так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и по проводу текут одинаковые токи $I_1=I_2=1$ кА. Определить силу, действующую на рамку, если ближайшая к проводу сторона рамки находится на расстоянии, равном ее длине.

63. В одной плоскости с длинным прямым проводом, по которому течет ток $I=50$ А, расположена прямоугольная рамка так, что две большие стороны ее длиной $l=0,65$ м параллельны проводу, а расстояние от провода до ближайшей из этих сторон равно ее ширине. Каков магнитный поток, пронизывающий рамку?

64. В средней части соленоида, содержащего $n=80$ витков/см, помещен круговой виток диаметром $d=4$ см. Плоскость витка расположена под углом $\alpha=60^\circ$ к оси соленоида. Найти магнитный поток, пронизывающий виток, если по обмотке соленоида течет ток $I=1$ А.

65. Короткая катушка площадью поперечного сечения $S=1,5 \cdot 10^{-2}$ м², содержащая $N=200$ витков провода, по которому течет ток $I=4$ А, помещена в однородное магнитное поле напряженностью $H=8$ кА/м. Найти магнитный момент катушки, а также вращающий момент, действующий на нее со стороны поля, если ось катушки составляет угол $\alpha=60^\circ$ с линиями поля.

66. Проволочный виток радиусом $R=0,2$ м расположен в плоскости магнитного поля Земли $B_a=20$ мкТл. В центре витка установится компас. Каков магнитный момент витка, если магнитная стрелка отклонилась на $\alpha=9^\circ$ от нормального положения при пропускании тока?

67. Короткий прямой магнит расположен перпендикулярно плоскости магнитного меридиана. На оси магнита на расстоянии $d=0,5$ см от его середины (которое много больше длины магнита), находится магнитная стрелка. Найти магнитный момент магнита, если стрелка отклонена на $\alpha=3^\circ$ от плоскости магнитного меридиана. Горизонтальная составляющая магнитной индукции поля Земли $B_a=20$ мкТл.

68. По кольцу, масса которого $m=10$ г и радиус $R=5$ см, расположенному горизонтально, течет ток $I=5$ А. Кольцо свободно висит в магнитном поле. Определить градиент магнитного поля в месте расположения кольца.

69. На каркас длиной $l=10$ см и диаметром $d=5$ см намотано $N = 150$ витков проволоки. Через середину каркаса в направлении одного из диаметров проходит медный проводник с током $I=5$ А. Считая магнитное поле внутри средней части соленоида однородным. Определить силу, с которой оно действует на участок проводника внутри каркаса, если ток в соленоиде $I_1=1$ А.

70. В соленоиде длиной $l=1$ м и диаметром $d=0,05$ м требуется получить магнитное поле, напряженность которого $H=10^3$ А/М. Определить число ампер –витков, необходимых для этого. Какую разность потенциалов надо приложить к концам обмотки, если она сделана из медной проволоки диаметром $d_1=0,5$ мм?

71. По трем параллельным проводникам текут токи I_1, I_2, I_3 . В проводах направления токов I_1 и I_2 совпадают. Расстояния между токами одинаковы и равны a . Найти силу, действующую на единицу длины каждого проводника, если $I_1=I_2=I_3=I$.

72. По трем параллельным прямым проводам, находящимися на расстоянии $a=16$ см друг от друга, текут токи одинаковой силы $I=64$ А. Определить силу F , действующую на единицу длины каждого провода, если в двух проводах направления токов совпадают.

73. Рамка гальванометра со сторонами $a=4$ см и $b=1,5$ см, содержащая $N=200$ витков тонкой проволоки, находится в магнитном поле с индукцией $B=0,1$ Тл. Плоскость рамки параллельна линиям индукции. Какой вращающий момент действует на рамку при токе $I=1$ мА? Каков магнитный момент рамки при этом токе?

74. На двух параллельных шинах, расположенных на расстоянии $d=10$ см, лежит толстый проводник массой $m=100$ г. Шины подключены к источнику напряжения и по проводнику идет ток $I=10$ А. Когда перпендикулярно плоскости шин начинает действовать магнитное поле, то проводник приходит в равномерное движение. Найти напряженность магнитного поля, если коэффициент трения проводника о шины $\mu 0,2$.

75. Конденсатор емкостью $C = 50$ мкФ заряжается от батареи до напряжения $U = 80$ В и при помощи особого переключателя полностью разряжается с частотой $\nu = 100$ раз в секунду через обмотку тангенс – буссоли, расположенной в плоскости магнитного меридиана. На какой угол α отклонится стрелка, находящаяся в центре тангенс – буссоли, если обмотка имеет $N = 10$ витков радиусом $R = 25$ см? Считать горизонтальную составляющую магнитной индукции Земли $B_0 = 20$ мкТл.

76. Рамка радиусом $R = 3$ см, по которой течет ток, создает магнитное поле напряженностью $H = 100$ А/м в точке, расположенной на оси рамки на расстоянии $d = 4$ см. Найти магнитный момент рамки.

77. Конденсатор емкостью $C = 8$ мкФ с помощью специального переключателя периодически заряжается от батареи, ЭДС которой $E = 100$ В, и разряжается через тангенс – гальванометр. Сколько раз за $t = 1$ с переключается конденсатор, если магнитная стрелка, помещенная в центре тангенс – гальванометра, отклонилась на угол $\alpha = 45^\circ$. Обмотка тангенс – гальванометра имеет $N = 50$ витков радиусом $R = 12,5$ см и расположена в плоскости магнитного меридиана. Горизонтальная составляющая напряженности магнитного поля Земли $H_0 = 16$ А/м.

78. Определить степень неоднородности магнитного поля (dB/dx), если максимальная сила, действующая на виток с током в этом магнитном поле, равна $F_m = 1$ мН, а его магнитный момент $P_m = 2$ мА·м².

79. Магнитное поле создано бесконечно длинным проводником с током силой $I = 100$ А. На расстоянии $l = 10$ см от проводника находится точечный виток с током, вектор магнитного момента которого равен $P_m = 1$ мА·м² и лежит в одной плоскости с проводником и перпендикулярен ему. Определить силу F , действующую на виток.

80. По витку радиусом $R = 10$ см течет ток $I = 50$ А. Виток помещен в однородное магнитное поле напряженностью $H = 100$ А/м. Определить вращающий механический момент, действующий на виток, если плоскость витка составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с линиями напряженности.

81. Медный провод сечением S , согнутый в виде трех сторон квадрата, прикреплен своими концами к горизонтальной оси,

вокруг которой он может вращаться без трения. По проводу проходит ток силой I . При наложении магнитного поля, направленного вверх, плоскость рамки отклонилась на угол α . Чему равна индукция магнитного поля B ?

82. Рамка, площадь которой равна $S=16 \text{ см}^2$, вращается в однородном магнитном поле, делая $\nu=2$ об/с. Ось вращения находится в плоскости рамки и перпендикулярна линиям магнитной индукции. Напряженность магнитного поля равна $H=7,96 \cdot 10^4 \text{ А/м}$. Найти: а) зависимость магнитного потока, пронизывающего рамку, от времени; б) наибольшее значение магнитного потока.

83. Рядом с длинным прямым проводом, по которому течет ток $I=30 \text{ А}$, расположена рамка с током $I_1=2 \text{ А}$. Рамка и провод лежат в одной плоскости. Проходящая через середины противоположных сторон ось рамки параллельна проводу и отстоит от него на $b=30 \text{ мм}$. Сторона рамки $a=20 \text{ мм}$. Найти силу, действующую на рамку, работу, которую нужно совершить для поворота рамки на угол $\alpha=180^\circ$.

84. Из проволоки длиной l сделаны три контура: квадратный, круговой и в виде треугольника. Найти вращающие моменты, действующие на каждый контур, помещенный в однородное магнитное поле с индукцией B , если по проводу течет ток I . Плоскость каждого контура составляет угол α с направлением магнитного поля.

85. Магнитный момент P_m тонкого проводящего кольца $P_m=5 \text{ А} \cdot \text{м}^2$. Определить магнитную индукцию в точке, находящейся на оси кольца и удаленной от точек кольца на расстояние $r=20 \text{ см}$.

86. Магнитная стрелка, помещенная в центре кругового тока радиусом $R=10 \text{ см}$, образует угол $\alpha=20^\circ$ с вертикальной плоскостью, в которой находится провод. Когда по проводу пустили ток силой $I=3 \text{ А}$, то стрелка повернулась в таком направлении, что угол α увеличился. Определить угол поворота стрелки.

87. Прямоугольная рамка из провода имеет длину $a=0,25 \text{ м}$ и ширину $b=0,12 \text{ м}$. Определить силу тока в рамке, если ее магнитный момент равен $P_m=0,45 \text{ А} \cdot \text{м}^2$. Какая максимальная пара

сил действует на рамку в магнитном поле с индукцией $B=0,2$ Тл? Каков при этом угол между векторами \vec{P}_m и \vec{B} ?

88. Маленький шарик зарядом q , подвешенный на нити длиной l , движется равномерно по окружности так, что нить описывает коническую поверхность, образуя угол α с вертикалью. Определить магнитную индукцию B в центре окружности, обусловленную движением шарика, и его магнитный момент.

89. Максимальный вращающий момент, действующий на соленоид, имеющий $N=800$ витков по $d=2$ см диаметром, при токе $I=2$ А равен $M=0,6$ Нм. Определить магнитный момент соленоида и индукцию магнитного поля B .

90. На проволочный виток с током радиусом $R=0,1$ м, помещенный между полюсами магнита, действует максимальный момент $M=65 \cdot 10^{-7}$ Н·м. Виток закрепил неподвижно в таком положении, что плоскость витка параллельна линиям магнитной индукции. Помещенная в центр витка магнитная стрелка установилась под углом $\alpha=5^\circ$ к плоскости витка. Определить напряженность поля между магнитами. Действием магнитного поля Земли пренебречь.

91. По витку радиусом $R=10$ см течет ток силой $I=50$ А. Виток помещен в однородное магнитное поле индукцией $B=0,2$ Тл. Определить момент силы $\alpha=60^\circ$, действующей на виток, если плоскость витка составляет угол с линиями индукции.

92. Рамка гальванометра, содержащая $N=200$ витков тонкого провода, повернулась на угол $\alpha=30^\circ$ при пропускании по ней тока $I=2$ мкА. Первоначально рамка располагалась так, что нормаль к плоскости рамки была перпендикулярна линиям магнитной индукции поля $B=5$ мТл. Найти постоянную кручения упругой нити, если площадь рамки $S=10^{-4}$ м².

93. На оси контура с током, магнитный момент которого $P_m=10$ мА·м² находится другой такой же контур. Вектор магнитного момента второго контура перпендикулярен оси. Вычислить механический момент, действующий на второй контур, если размеры контуров малы по сравнению с расстоянием между ними, равны $d=0,5$ м.

94. По проволочному кольцу радиуса $R=5$ см, подвешенному на двух гибких проводниках, течет ток $I=1$ А. Кольцо находится в

однородном магнитном поле с индукцией $B=20$ мкТл. Линии магнитной индукции горизонтальны. С какой силой будет растянуто кольцо?

95. Определить циркуляцию вектора магнитной индукции по окружности при условии, что через центр окружности проходит перпендикулярно ее плоскости бесконечно длинный прямой провод, по которому течет ток $I=2$ А.

96. Определить циркуляцию магнитной индукции по контуру квадрата, расположенного в вакууме, если через его центр перпендикулярно плоскости, в которой он лежит, проходит бесконечно длинный прямой провод, по которому течет ток $I=1$ А.

97. Пользуясь теоремой о циркуляции вектора магнитной индукции, найти магнитную индукцию B : 1) в произвольной точке цилиндра; 2) в точке, находящейся на расстоянии $r=0,1$ м вне его.

98. Определить напряженность поля, создаваемого в воздухе соленоидом с магнитным моментом $P_m=10$ мА·м² на расстоянии $d=0,5$ м, которое значительно больше размеров соленоида.

99. Найти силу взаимодействия между двумя рамками с током, расстояние между центрами которых много больше линейных размеров рамок. (рис.12).

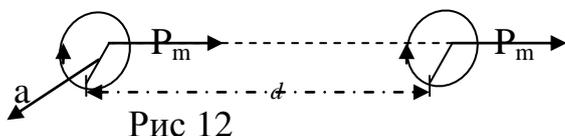


Рис 12

100. Две небольшие одинаковые катушки с током имеют следующими параметрами: радиус витка $R=20$ мм, число витков $N=10^3$, сила тока $I=0,5$ А. Расстояние между катушками $d=300$ мм. С какой силой взаимодействуют катушки?

101. Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией $B=0,2$ Тл под углом $\alpha=30^\circ$ к направлению линий индукции. Определить силу Лоренца F , если скорость частицы $V=10^5$ м/с.

102. Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле напряженностью $H=25000$ А/м. Определить период обращения электрона.

103. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $\Delta\varphi=300$ В, движется параллельно прямолинейному проводнику на

расстоянии $d=4$ мм от него. Какая будет сила действовать на электрон, если по проводнику пустить ток $I=5$ А?

104. Электрон, обладавший кинетической энергией W_0 , влетел в однородное магнитное поле с индукцией B . Скорость электрона направлена перпендикулярно полю. Найти силу, действующую на частицу, и радиус кривизны траектории.

105. Протон влетает в однородное магнитное поле под углом $\alpha=30^\circ$ к направлению поля и движется по спирали диаметром $d=3$ см. Индукция магнитного поля $B=0,1$ Тл. Найти кинетическую энергию протона.

106. Электрон движется вокруг ядра в атоме водорода по орбите радиусом $R=53$ пм. Вычислить магнитный момент эквивалентного кругового тока и механический момент, действующий на круговой ток, если атом помещен в магнитное поле с индукцией $B=0,1$ Тл, направленной параллельно плоскости орбиты электрона.

107. Определить наименьшее значение радиуса дуантов циклотрона, предназначенного для ускорения протонов с энергией $W=0,8$ пДж, если индукция магнитного поля $B=0,5$ Тл (зависимость m от V не учитывать).

108. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B=10$ мТл по винтовой линии, радиус которой $R=1,5$ мм и шаг $h=10$ см. Найти период и скорость обращения электрона.

109. Найти магнитную индукцию и шаг спирали, по которой в магнитном поле движется электрон, влетающий в магнитное поле под углом $\alpha=60^\circ$, к линиям магнитной индукции, если радиус ее $R=5$ см и период обращения $T=6 \cdot 10^{-5}$ с.

110. Определить частоту вращения электрона по круговой орбите в магнитном поле, индукция которого $B=0,2$ Тл.

111. Протон движется по окружности в однородном магнитном поле напряженностью $H=10$ кА/м. Найти период обращения протона T .

112. Два иона, имеющие одинаковый заряд, но разные массы, влетели в однородное магнитное поле. Первый ион начал двигаться по окружности радиусом $R_1=0,05$ м, а второй по окружности $R_2=0,025$ м. Найти отношение масс ионов, если они прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов.

113. Два однозарядных иона, пройдя одинаковую разность потенциалов, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Один ион, масса которого $m_1=7,2 \cdot 10^{-27}$ кг, описал дугу окружности радиусом $R_1=0,05$ м. Определить массу m_2 другого иона, если он описал дугу окружности $R_2=0,06$ м.

114. α - частица, момент импульса которой $L=1,33 \cdot 10^{-22}$ кг·м²/с, влетает в однородное магнитное поле, перпендикулярное скорости движения. Индукция магнитного поля $B=2,5 \cdot 10^{-2}$ Тл. Найти кинетическую энергию α -частицы.

115. Электрон в магнитном поле движется по винтовой линии радиусом $R=5$ см и шагом $h=20$ см. Определить скорость электрона, если магнитная индукция $B=0,1$ Тл.

116. Заряженная частица с кинетической энергией $W=2$ кэВ движется в однородном магнитном поле по окружности радиуса $R=4$ мм. Определить силу Лоренца, действующую на частицу со стороны поля.

117. Ион, несущий один элементарный заряд, движется в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,015$ Тл по окружности $R=0,1$ м. Определить импульс иона.

118. α - частица, кинетическая энергия которой $W_k=500$ эВ, влетает в однородное магнитное поле, перпендикулярное скорости ее движения. Индукция магнитного поля $B=0,1$ Тл. Найти силу, действующую на частицу, период ее обращения и радиус окружности, по которой она движется.

119. Протон влетает в однородное магнитное поле под углом $\alpha = 30^\circ$ к направлению линий магнитной индукции и движется по спирали, радиус которой $r=1,5$ см. Напряженность магнитного поля $H=8 \cdot 10^4$ А/м. Найти кинетическую энергию протона.

120. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $\Delta \varphi=3$ кВ, влетает в однородное магнитное поле соленоида под углом $\alpha = 30^\circ$ к его оси. Число ампер-витков соленоида $I \cdot N=5000$ А, длина $l=0,25$ м. Найти шаг винтовой линии электрона в магнитном поле соленоида.

121. Через сечение $S=ab$ алюминиевой пластинки пропускается ток $I=5$ А. Пластинка помещена в однородное магнитное поле, перпендикулярное ребру b и направлению тока. Определить возникшую при этом поперечную разность

потенциалов, если индукция магнитного поля $B=0,5$ Тл и толщина пластинки $a=0,1$ мм. Концентрацию электронов проводимости считать равной концентрации атомов.

122. Через сечение $S=ab$ медной пластинки толщиной $a=0,5$ мм и высотой $b=1$ мм идет ток $I=20$ А. При помещении пластинки в магнитное поле, перпендикулярное ребру b и направлению тока, возникает поперечная разность потенциалов $\Delta\varphi=3\cdot 10^{-4}$ В. Индукция магнитного поля $B=1$ Тл. Определить концентрацию электронов меди и их среднюю скорость при этих условиях.

123. Однозарядные ионы изотопов калия с относительными атомными массами $m_1=39$ и $m_2=41$ ускоряются разностью потенциалов $\Delta\varphi=300$ В, затем они попадают в однородное магнитное поле, перпендикулярное направлению их движения. Индукция магнитного поля $B=0,08$ Тл. Найти радиусы кривизны траектории этих ионов.

124. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью $v=10^4$ М/с. Индукция магнитного поля $B=0,3$ Тл, радиус окружности $R=4$ см. Найти заряд частицы, если она обладает энергией $W=12$ кэВ.

125. Протон и α – частица влетают в однородное магнитное поле. Скорость частиц направлена перпендикулярно линиям магнитной индукции. Во сколько раз отличаются периоды обращения обеих частиц в магнитном поле?

126. Найти отношение Q/m для заряженной частицы, если она, влетая со скоростью $v=10^6$ м/с в однородное магнитное поле с индукцией $B=2\cdot 10^{-5}$ Тл, движется по дуге окружности радиусом $R=8,3$ см. Направление скорости движения частицы перпендикулярно направлению магнитного поля.

127. Магнитное поле напряженностью $H=8\cdot 10^3$ А/м и электрическое поле напряженностью $E=1000$ В/м направлены одинаково. Электрон влетает в такое поле со скоростью $v_0=10^4$ м/с. Найти нормальное a_n , тангенциальное a_r и полное a ускорение электрона, если скорость электрона направлена: 1) параллельно силовым линиям, 2) перпендикулярно силовым линиям.

128. Электрон разгоняется в вакууме из состояния покоя под действием электрического поля и влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно к линиям магнитной индукции.

Определить ускоряющую разность потенциалов и индукцию магнитного поля, если электрон описывает окружность радиусом $R=7,58$ мм за время $T=5,96 \cdot 10^{-10}$ с.

129. Однородное магнитное поле напряженностью $E=10^5$ В/м перпендикулярно к однородному магнитному полю с индукцией $B=0,02$ Тл. Электрон влетает в эти поля перпендикулярно векторам B и E . При такой скорости v электрон будет двигаться прямолинейно? При какой скорости прямолинейно будут двигаться протоны?

130. Электрон движется в вакууме в однородном магнитном поле с напряженностью $H=75$ А/м так, что вектор его скорости составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с направлением поля. Определить радиус R витков траектории электрона и расстояние, пройденное им вдоль линий магнитной индукции за $N=3$ витка, если скорость электрона $v=2,2$ мм/с?

131. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,8$ Тл помещена тонкая медная пластинка с током $I=5$ А. Магнитное поле перпендикулярно к плоскости пластинки. Толщина пластинки $d=10^{-5}$ м. Найти концентрацию свободных электронов в меди, если вдоль ширины пластинки возникает разность потенциалов $\Delta \varphi=2$ мкВ.

132. Тонкая медная лента толщиной $d=10^{-4}$ м помещена в однородное магнитное поле с индукцией $B=0,3$ Тл так, что плоскость ленты перпендикулярна к линиям индукции поля. По ленте течет ток $I=10$ А. Определить разность потенциалов, возникающую вдоль ширины ленты, считая, что в меди имеется по одному свободному электрону на каждый атом.

133. Электрон влетает в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции поля. Скорость электрона $v=4 \cdot 10^7$ м/с. Индукция магнитного $B=10^{-4}$ Тл. Чему равны тангенциальное a_t и нормальное a_n ускорения электрона в магнитном поле?

134. Однозарядные ионы аргона разгоняются из состояния покоя в электрическом поле с напряжением $U=800$ В, а затем попадают в однородное магнитное поле перпендикулярно к линиям магнитной индукции и разделяются на два пучка, движущихся в вакууме по дугам с радиусами $R_1=7,63$ см и

$R_2=8,05$ см. Индукция магнитного поля $B=0,32$ Тл. Определить массовые числа изотопов аргона.

135. Электрон в невозбужденном атоме водорода движется вокруг ядра по окружности радиуса $R=0,53 \cdot 10^{-8}$ см. Вычислить магнитный момент P_m эквивалентного кругового тока и механический момент M , действующий на круговой ток, если атом помещен в магнитное поле с индукцией $B=0,4$ Тл, направленной параллельно плоскости орбиты электрона.

136. Два иона с одинаковыми зарядами, пройдя одну и ту же ускоряющую разность потенциалов, влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Один ион, масса которого $m_1=12$ а.е.м., описал дугу окружности радиусом $R_1=2$ см. Определить массу m_2 (в а.е.м.) кругового иона, который описал дугу окружности радиусом $R_2=2,31$ см.

137. Частица, несущая один элементарный заряд, влетела в однородное магнитное поле с индукцией $B=0,01$ Тл. Определить момент импульса L , которым обладала частица при движении в магнитном поле, если радиус траектории частицы равен $R=0,5$ мм.

138. Протон движется по окружности в однородном магнитном поле с индукцией $B=2$ Тл. Определить силу I эквивалентного кругового тока создаваемого движением протона.

139. Электрон в однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции. Определить силы F ? действующую на электрон со стороны поля, если индукция поля $B=0,2$ Тл, а радиус кривизны траектории $R=0,2$ см.

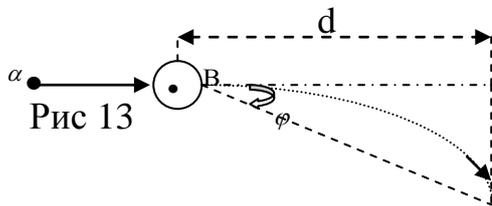
140. Электрон в однородном магнитном поле движется по винтовой линии радиусом $R=5$ см и шагом $h=20$ см. Определить скорость электрона, если магнитная индукция $B=0,1$ Тл.

141. Электрон в атоме водорода движется вокруг ядра по круговой орбите некоторого радиуса. Найти отношение магнитного момента эквивалентного тока к моменту импульса орбитального движения электрона P_m/L . Заряд электрона и его массу считать известными. Указать на чертеже направление векторов P_m и L .

142. Покоящийся в начальный момент электрон ускоряется электрическим полем, напряженность которого $E=\text{const}$. Через $\Delta t=0,01$ с он влетает в магнитное поле, которое перпендикулярное

электрическому, магнитная индукция которого $B=10^{-5}$ Тл. Во сколько раз нормальное ускорение электрона в этот момент больше его тангенциального ускорения?

143. α -частица, ускоренная разностью потенциалов $\Delta U=250$



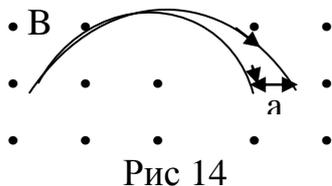
кВ, пролетает поперечное однородное магнитное поле с индукцией $B=0,51$ Тл. Толщина области с полем (рис 13) $d=0,1$ м. Определить угол ϕ отклонения α -

частицы от первоначального направления движения.

144. Положительно заряженная частица влетает в одинаково направленные перпендикулярно ее скорости однородные магнитное и электрическое поля. Под каким углом к полям будет направлено ускорение частицы в этот момент, если индукция магнитного поля $B=0,05$ Тл, напряженность электрического поля $E=35$ В/м, скорость движения частицы $v=10^3$ м/с.

145. Циклотрон предназначен для ускорения протона до энергии $W=5$ мэВ. Каким должен быть радиус дуантов циклотрона R , если индукция магнитного поля $B=1$ Тл?

146. Однозарядные ионы неона с массовыми числами $m_1=20$ и $m_2=22$ и кинетической энергией $W=6,2 \cdot 10^{-16}$



Дж влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно к его линиям индукции и, описав полуокружность, вылетают из поля двумя пучками (рис 14). Определить расстояние a между пучками, если

магнитное поле находится в вакууме и его индукция $B=0,24$ Тл.

147. По представлениям Бора электрон в атоме водорода движется вокруг ядра по круговой орбите, радиус которой $R=53$ пм. Какова индукция создаваемого им в центре круговой орбиты магнитного поля?

148. Протон, ускоренный разностью потенциалов $U=300$ В, попадает в магнитное поле, перпендикулярное направлению его движения. Индукция магнитного поля $B=8 \cdot 10^{-2}$ Тл. Определить радиус кривизны траектории протона и период его обращения в магнитном поле.

149. Определить силу, действующую на электрон в момент, когда он пересекает ось длинного соленоида под прямым углом в непосредственной близости от его конца. Сила тока в соленоиде $I=2$ А, число витков на единицу длины $n=3000$ м⁻¹. Скорость электрона $v=3 \cdot 10^{-7}$ м/с.

150. Спираль, по которой движется электрон в однородном магнитном поле, имеет диаметр $d=80$ мм, шаг $h=20$ см. Определить его скорость, если индукция поля $B=5$ мТл.

151. Плоский контур, площадь которого $S=300$ см², находится в однородном магнитном поле, индукция которого $B=0,01$ Тл. Плоскость контура перпендикулярна линиям поля. Ток в контуре $I=10$ А. Определить работу внешних сил по перемещению контура в область пространства, где магнитное поле отсутствует.

152. По проводнику, согнутому в виде квадрата со стороной $a=0,1$ м, течет ток $I=20$ А. Плоскость квадрата перпендикулярна магнитным линиям индукции поля. Определить работу A , которую необходимо совершить для того, чтобы удалить проводник за пределы поля. Индукция поля $B=0,1$ Тл. Поле считать однородным.

153. Прямой провод длиной $l=20$ см, по которому течет ток силой $I=50$ А, движется в однородном магнитном поле с индукцией $B=2$ Тл. Какую работу совершат силы, переместив его на $x=20$ см, если направление перемещения перпендикулярно направлению магнитной индукции и длине провода?

154. Определить работу, совершаемую при перемещении проводника длиной $l=0,2$ м, по которому течет ток $I=5$ А, в перпендикулярном магнитном поле напряженностью $H=80$ кА/м, если перемещение проводника $x=0,5$ м.

155. Чему равна механическая мощность, развиваемая при перемещении прямолинейного проводника длиной $l=30$ см со скоростью $V=5$ м/с в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,2$ Тл, если угол между направлением движения проводника и линиями магнитной индукции поля $\alpha = 60^\circ$, а ток $I=50$ А?

156. Чему равна мощность магнитной силы, развиваемая при перемещении прямолинейного проводника длиной $l=20$ см со скоростью $V=5$ м/с в однородном магнитном поле с индукцией

$B=0,1$ Тл, если угол между направлением магнитных силовых линий $\alpha = 90^\circ$, а сила тока в проводнике $I=50$ А?

157. При изменении формы контура с квадрата на окружность в магнитном поле с индукцией $B=0,5$ Тл, совершена работа $A=0,025$ Дж. Сторона квадрата $a=0,2$ м, контур находится под углом $\alpha = 30^\circ$ к линиям индукции. Каков ток в контуре?

158. В однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции расположен плоский виток площадью $S=200$ см². При постоянной силе тока $I=50$ А его переместили из поля в область пространства, где поле отсутствует, и при этом совершил работу $A=0,8$ Дж. Какова индукция магнитного поля B ?

159. На какой угол повернули контур, поддерживая ток в контуре неизменным, если контур с током силой $I=1$ А находится в магнитном поле с индукцией $B=0,01$ Тл? Площадь контура $S=10^{-2}$ м², работа при его повороте $A=3$ мДж.

160. Виток радиусом $R=0,1$ м, по которому течет ток $I=20$ А, свободно устанавливается в однородном магнитном поле напряженностью $H=10^3$ А/м. Виток повернули относительно диаметра на угол $\alpha = 60^\circ$. Определить совершенную работу A .

161. Плоский квадратный контур со стороной $a=10$ см, по которому течет ток силой $I=100$ А, свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией $B=1$ Тл. Определить работу, совершаемую внешними силами, при повороте контура относительно оси, проходящей через середину его противоположных сторон, на угол: 1) $\alpha_1 = 90^\circ$, 2) $\alpha_2 = 30^\circ$. При повороте контура сила тока в нем поддерживается неизменной.

162. Ось катушки, имеющей $N=10^3$ витков диаметром $d=10$ см, расположена горизонтально в плоскости магнитного меридиана. По катушке течет ток $I=3$ А. При повороте катушки на $\alpha = 180^\circ$ была совершена работа $A=8,46 \cdot 10^{-4}$ Дж. Определить магнитный момент катушки с током и горизонтальную составляющую напряженности магнитного поля Земли.

163. Какова сила тока, текущего по витку, если при повороте его относительно диаметра на угол $\alpha = 90^\circ$ из свободного состояния в магнитном поле с индукцией $B=16 \cdot 10^{-4}$ Тл совершена работа $A=5,02$ Дж? Радиус витка $R=5$ см.

164. Виток, нормаль к которому образует угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением линий магнитной индукции, помещен в магнитном поле с индукцией $B=1$ Тл. Ток в витке $I=25$ А. диаметр витка $d=0,2$ м. Найти работу A , которую надо совершить, чтобы удалить виток из поля.

165. Форму витка из квадрата, потянув за противоположные вершины, изменили и придали ему форму линии при неизменной силе тока $I=10$ А в магнитном поле с индукцией $B=0,1$ Тл. Сторона квадрата $a=0,1$ м. Какова совершенная при этом работа A ?

166. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,06$ Тл находится прямоугольная рамка длиной $l=8$ см и $d=5$ см шириной, состоящая из $N=200$ витков. Рамка может вращаться вокруг оси, перпендикулярной к линиям магнитной индукции. Когда по виткам течет ток $I=0,5$ А, рамка располагается перпендикулярно линиям магнитной индукции. Какую работу надо произвести, чтобы повернуть рамку из этого положения на четверть оборота?

167. Рамка длиной $a=4$ см и шириной $b=4,5$ см , содержащая $N=200$ витков тонкой проволоки, находится в магнитном поле с индукцией $B=0,1$ Тл. Плоскость рамки параллельна линиям индукции. Найти вращающий момент, действующей на рамку при токе $I=1$ мА. Чему равна работа A при повороте рамки на угол $\alpha = 60^\circ$?

168. Прямоугольный контур со сторонами a и b находятся в магнитном поле и может вращаться около оси OO . По контуру течет постоянный ток I . найти работу, совершенную магнитным полем, при повороте контура на угол α , если вначале плоскости контура была расположена перпендикулярно магнитному полю и расположена на так, как показано на рис. 15.

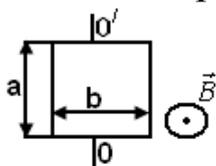


Рис. 15

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

170. Квадратный контур со стороной $a=10$ см, в котором течет ток $I=6$ А, находится в магнитном поле с индукцией $B=0,8$

Тл под углом $\alpha = 50^\circ$ к линиям индукции. Какую работу нужно совершить, чтобы при неизменной силе тока в контуре изменить его форму с квадрата на окружность?

171. В однородном магнитном поле свободно установился виток, по которому течет ток $I=60$ А. При повороте его на угол $\alpha=\pi/3$ относительно оси, совпадающей с диаметром, была совершена работа $A=25 \cdot 10^{-2}$ Дж. Какова индукция магнитного поля B ? Диаметр витка $d=10$ см.

172. Какая работа совершаемая магнитным полем с индукцией $B=0,5$ Тл при перемещении проводника длиной $l=0,5$ м с током $I=20$ А на расстояние $d=2$ м? проводник расположен под углом $\alpha = 30^\circ$ к линиям магнитной индукции и перемещается перпендикулярно к направлению тока и вектора магнитной индукции.

173. Магнитный момент витка $P_m=0,1$ Ам². Он свободно установился в магнитном поле с индукцией $B=0,05$ Тл. Какую работу надо совершить, чтобы повернуть виток на угол φ относительно оси, совпадающей с диаметром?

174. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,25$ Тл находится плоская катушка радиусом $R=25$ см из $N=75$ витков. Плоскость катушки составляет угол $\alpha = 60^\circ$ с направлением линий магнитной индукции. Определить вращающий момент, действующий на катушку в магнитном поле, если по ее виткам течет ток $I=8$ А. Чему равна работа, которую надо совершить, чтобы удалить катушку из поля?

175. В центре подлинного соленоида расположена маленькая плоская рамка, состоящая из $N=20$ витков площадью $S=1$ см² каждый. Плотность намотки соленоида $N/d=5000$ м⁻¹, ток в соленоиде $I=5$ А. Какую работу против сил магнитного поля надо совершить, чтобы рамку переместить в середину основания соленоида? Ток в рамке $I_1=1$ А того же направления, что и в соленоиде. Плоскость рамки перпендикулярна оси соленоида.

176. Рядом с длинным прямым проводом, по которому течет ток I , расположена рамка с током I_1 . Провод и рамка лежат в одной плоскости (рис 16). Какую работу A надо совершить, чтобы повернуть рамку вокруг ее оси на угол $\alpha = 90^\circ$?

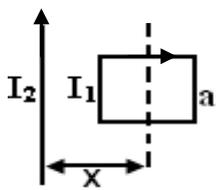


Рис. 16

177. Рамка из провода, содержащая $N=25$ витков, расположена в магнитном поле так, что через нее проходит внешний магнитный поток $\Phi_1=0,012$ Вб. Когда по виткам пустили ток $I=8,4$ А, рамка повернулась и через нее стал проходить внешний магнитный поток $\Phi_2=0,077$ Вб. Найти работу, произведенную при повороте рамки. Ток в цепи неизменный.

178. По кольцу, сделанному из тонкого гибкого провода, радиусом $R=0,1$ м течет ток силой $I=100$ А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено магнитное поле с индукцией $B=0,1$ Тл, по направлению совпадающей с индукцией B_1 собственного магнитного поля кольца. Определить работу внешних сил, которые, действуя на провод, деформировали его и придали ему форму квадрата при неизменной силе тока в кольце.

179. В одной плоскости с длинным прямым проводом, по которому течет ток силой $I=50$ А, расположена прямоугольная рамка так, что две большие стороны ее длиной $a=0,65$ м параллельны проводу, а расстояние от провода до ближайшей из этих сторон равно ее ширине. Найти магнитный поток через рамку.

180. Определить, во сколько раз отличаются магнитные потоки, пронизывающие квадратную рамку при двух ее положениях относительно прямого проводника с током (рис 17).

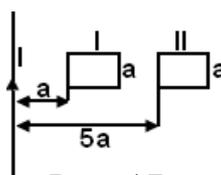


Рис. 17

181. Медный диск, радиус которого $R=1,2$ м, поставлен нормально к линиям магнитной индукции однородного магнитного поля, индукция которого $B=5 \cdot 10^{-4}$ Тл. Диск может вращаться около оси, проходящей через его центр и параллельный полю. При замыкании цепи с помощью скользящих контактов в точках на оси и на ободке диска вдоль его радиуса течет ток $I=0,2$ А. Найти работу, которую совершают силы поля при одном обороте диска.

182. Виток радиусом $R=0,1$ м, по которому течет ток силой $I=20$ А, свободно установился в однородном магнитном поле

напряженностью $H=10^3$ А/м. Виток повернули относительно диаметра на угол $\alpha = 60^\circ$. Определить совершенную работу.

183. Какова индукция магнитного поля, если при повороте вокруг оси, совпадающей с диаметром, совершена работа $A=50 \cdot 10^{-4}$ Дж? Контур круговой, диаметр его $d=4$ см, плоскость контура в начальном состоянии перпендикулярна линиям поля. Поворот совершается на $\alpha = 90^\circ$ при силе тока $I=2$ А.

184. Плоский контур, расположенный в магнитном поле, изменил свою форму круга на треугольник при неизменной силе тока. Чему равна работа внешних сил? Радиус круга $R=10$ см, ток $I=100$ А. Магнитное поле с индукцией $B=0,1$ Тл направлено перпендикулярно плоскости контура.

185. Два прямолинейных длинных параллельных проводников находятся на расстоянии $r_1=10$ см друг от друга. По проводникам течет ток в одном направлении $I_1=I_2=10$ А. Какую работу надо совершить (на единицу длины), чтобы раздвинуть эти проводники до расстояния $r_2=20$ см?

186. Определить индукцию магнитного поля, если при изменении формы гибкого проводника с кольца на квадрат при неизменной силе тока совершена работа $A=67,5$ Дж. Собственное поле кольца и внешнее поле совпадают. Ток в контуре $I=100$ А, радиус кольца $R=0,1$ м. Работой против упругих сил пренебречь.

187. Найти магнитный поток Φ , создаваемый соленоидом сечением $S=20$ см², если он имеет $n=10$ витков на каждый сантиметр его длины при силе тока $I=20$ А.

188. Плоский контур, площадь которого $S=25$ см², находится в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,04$ Тл. Определить магнитный поток Φ , пронизывающий контур, если плоскость его составляет угол $\alpha = 30^\circ$ с линиями индукции.

189. При двукратном обходе магнитного полюса вокруг проводника с током силой $I=100$ А была совершена работа $A=1$ мДж. Найти магнитный поток Φ , создаваемый полюсом.

190. В однородном магнитном поле, индукция которого $B=0,5$ Тл, движется равномерно проводник длиной $l=0,1$ м. По проводнику течет ток $I=2$ А. Скорость движения проводника $v=0,2$ м/с, и направлена перпендикулярно направлению магнитного поля. Найти работу перемещения проводника за $\Delta t=10$ с движения и мощность, затрачиваемую на это движение.

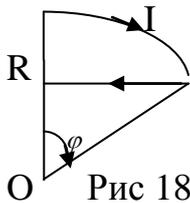
191. Тороид квадратного сечения содержит $N=1000$ витков. Наружный диаметр тороида $D=0,4$ м, внутренний $d=0,2$ м. Найти магнитный поток в тороиде, если сила тока, протекающего по обмотке, равна $I=10$ А. Поле тороида неоднородно.

192. Два прямолинейных длинных параллельных проводника находятся на некотором расстоянии друг от друга. По проводникам текут токи, равные по величине и по направлению. Найти силу тока, текущего по каждому из проводников, если известно, что для раздвижения этих проводников на вдвое большее расстояние, пришлось совершить работу (на единицу длины проводников) $A=5,5 \cdot 10^{-6}$ Дж/м.

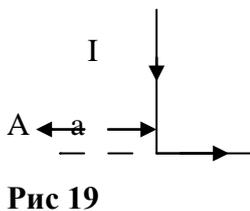
193. Рядом с длинным прямым током $I=2$ А расположена квадратная рамка со стороной $a=4$ см, обтекаемая током $I=5$ А. Рамка лежит в одной плоскости с проводом и ближайшая к проводу сторона рамки находится от него на расстоянии $d=2$ см. Определить работу по удалению рамки из поля, если считать токи не изменяющимися при движении рамки.

194. В центре длинного тонкого соленоида расположена маленькая плоская рамка, состоящая из $N=20$ витков площадью $S=1$ см² каждый. По рамке течет ток $I=1$ А того же направления, что и в соленоиде. Плотность намотки соленоида $n=5000$ м⁻¹, при перемещении рамки в середину основания соленоида совершается работа $A=5$ Дж. Какой ток I_1 течет в соленоиде? Плоскость рамки перпендикулярна оси соленоида.

195. По контуру, изображенному на рис 18, идет ток силой $I=10$ А. Определить индукцию магнитного поля в точке O , если радиус дуги $R=10$ см и $\varphi = 60^\circ$.



196*. В замкнутой цепи постоянного тока I имеется участок в виде двух образующих прямой угол прямолинейных проводов (рис 19.). Длина этих проводов настолько велика, что влиянием остальных участков цепи на поле в окрестности вершины угла можно пренебречь. Найти



магнитную индукцию в точке A .

197*. Соленоид и постоянный магнит, оси которых расположены вдоль одной прямой, находятся на расстоянии $d=1$ м, значительно превышающем их размеры. Определить силу взаимодействия соленоида и магнита, если их магнитные моменты, соответственно $p_{m1}=1,5 \text{ А}\cdot\text{м}^2$ и $p_{m2}=1 \text{ А}\cdot\text{м}^2$.

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

199*. По двум одинаковым квадратным плоским контурам со стороной $a=20$ см текут токи силой $I=10$ А в каждом. Определить силу F взаимодействия контуров, если расстояние d между соответственными сторонами контуров равно $d=10$ мм.

200*. По тонкой трубе радиусом $R=5$ см течет ток $I=100$ А. Определить напряженность магнитного поля в центре трубы и вне трубы на расстоянии $d=5$ см от ее поверхности.

201*. Диаметр d тороида без сердечника по средней линии равен $d=30$ см. В сечении тороид имеет круг радиусом $R=5$ см. По обмотке тороида, содержащей $N=2000$ витков, течет ток силой $I=5$ А. Пользуясь законом полного тока, определить максимальное и минимальное значения магнитной индукции B в тороиде.

202*. Два одинаковых прямых магнита расположены на одной прямой и повернуты друг к другу разноименными полюсами. Расстояние между ними $d=2$ м, а длина l . Определить магнитный момент каждого из них, если они притягиваются с силой $F=10^{-4}$ Н.

203*. Определить магнитную индукцию поля, создаваемого в вакууме магнитом с магнитным моментом $p_m=5 \text{ А}\cdot\text{м}^2$ в точке, которая находится на расстоянии $r=0,5$ м, если прямая, соединяющая центр магнита с этой точкой, образует угол $\alpha = 60^\circ$ с осью магнита. Считать расстояние r большим по сравнению с длиной магнита.

204*. Тонкий диск из диэлектриков, радиус которого $R=90$ см, равномерно заряжен количеством электричества $q=3$ Кл. Диск вращается вокруг оси, проходящей через его центр и

перпендикулярной плоскости диска, делая $n=180$ об/мин. Определить магнитную индукцию B в центре диска.

205*. По круговому контуру, охватывающему площадь $S=40$ см², протекает ток $I=5$ А. Определить поток магнитной индукции, создаваемый этим током, через площадь кольца, которое лежит в плоскости контура. Центр кольца совпадает с центром контура, внешний радиус кольца $R=4$ м и внутренний $r=2$ м.

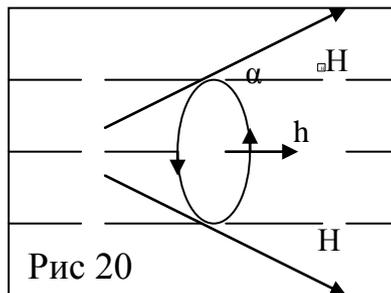


Рис 20

206*. Проволочное кольцо радиуса $R=4$ м находится в неоднородном магнитном поле, линии индукции которого в точках пересечения с кольцом образуют угол $\alpha=10^\circ$ с нормалью к плоскости кольца (рис 20). Напряженность магнитного поля, действующего на кольцо, $H=8,10^3$ А/м. По кольцу течет ток силой $I=5$ А. С

какой силой магнитное поле действует на кольцо?

207*. По прямому горизонтально расположенному проводу проходит ток $I=5$ А. Под ним находится второй, параллельный ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток $I_1=5$ А. Расстояние между проводами $d=1$ см. Какова должна быть площадь поперечного сечения второго провода, чтобы он находился в состоянии равновесия незакрепленным?

208*. По тонкому стержню длиной $l=20$ см равномерно распределен заряд $q=240$ нКл. Стержень приведен во вращение с постоянной угловой скоростью $\omega=10$ рад/с относительно оси, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину. Определить: 1) магнитный момент p_m , обусловленный вращением заряженного стержня, 2) отношение магнитного момента к моменту импульса (p_m/L), если стержень имеет массу $m=12$ кг.

209*. Замкнутая цепь с током силы I включает в себя прямолинейный участок длины $l=a$. Точка A лежит на расстоянии от этого участка на перпендикуляре, проходящем через его середину. Найти ту часть магнитной индукции B в точке A , которая создается данным участком. Исследовать случай $0 \rightarrow \infty$.

210*. Две небольшие одинаковые катушки расположены так, что их оси лежат на одной прямой. Расстояние между катушками $d=2$ м значительно превышает их линейные размеры. Число витков каждой катушки $N=150$, радиус витков $R=50$ мм. С какой

силой взаимодействуют катушки, когда по ним течет одинаковый ток $I_1=I_2=1$ А?

211*. Электрон движется прямолинейно и равномерно со скоростью $v=3,10^5$ м/с. Найти индукцию B поля, создаваемого электроном в точке, находящейся на расстоянии $a=1$ нм от него и лежащей на перпендикуляре к V , проходящем через мгновенное положения электрона.

212*. В направленном вдоль оси «х» однородном магнитном поле с индукцией $B=10$ мТл из некоторой точки O выходит в направлении «х» слегка расходящийся пучок моноэнергетических электронов, имеющих скорость $V=6$ Мм/с. Определить расстояние от точки O до ближайшей точки F , в которой пересекаются траектории всех электронов (точки, в которой фокусируется пучок).

213*. Часть длинного прямого провода согнута в виде полуокружности $R=126$ мм. Определить индукцию магнитного поля в центре кривизны, если по проводу идет ток силой $I=4$ А.

Л и т е р а т у р а

Савельев И.В. Курс общей физики. М. : Наука, 1978, т.2 §§ 49 -50.

Детлаф А.А. , Яворский Б. М. , Милковская Л. Б. Курс физики М.: Высшая школа, 1977, т.2 §§19,1 – 19,6, §§ 20,1 – 20,6.

Сивухин Д. В. Курс общей физики. М.: Наука, 1983, т.3 §§ 49–55.

ТЕМА 8

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ И ЕЕ ПРОЯВЛЕНИЯ. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ. ЭНЕРГИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ.

Контрольные вопросы.

1. Какова идея опытов Фарадея по обнаружению явления электромагнитной индукции? В чём сущность явления электромагнитной индукции? От чего зависит величина ЭДС индукции?
2. Какой физический смысл имеет знак «минус» в законе Фарадея – Максвелла? Как определяется направление индукционного тока?
3. Какова причина появления индукции в проводнике, движущемся в постоянном магнитном поле, и в замкнутом контуре, находящемся в изменяющемся магнитном поле? Каковы свойства индукционного электромагнитного поля?
4. В чём заключается явление самоиндукции? От чего зависит ЭДС самоиндукции?
5. Что характеризует индуктивность и от чего она зависит? В каких единицах измеряется? Как вычисляется индуктивность соленоида?
6. Как измеряется ток при замыкании и размыкании цепи? От чего зависит быстрота изменения тока?
7. В чём заключается явление взаимной индукции?
8. Как определяется собственная энергия тока и почему можно считать, что она равна энергии его магнитного поля? Что определяет объёмную плотность энергии магнитного поля?
9. Как описывается магнитное поле в магнитах? Что характеризует вектор намагничивания (намагниченность)? Чем различаются диапара – и ферромагнетики? В чём особенность ферромагнетиков?

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

При решении задач в тех случаях, когда рассматривается контур, находящийся в магнитном поле, следует найти магнитный поток,

пронизывающий контур, как функцию времени, а производная полученного выражения даст ЭДС индукции

Знак ЭДС индукции, так же как и направление индукционного тока, можно определить непосредственно из приведённой формулы либо с помощью правила Ленца. В первом случае следует выбрать какое-либо направление нормали. Это определит знак магнитного потока и знак его производной.

В ходе решения следует анализировать всю совокупность явлений, связанных с электромагнитной индукцией. Возникновение индукционного тока неизбежно приводит к изменению условий и характера движения проводника. Если же по условиям задачи они остаются неизменными, то это всегда означает действие внешних сил.

При определении коэффициентов само- и взаимной индукции надо помнить, что они зависят от геометрии проводников и не зависят от силы тока только при отсутствии ферромагнетика.

Задачи на расчёт полей при наличии ферромагнетиков решают только при помощи графика зависимости

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ.

Задача 1.

В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,1$ Тл равномерно с частота $\nu=10$ об/с вращается рамка, содержащая $N=1000$ витков, плотно прилежащих друг к другу. Площадь рамки $S=150$ см². Определить мгновенное значение ЭДС индукции E_i , соответствующее углу поворота рамки на $\alpha=30^\circ$.

Решение.

Мгновенное значение ЭДС индукции E_i определяется основным уравнением электромагнитной индукции Фарадея-Максвелла:

$$E_i = \frac{d\Psi}{dt}, \quad (1)$$

, где Ψ – потокосцепление.

Потокосцепление Ψ связано с магнитным потоком Φ и числом N витков, плотно прилегающих друг к другу, соотношением $\Psi=N\Phi$

Подставляя выражение Ψ в формулу (1), получим

$$E_i = -N \frac{d\Phi}{dt}, \quad (2)$$

При вращение рамки магнитный поток Φ , пронизывающий её в момент времени t , определяется соотношением

$$\Phi = BS \cos \omega t,$$

где B —магнитная индукция, S —площадь рамки, ω —круговая частота.

Подставив в формулу (2) выражение Φ и продифференцировав по времени, найдём мгновенное значение ЭДС индукции

$$E_i = N \cdot B \cdot S \cdot \sin \omega t \quad (3)$$

Круговая частота ω связана с частота ν соотношением $\omega = 2\pi\nu$.

Подставив ω в формулу (3), получим:

$$E_i = 2\pi \cdot \nu \cdot N \cdot B \cdot S \cdot \sin \omega t$$

Произведём вычисления в системе СИ:

$$E_i = 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5 \text{ В} = 47,1 \text{ В}.$$

Проверим соответствие единиц

$$[E_i] = \text{С}^{-1} \text{Тл} \cdot \text{М}^2 = \frac{\text{НМ}^2}{\text{С} \cdot \text{М} \cdot \text{А}} = \frac{\frac{\text{Джс}}{\text{А} \cdot \text{С}}}{\text{А} \cdot \text{С}} = \frac{\text{А} \cdot \text{ВС}}{\text{А} \cdot \text{С}} = \text{В}.$$

Задача 2.

В магнитном поле с индукцией $B=0,1$ Тл помещена квадратная рамка из медной проволоки с площадью поперечного сечения $S_{np}=1 \text{ мм}^2$. площадь рамки $S=25 \text{ см}^2$. Нормаль к плоскости рамки направлена по линиям индукции поля. Какое количество электричества q пройдёт по контуру рамки при исчезновении магнитного поля.

Решение.

Количество электричества q , индуцируемое в рамке, можно определить следующим образом. При выключении магнитного поля в рамке индуцируется ЭДС равная

$$E_{in} = \frac{d\Psi}{dt}.$$

Тогда по закону Ома по рамке потечёт ток

$$I = - \frac{E_{in}}{R} = - \frac{1}{R} \frac{d\Psi}{dt}$$

По определению силы тока $i = \frac{dq}{dt}$. Объединяя все эти выражения, получим

$$dq = - \frac{d\Phi}{R}$$

Полный заряд, протекающий по рамке, равен

$$q = - \frac{1}{R} \int_{\Phi_1}^{\Phi_2} d\Phi = - \frac{1}{R} (\Phi_2 - \Phi_1).$$

У нас $\Phi_2=0$, а сопротивление R можно определить

$$R = \rho \frac{l}{S_c} = \rho \frac{4a}{S_c}$$

где a —сторона рамки, S_{np} —площадь поперечного сечения проволоки, ρ — удельное сопротивление материала проволоки.

Так как, $a = \sqrt{S}$ где S —площадь рамки, то

$$R = 4\rho \frac{\sqrt{S}}{S_c}$$

Учитывая, что $\Phi_1=B \cdot S$, $B_2=0$, окончательно получим

$$q = \frac{B \cdot S_s}{4\rho} = \frac{BSS_s}{4\rho}$$

Произведём вычисления в системе СИ:

$$q = \frac{0,1 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 10^{-4}}{4 \cdot 1,72 \cdot 10^{-2}} \text{ Кл} = 0,074 \text{ Кл}.$$

Проверим соответствие единиц:

$$[q] = \frac{Tl \cdot M^2 \sqrt{M^2}}{\text{Om} \cdot M} = \frac{B \cdot C \cdot M^3}{M^2 \cdot \text{Om} \cdot M} = \frac{B \cdot C}{\text{Om}} = \text{Кл}.$$

Задача 3.

По обмотки тороида с не намагниченным сердечником пустили ток силой $I=0,6$ А. Витки провода диаметром $d=0,4$ мм с очень тонкой изоляцией плотно прилегают друг к другу. Определить индуктивность тороида при этих условиях, если площадь его сечения $S=4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, а диаметр средней линии $D=0,3$ м.

Решение.

Индуктивность тороида можно рассчитать по формуле

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

так как диаметр средней линии значительно больше диаметра витков, и тороид можно рассматривать как длинный, согнутый в кольцо соленоид.

$$\text{Так как } n = \frac{1}{d}, \quad V = \pi \cdot D \cdot S, \quad L = \mu_0 \mu \frac{1}{d^2} \pi \cdot D \cdot S.$$

Чтобы найти $\mu_0\mu = B/H$, найдём обе эти величины, характеризующие поле в сердечнике. Напряжённость поля

$$H = \frac{N}{l} I = nI = \frac{1}{d} I .$$

Используя кривую намагничения $B=f(H)$ (рис. 1), найдём магнитную индукцию B в сердечнике.

$$B=1,36 \text{ Тл.}$$

Теперь, зная B и H , подставляем их частное вместо $\mu_0\mu$,

$$L = \frac{\pi \cdot D \cdot S \cdot B}{d^2 H} = \frac{3.14 \cdot 0.3 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 1.6}{0.16 \cdot 10^{-6} \cdot 1.5 \cdot 10^3} = 2.4 \text{ Гн} .$$

Проверим соответствие единиц:

$$[L] = \frac{M \cdot M^2 \cdot Tkm}{M^2 \cdot A} = \frac{HM^2}{M \cdot A \cdot A} = \frac{J}{A^2} = \frac{B \cdot C}{A} = \text{Гн}$$

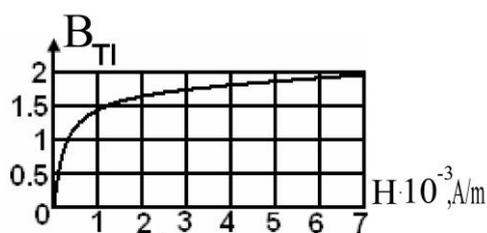


Рис. 1

Задача 4.

На стержень из не магнитного материала длиной $l=50$ см и сечением $S=2$ см² намотан в один слой провод так, что на каждый сантиметр длины стержня

приходится $N=20$ витков. Определить энергию магнитного поля внутри соленоида, если сила тока в обмотке $I=0,5$ А.

Решение.

Энергия магнитного поля соленоида с индуктивностью L , по обмотке которого течёт ток I , выражается формулой:

$$W = \frac{LI^2}{2} .$$

Индуктивность соленоида в случае не магнитного материала сердечника зависит только от числа витков на единицу длины n и от объёма сердечника V .

$$L = \mu_0 n^2 V = \mu_0 \left(\frac{N}{l} \right)^2 V$$

где μ_0 – магнитная постоянная.

Подставив в формулу для энергии выражение для индуктивности, получим

$$W = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 \cdot I^2 \cdot l \cdot S = \frac{1}{2} \mu_0 \left(\frac{N}{l} \right)^2 I^2 \cdot l \cdot S$$

Учитывая, что $V=Sl$, окончательно получим:

$$W = \frac{1}{2} \mu_0 n^2 V \cdot I^2 = \frac{1}{2} \mu_0 \left(\frac{N}{l} \right)^2 \cdot V \cdot I^2$$

Произведём вычисления в системе СИ:

$$W = \frac{15,56 \cdot 10^{-7} (2 \cdot 10^3)^2 \cdot 2 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 0,25}{2} J = 1,26 \cdot 10^{-4} J.$$

Проверим соответствие единиц:

$$[W] = \frac{Gn \cdot M^3 \cdot A^2}{M \cdot M^2} = \frac{B \cdot C \cdot A^2}{A} = J.$$

Таблица вариантов.

№ варианта	Номер задач				№ варианта	Номер задач			
1	1	51	101	151	26	26	60	126	176
2	2	52	102	152	27	27	61	127	177
3	3	53	103	153	28	28	62	128	152
4	4	54	104	154	29	29	63	129	179
5	5	55	105	155	30	30	64	130	180
6	6	56	106	156	31	31	65	131	181
7	7	57	107	157	32	32	76	132	182
8	8	66	108	158	33	33	77	133	183
9	9	67	109	159	34	34	78	134	184
10	10	68	110	160	35	35	79	135	153
11	11	69	111	161	36	36	80	136	186
12	12	70	112	162	37	37	81	137	187
13	13	71	113	163	38	38	88	138	188
14	14	72	114	164	39	39	89	139	189
15	15	73	115	165	40	40	74	140	190
16	16	82	116	166	41	41	75	141	154
17	17	83	117	167	42	42	92	142	155
18	18	85	118	168	43	43	84	143	193
19	19	86	119	169	44	44	94	144	194
20	20	89	120	170	45	45	95	145	156
21	21	91	121	171	46	46	96	146	196
22	22	93	122	172	47	47	97	147	157
23	23	99	123	173	48	48	98	148	179
24	24	58	124	174	49	49	99	149	193
25	25	59	125	175	50	50	87	100	196

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Автомобиль «Волга» едет со скоростью $v=120$ км/ч. Определить разность потенциалов на концах перед ней оси машины, если длина оси $l=180$ см, а вертикальная составляющая напряжённости магнитного поля Земли $H_0=40$ А/м.

2. Какой ток идёт через гальванометр, присоединённый к железнодорожным рельсам, когда к нему со скоростью $v=60$ км/ч приближается поезд? Вертикальная составляющая магнитного поля Земли $H_0=40$ А/м. Сопротивление гальванометра $R=100$ Ом. Расстояние между рельсами $l=1,2$ м. Рельсы считать изолированными друг от друга и от земли.

3. Соленоид содержит $N=4000$ витков провода, по которому течёт ток $I=20$ А. Определить магнитный поток Φ и потокосцепление Ψ , если индуктивность $L=0,4$ Гн.

4. Рамка площадью $S=50$ см², содержащая $N=100$ витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле ($B=40$ мТл). Определить минимальную ЭДС индукции, если ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции, а рамка вращается с частотой $n=960$ об/мин.

5. Проводник длиной $l=1$ м движется со скоростью $v=5$ м/с перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Определить магнитную индукцию B , если на концах проводника возникает разность потенциалов $\Delta\phi=0,02$ В.

6. Определить разность потенциалов, возникающую на концах вертикальной автомобильной антенны длиной $l=1,2$ м при движении автомобиля с востока на запад в магнитном поле Земли со скоростью $v=20$ м/с. Горизонтальная составляющая напряжённости магнитного поля Земли $H_0=17$ А/м.

7. Соленоид, состоящий из $N=800$ витков и имеющий диаметр $\alpha=8$ см, находится в однородном магнитном поле, индукция которого $B=6,03 \cdot 10^{-2}$ Тл. Соленоид поворачивается на $\alpha=180^\circ$ в течение $\Delta t=0,2$ с. Найти среднее значение ЭДС, возникающей в соленоиде, если его ось до и после поворота направлена вдоль поля.

8. Круговой проволочный виток площадью $S=100$ см² находится в однородном магнитном поле, индукция которого

$B=1$ Тл. Плоскость витка перпендикулярна направлению магнитного поля. Чему будет равно среднее значение ЭДС индукции, возникающей в витке при выключении поля в течение $\Delta t=0,1$ с.

9. На соленоид длиной $l=20$ см и площадью поперечного сечения $S=30$ см² надет проволочный виток. Соленоид имеет $N=320$ витков и по нему течёт ток $I=3$ А. Какая средняя ЭДС индуцируется в надетом на соленоид витке, когда ток в соленоиде выключается в течение $\Delta t=0,001$ с?

10. Квадратная рамка со стороной $a=20$ см расположена в магнитном поле так, что нормаль к рамке образует угол $\alpha=60^\circ$ с направлением поля. Магнитное поле с течением времени меняется по закону $B=B_0 \cos \omega t$, где $B_0=0,2$ Тл и $\omega=314$ мин⁻¹. Определить ЭДС в рамке в момент времени $t=4$ с.

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

12. Сколько витков провода нужно намотать на стальной сердечник сечением $S=25$ см², чтобы в этой обмотке при равномерном изменении индукции от $B_1=0$ до $B_2=1$ Тл в течение $\Delta t=0,005$ с индуцировалась ЭДС $E_i=50$ В?

13. Квадратная рамка со стороной $a=1$ м движется с некоторой скоростью $v=\text{const}$ в направлении, перпендикулярном к бесконечно длинному проводнику, лежащему в плоскости рамки параллельно одной из её сторон. По проводнику проходит ток $I=10$ А. В некоторый момент времени расстояние от проводника до ближайшей стороны рамки $x=1$ м. Какой должна быть скорость v , чтобы в этот момент в рамке индуцировалась ЭДС $E_i=10^{-4}$ В?

14. в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,5$ Тл вращается с частотой $\nu=10$ об/с стержень длиной $l=20$ см. Ось вращения параллельна линиям и проходит через один из концов стержня перпендикулярно его оси. Определить разность потенциалов u на концах стержня.

15. Рамка, содержащая $N=10$ витков, площадью $S=5$ см², присоединена к баллистическому гальванометру с внутренним сопротивлением $R=58$ Ом и помещена между полюсами

электромагните так, что линии магнитной индукции перпендикулярны к плоскости рамки. Определить индукцию поля B , создаваемую электромагнитом, если при повороте рамки на $\alpha=180^\circ$ в цепи гальванометра протекает количество электричества $q=30$ мкКл. Сопротивление рамки $R=2$ Ом. Чему равна индукция магнитного поля B между полюсами электромагнита?

16. По длинному прямому проводнику течёт ток. Вблизи проводника расположена квадратная рамка из тонкого провода сопротивлением $R=0,02$ Ом. Проводник лежит в плоскости рамки и параллелен двум её сторонам, расстояние до которых от провода соответственно равны $a_1=10$ см и $a_2=20$ см. Найти силу тока в проводнике, если при его выключении через рамку протекло количество электричества $q=693$ мкКл.

17. Металлический диск, радиус которого $R=15$ см и плоскость которого перпендикулярна однородному магнитному полю, вращается, делая $\nu=10$ об/с. Ось вращения диска параллельна магнитному полю и проходит через его центр. Индукция магнитного поля $B=3$ Тл. Определить разность потенциалов, которая возникает между центром и краем диска.

18. Прямоугольная рамка со сторонами $a=0,2$ м и $b=0,5$ м равномерно вращается с угловой скоростью $\omega=31,4$ с⁻¹ в однородном магнитном поле, изменяющемся синусоидально с круговой частотой $\omega'=\omega$ и перпендикулярном оси вращения рамки. В начальный момент $B=B_0=10^{-2}$ Тл, а плоскость рамки перпендикулярна магнитному полю. Определить амплитудное значение ЭДС, возникающей в рамке, и её круговую частоту.

19. Замкнутый тонкий алюминиевый провод массой $m=12$ г, образующий плоский круговой виток, расположен перпендикулярно однородному магнитному полю напряжённостью $H=36$ А/м. Какое количество электричества индуцируется в витке, если его повернуть на $\alpha=90^\circ$ так, что плоскость витка стала параллельной магнитному полю? Удельное сопротивление алюминия $\rho=3,2 \cdot 10^{-6}$ Ом·см, а его плотность $D=2,7 \cdot 10^3$ кг/м³.

20. Алюминиевый диск радиусом $R=40$ см вращается вокруг вертикальной оси с частотой $\nu=40$ об/с. Какова разность потенциалов между центром и краем диска, если вертикальная составляющая земного магнитного поля $H_0=40$ А/м.

21. Проволочный виток радиуса $r=0,04$ см и сопротивлением $R=0,02$ Ом находится в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,3$ Тл. Плоскость витка составляет угол $\alpha=40^\circ$ с линиями индукции. Какой заряд q протечёт по витку при выключении магнитного поля?

22. Рамка из провода сопротивлением $R=0,04$ Ом равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,6$ Тл. Ось вращения лежит в плоскости рамки, перпендикулярна линиям индукции. Площадь рамки $S=200$ см². Определить заряд q , который протечёт через рамку при изменении угла между нормалью к рамке и линиями индукции от $\alpha_1=45^\circ$ до $\alpha_2=90^\circ$.

23. Тонкий медный провод массой $m=5$ г согнут в виде квадрата и концы его замкнуты. Квадрат помещён в однородное магнитное поле с индукцией $B=0,2$ Тл так, что его плоскость перпендикулярна линиям поля. Определить заряд q , который протечёт по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

24. Соленоид, состоящий из $N=80$ витков и имеющий диаметр $d=8$ см, находится в однородном магнитном поле, индукция которого $B=60$ мТл. Соленоид поворачивается на $\alpha=90^\circ$ в течение $\Delta t=0,2$ с. Найти среднее значение ЭДС, возникающей в соленоиде, если его ось до поворота была направлена перпендикулярна полю.

25. В центре плоской круглой рамки, состоящей из $N_1=50$ витков, радиусом $R=20$ см каждый, расположена маленькая рамка, состоящая из $N_2=100$ витков, площадью $S=1$ см² каждый. Эта рамка вращается вокруг одного из диаметров первой рамки с постоянной угловой скоростью $\omega=300$ рад/с. Найти максимальное значение возникающей ЭДС, если в обмотке первой рамки идёт ток $I=10$ А.

26. Магнитное поле направлено вдоль оси y , а градиент его – вдоль оси x . Замкнутый контур в виде прямоугольника расположен в плоскости xz так, что одна его сторона $a=0,5$ м параллельна оси z , а другая $b=0,02$ м – параллельна оси x . С какой скоростью должно происходить перемещение контура вдоль оси x , чтобы в контуре индуцировалась ЭДС $E_i=0,2$ В при градиенте магнитного поля $dB/dx=2$ Тл/м?

27. В однородном магнитном поле с индукцией $B=0,1$ Тл равномерно вращается рамка, содержащая $N=1000$ витком. Площадь рамки $S=150$ см². Рамка делает $\nu=10$ об/с. Определить мгновенное значение ЭДС, соответствующее углу поворота рамки $\alpha=30^\circ$.

28. Рамка, имеющая форму равностороннего треугольника, помещена в однородное магнитное поле с напряжённостью $H=6,4 \cdot 10^4$ А/м. Перпендикуляр к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол $\alpha=30^\circ$. Определить длину стороны рамки, если известно, что среднее значение ЭДС индукции, возникающий в рамке при выключении поля в течение времени $\Delta t=0,03$ с, равно $E=10$ мВ.

29 Рамка, имеющая $N=1000$ витков, площадью $S=5$ см², замкнута на гальванометр с сопротивлением $R=10$ кОм. Рамка находится в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,01$ Тл, причём, линии поля перпендикулярны к её плоскости. Какой заряд протечёт по цепи гальванометра, если направление поля изменилось на противоположное? Считать, что индукция магнитного поля с течением времени изменялась равномерно.

30. В однородном магнитном поле, индукция которого $B=0,1$ Тл, вращается катушка, состоящая из $N=200$ витков. Ось вращения катушки перпендикулярна её оси и направлению магнитного поля. Период обращения катушки $T=0,2$ с, площадь поперечного сечения катушки $S=4$ см². Найти максимальную ЭДС индукции во вращающейся катушке.

31. Проволочная рамка в виде квадрата, со стороной a находится в магнитном поле прямолинейного длинного проводника, по которому течёт ток с силой I . Рамка движется вправо, оставаясь в той же плоскости, что и проводник, со скоростью v (рис 2). Найти ЭДС индукции, индуцируемую в рамке, как функцию расстояния от проводника.

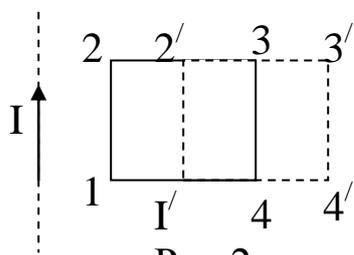


Рис.2

32. Проводник длиной $l=0,2$ м перемещают в однородном магнитном поле с индукцией $B=0,1$ Тл так, что его ось составляет угол $\alpha=90^\circ$ с направлением поля. Как надо двигать проводник,

чтобы разность потенциалов на его концах возрастала равномерно на $\Delta\varphi = 1 \text{ В}$ за $\Delta t = 1 \text{ с}$?

33. Кусок провода длиной $l = 2 \text{ м}$ складывается вдвое и его концы замыкаются. Затем провод растягивается в квадрат так, что плоскость квадрата перпендикулярна горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли, равной $B_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Тл}$. Какое количество электричества пройдёт через контур, если его сопротивление $R = 1 \text{ Ом}$?

34. В проволочное кольцо, присоединённое к баллистическому гальванометру, вставили прямой магнит. При этом по цепи прошёл заряд $q = 50 \text{ мкКл}$. Определить изменение магнитного потока $\Delta\Phi$ через кольцо, если сопротивление цепи гальванометра $R = 10 \text{ Ом}$?

35. На деревянный цилиндр, длина которого $l = 0,2 \text{ м}$ значительно больше его диаметра, навиты две медные обмотки с сечением $S = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$. Одна из обмоток замкнута накоротко. Какое количество электричества индуцируется в ней, если другую обмотку присоединить к источнику ЭДС $E = 2 \text{ В}$ с очень малым внутренним сопротивлением?

36. Катушка диаметром $d = 10 \text{ см}$, имеющая $N = 500$ витков, находится в магнитном поле. Чему равно среднее значение ЭДС индукции в этой катушке, если индукция магнитного поля увеличивается в течение $\Delta t = 0,1 \text{ с}$ с $B_1 = 0$ до $B_2 = 2 \text{ Тл}$?

37. Проволочная рамка расположена перпендикулярна магнитному полю, индукция которого изменяется по закону $B = B_0(1 + l^{-kt})$, где $B_0 = 0,65 \text{ Тл}$, $k = 1 \text{ с}^{-1}$. Определить величину ЭДС, индуцируемой в контуре в момент времени $t = 2,3 \text{ с}$. Площадь рамки $S = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$.

38. Постоянный магнит, магнитный момент которого $P_m = 0,02 \text{ А} \cdot \text{м}^2$, длиной $l = 0,2 \text{ м}$, двигается в катушку, диаметр основания которой $d = 0,05 \text{ м}$, имеющей обмотку из медной проволоки сечением $S = 0,5 \text{ м}^2$. Какое количество электричества проходит при вдвигании магнита в катушку по её обмотке?

39. Медный обруч, имеющий массу $m = 5 \text{ кг}$, расположен в плоскости магнитного меридиана. Какое количество электричества индуцируется в нём, если повернуть его около

вертикальной оси на $\alpha=90^\circ$? Горизонтальная составляющая напряжённости земного магнитного поля $H_0=17$ А/м.

40. На соленоид длиной l и площадью сечения S надет проволочный виток. Соленоид имеет N витков и по нему течёт ток I . Найти среднюю ЭДС, индуцируемую в витке при выключении тока в течение малого промежутка времени Δt .

41. На расстоянии $a=1$ м от длинного прямого проводника с током $I=10^3$ А расположено кольцо радиуса $r=1$ см. Кольцо расположено так, что поток, пронизывающий кольцо, максимален. Чему равно количество электричества q , которое протечёт по кольцу, если ток в проводнике будет выключен? Сопротивление кольца $R=10$ Ом.

42. Замкнутый тонкий стальной провод массой $m=39$ г, образующий круговой виток, расположен перпендикулярно однородному магнитному полю напряжённостью $H=44$ А/м. Какое количество электричества индуцируется в витке, если его повернуть на $\alpha=90^\circ$, так чтобы плоскость витка стала параллельной магнитному полю? Удельное сопротивление стали $\rho=2 \cdot 10^{-5}$ Ом·см, а её плотность $D=7,8 \cdot 10^3$ кг/м³.

43. К баллистическому гальванометру с внутренним сопротивлением $r=31$ Ом присоединено кольцо с сопротивлением $R=0,17$ Ом. На какое расстояние отклониться зайчик на шкале, если кольцо, лежащее на горизонтальной поверхности стола повернуть с одной стороны на другую? Вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли $B_0=50$ мкТл. Баллистическая постоянная гальванометра $C_0=10$ нКл/мм.

44. Индукция магнитного поля между полюсами двухполюсного генератора $B=0,8$ Тл. Ротор имеет $N=100$ витков площадью $S=400$ см². сколько оборотов в минуту делает якорь, если максимальное значение ЭДС индукции $E_{im}=200$ В?

45. Длина подвижного проводника AB равна l . Его сопротивление R (рис 3). Сопротивление неподвижного проводника, по которому скользит проводник AB , пренебрежимо мало. Перпендикулярно плоскости проводников приложено магнитное поле B . Какую силу нужно приложить к проводника AB для того, чтобы он двигался

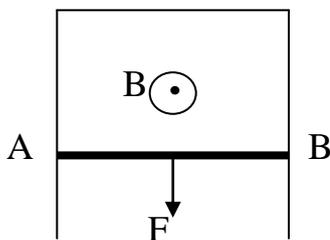


Рис 3.

с постоянной скоростью v ? Система проводников находится в горизонтальной плоскости.

46. Кусок провода длиной $l=2$ м складывается вдвое и его концы замыкаются. Зачем провод растягивается в круг так, что плоскость круга перпендикулярна горизонтальной составляющей индукции магнитного поля Земли $B_0=2 \cdot 10^{-5}$ Тл. Какое количество электричества пройдет через контур, если его сопротивление $R=1$ Ом?

47. Замкнутый тонкий медный провод массой $m=0,016$ кг, образующий круговой виток, расположен перпендикулярно однородному магнитному полю напряжённостью $H=45$ А/м. Какое количество электричества индуцируется в витке, если его поверхность на $\alpha=\pi/2$ так, чтобы плоскость витка стала параллельна магнитному полю? Удельное сопротивление меди $\rho=1,8 \cdot 10^{-9}$ Ом·м, а плотность её $D=8,9 \cdot 10^3$ кг/м³.

48. Катушка из $N=1000$ витков с площадью поперечного сечения $S=10^{-2}$ м², расположенная перпендикулярно магнитному полю Земли, поворачивается на $\alpha=\pi/2$ за $\Delta t=1$ с. В катушке при этом находится ЭДС со средним значением $E=0,6$ мВ. Найти величину индукции магнитного поля Земли.

49. В однородное магнитное горизонтальное поле с индукцией $B=40$ мТл помещена H -образная конструкция из толстых медных стержней, беловые стороны направлена вертикально. Плоскость конструкции перпендикулярна вектора B . По стержням свободно и без нарушения контакта скользит сверху вниз тонкая медная перемычка ($\rho=1,75 \cdot 10^{-8}$ Ом·м, $D=8,8 \cdot 10^3$ кг/м³). (рис 4). Какой максимальной скорости она достигнет? Сопротивлением всех частей, кроме перемычки, пренебречь. Трением пренебречь.

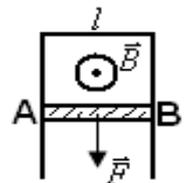


Рис. 4

50. Два металлических стержня расположены вертикально и замкнуты вверху 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 индукцией $B=0,01$ Тл, перпендикулярной плоскости рамки. Установившаяся скорость $v=1$ м/с. Найти сопротивление перемычки. Сопротивлением стержней и провода пренебречь. (рис 4.).

51. Катушка длиной $l=0,2$ м и диаметром $D=0,03$ м имеет $N=400$ витков. По катушке идёт ток $I=2$ А. Найти: 1) индуктивность катушки, 2) магнитный поток, пронизывающий площадь её поперечного сечения.

52. Сколько витков имеет катушка, индуктивность которой $L=1$ мГн, если при силе тока $I=1$ А магнитный поток сквозь катушки $\Phi=2$ мкВб?

53. Индуктивность L соленоида, намотанного в один слой на немагнитный каркас, равна $L_1=0,5$ Гн. Длина соленоида $l=0,6$ м, диаметр $D=2$ см. Определить число витков n , приходящихся на единицу длины соленоида.

54. Катушка, намотанная на немагнитный каркас, имеет $N=250$ витков и индуктивность $L_1=36$ мГн. Чтобы увеличить индуктивность катушки до $L_2=100$ мГн, обмотку катушки сняли и заменили обмоткой из более тонкой проволоки с таким расчётом, чтобы длина катушки осталась прежней. Сколько витков оказалось в катушке после перемотки?

55. На один сердечник намотаны две катушки. Индуктивности катушек в отдельности соответственно равны $L_1=0,5$ Гн и $L_2=0,7$ Гн. Чему равна взаимная индуктивность $L_{1,2}$? Рассеяния магнитного поля нет.

56. По однослойной катушке с индуктивностью $L=50$ мГн течёт ток $I=5$ А. Какое количество электричества индуцируется в катушке при выключении тока, если длина её $l=1$ м, а диаметр медной проволоки обмотки $d=0,6$ мм?

57. Через катушку радиусом $R=2$ см, содержащую $N=500$ витков, проходит постоянный ток $I=5$ А. Определить индуктивность катушки, если напряжённость магнитного поля в её центре $H=10$ кА/м.

58. Обмотка соленоида с железным сердечником содержит $N=600$ витков. Длина сердечника $l=40$ см. Как и во сколько раз изменится индуктивность соленоида, если сила тока, протекающего по обмотке, возрастает от $I_1=0,2$ А до $I_2=1$ А?

59. Соленоид имеет стальной плоскостью, размагниченный сердечник объёмом $V=500$ см³. Напряжённость магнитного поля соленоида при силе тока $I=0,6$ А равна $H=1000$ А/м. Определить индуктивность L соленоида.

60. Определить магнитную индукцию B в замкнутом железном сердечнике тороида длиной $l=20,9$ см, если число ампер-витков обмотки тороида $IN=1500$. Найти магнитную проницаемость материала сердечника при этих условиях.

61. Железный образец помещён в магнитное поле, напряжённость которого $H=800$ А/м. Найти магнитную проницаемость железа при этих условиях.

62. Сколько ампер-витков потребуется для создания магнитного поля $\Phi=4,2 \cdot 10^{-4}$ Вб в соленоиде с железным сердечником длиной $l = 120$ см и площадью поперечного сечения $S=3$ см²?

63. Длина железного сердечника тороида равна $l=2,5$ м, длина воздушного зазора $l_1=1$ см. Число витков в обмотке тороида $N=1000$. При силе тока $I=20$ А индукция магнитного поля в воздушном зазоре равна $B=1,6$ Тл. Определить магнитную проницаемость железного сердечника при этих условиях.

64. На стальной сердечник сечением $S=4$ см² намотан соленоид, содержащий $N=1000$ витков, по которым проходит ток $I=0,5$ А. Определить индуктивность соленоида при этих условиях, если напряжённость магнитного поля внутри соленоида $H=2$ кА/м.

65. На каркас, диаметром $D=0,1$ м намотан соленоид, содержащий $N=500$ витков. При подключении соленоида к аккумулятору с ЭДС $E=12$ В через $t=0,01$ с ток в цепи достигает значение $I=2$ А. Определить длину соленоида, если его сопротивление $R=3$ Ом, а сопротивление аккумулятора и подводных проводов можно пренебречь.

66. Соленоид, сечение $S=10$ см², содержит $N=1000$ витков. Индукция B магнитного поля внутри соленоида при силе тока $I=5$ А равна $B=0,1$ Тл. Определить индуктивность соленоида.

67. Длинный прямой соленоид, намотанный на немагнитный каркас, имеет $N=1000$ витков. Индуктивность соленоида $L=3$ мГн. Какой магнитный поток Φ создаёт соленоид при токе $I=1$ А?

68. Из какого числа витков проволоки состоит однослойная обмотка катушки, индуктивность которой $L=0,01$ Гн? Диаметр катушки $D=0,04$ м, диаметр проволоки $d=0,6$ мм. Витки плотно прилегают друг к другу.

69. Катушка, намотанная на немагнитный цилиндрический каркас, имеет $N_1=250$ витков и индуктивность $L_1=36$ мГн. Чтобы

увеличить индуктивность катушки до $L_2=100$ мГн, обмотку катушки сняли и заменили обмоткой из более тонкой проволоки с таким расчётом, чтобы длина катушки оставалась прежней. Сколько витков оказалось в катушке после перемотки?

70. Две катушки намотаны на общий сердечник. Индуктивность первой катушки $L_1=0,2$ Гн, второй $L_2=0,8$ Гн. Сопротивление второй катушки $R_2=600$ Ом. Какой ток потечёт во второй катушке, если ток $I=0,3$ А, текущий в первой катушке, выключить в течение $\Delta t=0,001$ с?

71. Две длинные катушки намотаны на один сердечник. Индуктивности этих катушек $L_1=0,69$ Гн и $L_2=0,1$ Гн. Определить во сколько раз число витков первой катушки больше, чем второй.

72. На круглом деревянном цилиндре имеется обмотка из медной проволоки, массой $m=0,05$ кг. Расстояние между крайними витками $l=0,6$ м много больше диаметра. Сопротивление обмотки $R=30$ Ом. Какова её индуктивность?

73. Две катушки с индуктивностями $L_1=5$ мГн и $L_2=3$ мГн включены последовательно и расположены так, что их магнитные поля взаимно усиливают друг друга. Индуктивность этой системы оказалась $L_{1,2}=11$ мГн. Чему равна взаимная индуктивность катушки?

74. Определить индуктивность катушки с замкнутой цепью (кольцевой соленоид) при числе витков $N=1000$, площадь сечения магнитного провода $S=2,5$ см², если средний диаметр кольца $d=0,2$ м, сила тока $I=1$ А.

75. Зная, что напряжённость однородного магнитного поля в вольфраме $H=10$ А/м, определить магнитную индукцию поля, обусловленную намагничиванием.

76. По круговому контуру проходит ток величиной $I=2$ А. Радиус контура $R=1$ м. Виток погружён в жидкий кислород. Найти вектор намагничивания в центре витка.

77. Соленоид имеет длину $l=0,2$ м, площадь поперечного сечения $S=10^{-3}$ м², число витков $N=400$. Соленоид находится в диамагнитной среде. Индуктивность его $L=1$ мГн. Найти магнитную индукцию и вектор намагничивания внутри соленоида, если по нему течёт ток $I=2$ А.

78. Индукция магнитного поля в железном стержне $B=1,7$ Тл. Определить значение вектора намагничения в нём, если магнитные свойства выражаются графиком $B=f(H)$.

79. В соленоид длиной $l=0,1$ м, имеющий $N=300$ витков, введён магнитный сердечник. По соленоиду проходит ток $I=1$ А. Найти вектор намагничения железа внутри соленоида.

80. Длина железного сердечника тороида $l=1$ м, длина воздушного зазора $l_1=3$ мм. Число витков в обмотке тороида $N=2000$. Найти напряжённость магнитного поля H_1 в воздушном зазоре при силе тока $I=1$ А в обмотке тороида.

81. Определить индуктивность соленоида, полученного при намотке провода длиной $l=10$ м на цилиндрический стержень длиной $l_1=0,1$ м. Относительная магнитная проницаемость железа $\mu=400$.

82. На общий каркас намотаны две катушки. Определить коэффициент взаимной индукции катушки, если постоянный ток $I=5$ А в первой катушке создаёт во второй магнитный поток сцепления $\Psi=40$ мВб.

83. На каркас диаметром $D=0,1$ м намотан соленоид, содержащий $N=500$ витков. При подключении соленоида к аккумулятору с ЭДС $E=12$ В через $t=0,001$ с ток в цепи достигает значения $I=2$ А. Определить длину соленоида, если его сопротивление $R=3$ Ом, а сопротивление аккумулятора и подводных проводов пренебрежимо малы.

84. Обмотка соленоида состоит из медной проволоки с площадью сечения S . Длина соленоида l , а его сопротивление R . Найти индуктивность соленоида в двух случаях: а) сердечник отсутствует, б) сердечник – ферромагнитный с $\mu=500$.

85. Катушка сопротивлением R и индуктивностью L находится в переменном магнитном поле. Когда созданный этим полем поток увеличился на $\Delta\Phi$, ток в катушки возрос на ΔI . Какой заряд q прошёл при этом по катушке?

86. На общий каркас намотаны две катушки. Определить коэффициент взаимной индукции катушки, если постоянный ток $I=5$ А в первой катушке создаёт во второй магнитный поток сцепления $\Phi=40$ мВб?

87. Соленоид содержит $N=1000$ витков. Площадь S сечения сердечника равна $S=10$ см². По обмотке течёт ток, создающий

поле с индукцией $B=1,5$ Тл. Найти среднюю ЭДС индукции E_i , возникающую в соленоиде, если ток уменьшится до нуля за время $\Delta t=500$ мкс.

88. Обмотка соленоида с железным сердечником содержит $N=500$ витков. Длина сердечника $l=50$ см. Как и во сколько раз изменится индуктивность L соленоида, если сила тока, протекающего по обмотке, возрастает от $I_1=0,1$ А до $I_2=1$ А?

89. Две катушки расположены на небольшом расстоянии одна от другой. Когда сила тока в первой катушке изменяется с быстротой $\frac{\Delta I}{\Delta t} = 5 \frac{\text{А}}{\text{с}}$, во второй катушке возникает ЭДС индукции $E_i=0,1$ В. Определить коэффициент взаимной индукции катушки.

90. Обмотка тороида с немагнитным сердечником имеет $N=251$ витков. Средний диаметр D тороида равен $D=8$ см, диаметр витков $d=2$ см. На тороид намотана вторичная обмотка, имеющая $N_2=100$ витков. При включении первичной обмотки в неё в течение $\Delta t = 1$ мс устанавливается ток силой $I=3$ А. Найти среднюю ЭДС индукции E_i , возникающую во вторичной обмотке.

91. Два соленоида с индуктивностями $L=2,5$ Гн и $L=5$ Гн соединены параллельно. Чему равна ЭДС самоиндукции, возникающая при изменении тока $I=1$ А/с?

92. Замкнутый железный сердечник длиной $l=50$ см имеет обмотку с $N=1000$ витков. По обмотке течёт ток силой $I=1$ А. Какой ток надо пустить через обмотку, чтобы при удалении сердечника индукция осталась прежней?

93. Из какого числа витков проволоки состоит однослойная обмотка катушки, индуктивность которой $L=1$ мГн? Диаметр катушки $D=0,04$ м, диаметр проволоки $d=0,6$ мм. Витки плотно прилегают друг к другу.

94. Найти индуктивность катушки, имеющей $N=400$ витков на длине $l=0,2$ м. Площадь поперечного сечения катушки $S=9$ см². Чему будет равна индуктивность катушки, если в неё ввести железный сердечник, магнитная проницаемость которого в условиях работы $\mu=400$?

95. В соленоид длиной $l=50$ см вставлен сердечник из такого сорта железа, для которого зависимость $B=f(H)$ неизвестна. Число витков на единицу длины соленоида $N/l=400$ м⁻¹, площадь поперечного сечения соленоида $S=10$ см². Найти: 1) магнитную

проницаемость сердечника при силе тока через обмотку соленоида $I=5$ А. Известно, что при этих условиях магнитный поток, пронизывающий площадь поперечного сечения соленоида с сердечником, $\Phi=1,6$ мВб. 2) Найти индуктивность соленоида при этих условиях.

96. Катушка с железным сердечником имеет площадь поперечного сечения $S=20$ см², число витков $N=500$. Индуктивность катушки с сердечником $L=0,23$ Гн при силе тока через обмотку $I=5$ А. Найти магнитную проницаемость железного сердечника в этих условиях.

97. Площадь поперечного сечения соленоида с железным сердечником $S=10$ см². 1) Найти магнитную проницаемость материала сердечника при таких условиях, когда магнитный поток, пронизывающий площадь поперечного сечения соленоида, соответствует этот магнитный поток, если известно, что индуктивность соленоида при этих условиях $L=0,44$ Гн. Длина соленоида $l=1$ м.

98. Имеется соленоид с железным сердечником длиной $l=50$ см, площадью поперечного сечения $S=10$ см² и числом витков $N=1000$. Найти индуктивность этого соленоида, если по обмотке соленоида течёт ток: 1) $I_1=0,1$ А, 2) $I_2=0,2$ А, 3) $I_3=2$ А.

99. Две катушки индуктивностью $L_1=3$ мГн и $L_2=5$ мГн соединены последовательно так, что их магнитные поля направлены в одну сторону. Индуктивность всей системы при этом $L_{1,2}=11$ мГн. На сколько измениться индуктивность системы, если катушки переключить так, чтобы магнитные поля их были направлены навстречу друг другу?

100. Железный сердечник длиной $l=50,2$ см с воздушным зазором длиной $d_1=0,1$ см имеет обмотку из $N=20$ витков. Какой ток должен протекать по этой обмотке, чтобы получить индукцию в зазоре, равную $B=1,2$ Тл?

101. Индуктивность катушки $L=2$ мГн. Ток частотой $\nu = 50$ Гц, протекающий по катушке, изменяется по синусоидальному закону. Определить среднюю ЭДС самоиндукции E_i возникающий за интервал Δt , в течение которого ток в катушке изменяется от минимального до максимального значения, если амплитудное значение тока $I=10$ А.

102. Сила тока в катушке равномерно увеличивают при помощи реостата на $\Delta I=0,6$ А в секунду. Какова индуктивность цепи L , если среднее значение возникающей в цепи ЭДС самоиндукции $E_i=3$ В?

103. Соленоид содержит $N=800$ витков. Сечение сердечника (из немагнитного материала) $S=10$ см². По обмотке течёт ток, создающий поле с индукцией $B=8$ мТл. Определить среднее значение ЭДС самоиндукции, которая возникает на зажимах соленоида, если ток уменьшается практически до нуля за время $t=0,8$ мс.

104. По катушки индуктивностью $L=8$ мкГн течёт ток силой $I=6$ А. При выключении тока он изменяется практически до нуля за время $t=0,5$ мс. Определить среднее значение ЭДС самоиндукции возникающей в контуре.

105. В электрической цепи, содержащей сопротивление $R=20$ Ом и индуктивность $L=0,06$ Гн, течёт ток силой $I=20$ А. Определить силу тока в цепи через $\Delta t=0,2$ мс после её размыкания.

106. По замкнутой цепи с сопротивлением $R=20$ Ом течёт ток. Через $t=8$ мс после размыкания цепи сила тока в ней уменьшилась в $n=20$ раз. Определить индуктивность цепи.

107. Определить силу тока в цепи через $t=0,01$ с после её размыкания. Сопротивление цепи $R=20$ Ом и индуктивность $L=0,1$ Гн. Сила тока до размыкания цепи $I_0=50$ А.

108. Какова индуктивность цепи с сопротивлением $R=23$ Ом, если через $t=10$ мс после включения источника ЭДС сила тока в цепи увеличилась в $n=10$ раз?

109. Источник тока замкнули на катушку сопротивлением $R=20$ Ом. По истечении времени $t=0,1$ с сила тока I замыкания достигла 0,95 предельного значения. Определить индуктивность катушки.

110. Цепь состоит из катушки индуктивностью $L=0,1$ Гн и источника тока. Источник тока отключили, не разрывая цепи. Время, по истечении которого сила тока уменьшилась до 0,001 первоначального значения, равно $t=0,07$ с. Определить сопротивление катушки.

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

112. Сила тока в катушке равномерно увеличивается при помощи реостата на $\Delta I=0,5$ А в секунду. Найти среднее значение ЭДС самоиндукции, если индуктивность катушки $L=2$ мГн.

113. Катушку с ничтожно малым сопротивлением и индуктивностью $L=3$ Гн подключают к источнику постоянного напряжения с ЭДС $\varepsilon=1,5$ В. Через сколько времени ток в катушке достигнет значения $I=50$ А? Сопротивлением источника пренебречь.

114. В электрической цепи, содержащей сопротивление $R=10$ Ом и индуктивностью $L=5$ мГн, течёт ток $I=6$ А. Определить силу тока в этой цепи через $t=0,6$ с после отключения источника тока.

115. Катушка имеет сопротивление $R=10$ Ом и индуктивностью $L=0,144$ Гн. Через сколько времени после выключения в катушке установится ток, равный половине установившегося?

116. ЭДС самоиндукции, возникающая в цепи с индуктивностью $L=2$ Гн, изменяется с течением времени по закону $I=10+4t$. По какому закону изменяется ток в цепи?

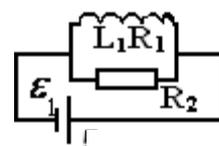


Рис. 5

117. В цепи рис.5 $R_1=5$ Ом, $R_2=95$ Ом, $L=0,34$ Гн, $E=38$ В. Внутреннее сопротивление источника мало. Определит силу тока I_1 в резисторе сопротивлением R_1 в трёх случаях: а) до размыкания, б) в момент размыкания при $t_1=0$. в) через $t_2=0,01$ с после размыкания.

118. Для измерения самоиндукции через него пропустили ток $I=2$ А, а затем через баллистический гальванометр пропустили экстраток размыкания. Отклонения гальванометра было такое же как и при разрядке через него конденсатора ёмкостью $C=1$ мкФ, заряженного до разности потенциалов $U=10$ В. Определит коэффициент самоиндукции соленоида. Сопротивление контура гальванометра $R=10$ Ом.

119. Катушка с индуктивностью $L=6$ Гн и омическим сопротивлением $R=200$ Ом, безиндуктивным сопротивлением $R_1=1000$ Ом присоединены параллельно

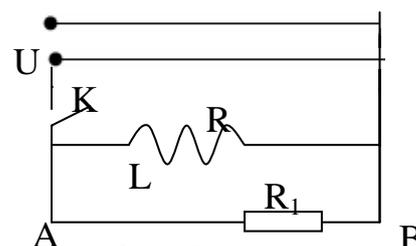


Рис. 6

магистральной, в которой поддерживается напряжение $U=120$ В (рис.6). Какое напряжение U_1 будет между точками А и В схемы через $t=0,001$ с после размыкания ключа?

120. На катушку, сопротивление с индуктивностью которой равны $R=10$ Ом и $L=58$ мГн, подаётся напряжение. Через сколько времени ток в катушке достигнет 75% от установившегося значения?

121. Катушка с индуктивностью $L=2$ мкГн сопротивлением $R=1$ Ом подключена к источнику постоянного тока с ЭДС $E=3$ В. Параллельно катушке включено сопротивление $R_1=2$ Ом. После того, как ток в катушке принимает установившееся значение, источник тока отключается. Найти количество теплоты, выделившееся на сопротивление R после разрыва цепи.

122. Катушка с индуктивностью $L=250$ мГн и сопротивлением $R=0,3$ Ом подключается к источнику постоянного напряжения. Какую часть от установившегося значения составляет сила тока через $t_1=0,58$ с? через время $2t_1=1,16$ с?

123. Через какое время сила тока цепи с катушкой и резистором станет равна 0,3 от установившегося значения? Индуктивность катушки $L=0,2$ мГн, сопротивление резистора $R=3$ Ом.

124. К аккумулятору подключают лампочку с сопротивлением $R=1,2$ Ом последовательно с дросселем. Оценить индуктивность дросселя, если лампочка загорелась через $t=2,5$ с после замыкания цепи.

125. ЭДС самоиндукции, возникающая в цепи с индуктивностью $L=25$ мкГн, изменяется с течением времени по закону $E=E_0-kt$, где $E_0=10$ В, $k=2$ В/с. По какому закону изменяется ток в контуре?

126. Через соленоид проходит ток, после чего экстрактор размыкания пропускают через баллистический гальванометр. Подвижная часть гальванометра отклонилась на $n_1=5$ делений. Омическое сопротивление соленоида $R_1=50$ Ом. Затем такой же силой ток пропустили через второй соленоид, имеющий омическое сопротивление $R_2=60$ Ом. Экстрактор в этом случае вызвал отклонение подвижной системы гальванометра на $n_2=8$ делений. Определить, во сколько раз коэффициент самоиндукции

второго соленоида больше раз коэффициент самоиндукции первого соленоида. Соппротивлением гальванометра пренебречь.

127. Источник тока замкнули на катушку сопротивлением $R=10$ Ом и индуктивностью $L=0,2$ Гн. Через сколько времени сила тока в цепи достигнет 50% максимального значения?

128. Через катушку, индуктивность которой $L=0,021$ Гн, течёт ток, изменяющийся по закону $I = I_0 \sin \omega t$, где $I_0=5$ А, $T=0,02$ с. Найти зависимость от времени ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке.

129. Две катушки имеют взаимную индуктивность $L=5$ мГн. В первой катушки сила тока изменяется по закону $I = I_0 \sin \omega t$, где $I_0=10$ А, $T=0,02$ с. Найти: 1) Зависимость от времени ЭДС индуцируемой во второй катушке, 2) наибольшее значение этой ЭДС.

130. Квадратная рамка из медной проволоки сечением $S=1$ мм² помещена в магнитное поле, индукция которого меняется по закону $B = B_0 \sin \omega t$, $B_0=0,01$ Тл, $T=0,02$ с. Площадь рамки $S=25$ см². Плоскость рамки перпендикулярна к направлению магнитного поля. Найти зависимость от времени и наибольшее значение: 1) магнитного потока, пронизывающего рамку, 2) ЭДС индукции, возникающей в рамке, 3) сила тока, текущего в рамке.

131. Контур имеет сопротивление $R=2$ Ом и индуктивностью $L=0,2$ Гн. Построить график зависимости нарастания силы тока в контуре от времени, прошедшего с момента включения в цепь ЭДС. По оси ординат откладывать отношение силы нарастающего тока к силе конечного тока I_0 . График построить для интервала $0 \leq t \leq 0,5c$ с через каждую 0,1 с.

132. Электрическая лампочка, сопротивление которой в горячем состоянии равно $R=10$ Ом, подключается через дроссель к аккумулятору с ЭДС $E=12$ В. Индуктивность дросселя $L=2$ Гн, сопротивление $R=1$ Ом. Через сколько времени после включения лампочка загорится, если она начинает заметно светить при напряжении на ней в $U=6$ В?

133. Имеется катушка длиной $l=20$ см и диаметром $D=2$ см. Обмотка катушки состоит из $N=200$ витков медной проволоки, площадь поперечного сечения которой $S_l=1$ мм². Катушка включена в цепь с некоторой ЭДС. При помощи переключателя

ЭДС выключается, и катушка замыкается накоротко. Через сколько времени после выключения ЭДС сила тока в цепи уменьшится в два раза?

134. Имеется катушка, индуктивность которой равна $L=0,2$ Гн и сопротивлением $R=1,64$ Ом. Найти во сколько раз уменьшится сила тока в катушке через $t=0,05$ с после того, как ЭДС выключена и катушка замкнута накоротко.

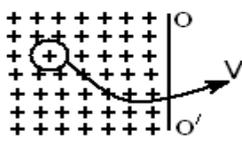


Рис. 7

135. Тонкое металлическое кольцо массой m и плотностью ρ вращается с частотой ν в однородном магнитном поле с индукцией B . Ось вращения oo и направление поля взаимно перпендикулярны (рис.7). Найти амплитудное значение тока в контуре, если частота вращения $\nu = \nu_0 \sin kt$?

136. Плоский контур с индуктивностью L и сопротивлением R вращается с угловой скоростью ω в однородном магнитном поле с индукцией B . Площадь контура S . Найти силу тока в контуре и мощность, необходимую для его вращения.

137. По соседству расположены два витка проволоки. По первому витку течёт ток $I=10$ А. В цепь второго включён баллистический гальванометр. Полное сопротивление второй цепи $R=5$ Ом. Чему равна взаимная индуктивность L витков, если при выключении тока I через гальванометр проходит заряд $q=10$ нКл?

138. Определить мгновенное значение ЭДС самоиндукции, возникающей в цепи с индуктивностью $L=25$ мГн, при изменении тока в ней по закону $I=(3+4t) \cdot 10^{-1}$ А.

139. Определить индуктивность цепи, если при изменении силы тока по закону $I=(1-0,2t)$ А в ней возникает ЭДС самоиндукции $E=0,02$ В.

140. В однородном магнитном поле находится катушка из сверхпроводника. Поток вектора магнитной индукции через катушку $\Phi=0,2$ мВб. После выключения магнитного поля в катушке возникает ток силой $I=20$ А. Чему равна индуктивность катушки?

141. На картонный цилиндр длиной $l=60$ см и диаметром $D=5$ см навито $N=1200$ витков медного провода. По ней течёт ток $I=500$ мА. При выключении он падает до нуля за $t=10^{-4}$ с.

Предполагается, что сила тока убывает линейно. Найти ЭДС самоиндукции.

142. К аккумулятору подключают лампочку сопротивлением $R=1,2$ Ом последовательно с дросселем. Оценить его индуктивность, если лампочка ярко загорается через $t=2,5$ с при замыкании цепи.

143. Соленоид намотан на картонный каркас диаметром $D=0,1$ м, длиной $l=0,57$ м и содержит $N=500$ витков. Сопротивление его $R=3$ Ом. Через сколько времени при подключении его к источнику ЭДС $E=12$ В ток в цепи достигнет значения $I=2$ А?

144. Дроссель с индуктивностью $L=8$ Гн и омическим сопротивлением $R=40$ Ом и лампа с сопротивлением $R_l=200$ Ом соединены параллельно и подключены к источнику ЭДС $E=120$ В через ключ. Определить разность потенциалов на зажимах дросселя при $t=0,01$ с после размыкания цепи.

145. На соленоид длиной $l=144$ см и диаметром $D=5$ см надет проволочный виток. Соленоид имеет $N=320$ витков, и по нему идёт ток $I=3$ А. Какая средняя ЭДС индуцируется в надетом на соленоид витке, когда ток в соленоиде выключается в течении $\Delta t=0,001$ с?

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

147. По замкнутой цепи с сопротивлением $R=20$ Ом, течёт ток. Через $t=8$ мс после размыкания сила тока в ней уменьшается в $n=20$ раз. Чему равна индуктивность цепи?

148. Катушку с ничтожно малым сопротивлением и индуктивностью $L=2$ Гн присоединяют к источнику тока с ЭДС $E=15$ В и ничтожно малым внутренним сопротивлением. Через какое время сила тока в катушке достигнет $I=50$ А?

149. Соленоид диаметром $D=10$ см и длиной $l=60$ см имеет $N=1000$ витков. Сила тока в нём равномерно возрастает на $\Delta I=0,2$

А за $\Delta t=1$ с. На соленоид надето кольцо из медной проволоки, имеющей площадь поперечного сечения $S=2$ мм². Найти силу индукционного тока, возникшего в кольце.

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

151. Энергия магнитного поля железного кольца, на которое намотано на один слой $N=200$ витков, равна $W=0,15$ Дж. При какой силе тока магнитный поток в железе равен $\Phi=6 \cdot 10^{-4}$ Вб?

152. На стержень из немагнитного материала длиной $l=50$ см и сечением $S=2$ см² намотан в один слой провод так, что на каждый сантиметр длины стержня приходится $n=20$ витков. Определить энергию W магнитного поля внутри соленоида, если сила тока в обмотке $I=0,5$ А.

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

154. Определить объёмную плотность энергии магнитного поля соленоида, по которому течёт ток $I=2$ А. Обмотка соленоида содержит $N=20$ витков на каждый сантиметр длины. Сердечник выполнен из немагнитного материала.

155. Магнитное поле в катушки с индуктивностью $L=95$ мГн обладает энергией $W=0,192$ Дж. Чему равна сила тока в катушке?

156. Обмотка замкнутого кольцевого соленоида, намотанного на немагнитный каркас, содержит $n=10$ витков на каждый сантиметр длины. Определить плотность энергии поля при силе тока $I=12$ А.

157. Определить энергию магнитного поля в соленоиде длиной $l=0,5$ м, сечением $S=20$ см², содержащем $N=500$ витков при силе тока $I=3$ А. Сердечник немагнитный.

158. Индуктивность L соленоида длиной $l=0,6$ м и площадью поперечного сечения $S=4$ см² равна $L=4$ мкГн. При какой силе тока объёмная энергия магнитного поля внутри соленоида $w=2$ мДж/м³?

159. Железный сердечник, имеющий форму кольца с квадратным сечением, несёт на себе обмотку из $N=1000$ витков. Внутренний радиус кольца $r=0,2$ м, внешний $R=0,25$ м. Определить энергию W , запасённую в сердечнике в том случае, когда по обмотке течёт ток $I=1,26$ А. Определение произвести приближенно, полагая напряжённость поля по всему сечению сердечника одинаковой и равной значению H в центре сечения.

160. Определить энергию магнитного поля, если по петле из двух проводов идёт ток силой $I=8$ А. Диаметр проводов $d=1$ мм, расстояние между осями проводов $a=2$ см. Длина петли $l=1500$ м.

161. Определить ЭДС самоиндукции в неподвижной катушке, в которой за $t=0,2$ с энергия магнитного поля равномерно уменьшилась в 4 раза. Индуктивность катушки $L=0,16$ Гн, а первоначальный ток катушки $I=8$ А.

162. Обмотка тороида содержит $n=10$ витков на каждый сантиметр длины. Сердечник немагнитный. При какой силе тока I плотность энергии магнитного поля $\omega=1$ Дж/м³?

163. Индуктивность катушки (без сердечника) $L=0,1$ Гн. При какой силе тока I энергия магнитного поля $W=10^{-4}$ Дж?

164. Найти плотность энергии магнитного поля в железном сердечнике соленоида, если напряжённость намагничивающего поля $H=1600$ А/м.

165. На железное кольцо намотано в один слой $N=200$ витков. Чему равна энергия магнитного поля, если при токе $I=2,5$ А магнитный поток в железе $\Phi=0,6$ мВб?

166. Обмотка электромагнита имеет сопротивление $R=10$ Ом и индуктивность $L=0,2$ Гн и находится под постоянным напряжением. В течение какого промежутка времени t в обмотке выделится количество теплоты, равное энергии магнитного поля в сердечнике?

167. Определить энергию магнитного поля в железном сердечнике объёмом $V=400$ см³, если индукция магнитного поля $B=1,2$ Тл.

168. Поток магнитной индукции через контур равномерно возрастает в течение $t_1=2$ с от нуля до $\Phi_2=2 \cdot 10^{-2}$ Вб, а затем равномерно убывает до нуля в течение $t_2=4$ с. Найти увеличение внутренней энергии проводника за это время, не принимая

теплообмен с окружающей средой. Сопротивление контура $R=0,01$ Ом.

169. Определить плотность энергии магнитного поля в центре кольцевого проводника, имеющего радиус $R=25$ см и содержит $N=100$ витков. Сила тока в проводнике $I=2$ А.

170. При некоторой силе тока плотность энергии магнитного поля соленоида (без сердечника) $w=0,2$ Дж/м³. Во сколько раз увеличится плотность энергии поля при той же силе тока, если соленоид будет иметь железный сердечник?

171. Напряжённость магнитного поля тороида со стальным сердечником возросла от $H_1=200$ А/м до $H_2=800$ А/м. Определить во сколько раз изменилась объёмная плотность энергии магнитного поля?

172. Железный сердечник, имеющий форму тора с квадратным сечением, несёт на себе обмотку из $N=1000$ витков. Внутренний радиус тора $r=20$ см, а внешний $R=25$ см. Определить энергию, запасённую в сердечнике в том случае, когда по обмотке течёт ток $I=1,26$ А. Напряжённость поля считать одинаковой по всему сечению тороида и равной её значению в центре сечения.

173. На катушки с сопротивлением $R=8,2$ Ом и индуктивностью $L=25$ мГн поддерживается постоянное напряжение $U=55$ В. Сколько энергии выделится при размыкании цепи катушки? Какая средняя ЭДС самоиндукции появится при этом в катушке, если энергия выделяется в течение $t=12$ мс?

174. Индукция магнитного поля тороида со стальным сердечником возросла от $B_1=0,5$ Тл до $B_2=1$ Тл. Найти во сколько раз изменилось объёмная плотность энергии магнитного поля.

175. Диаметр тороида по средней линии $d=50$ см. Тороид содержит $N=2000$ витков и имеет площадь сечения $S=20$ см². Вычислить энергию магнитного поля тороида при силе тока $I=5$ А. Считать магнитное поле тороида однородным. Сердечник выполнен из немагнитного материала.

176. По проводнику, изогнутому в виде кольца радиусом $R=20$ см, содержащему $N=500$ витков, течёт ток силой $I=1$ А. Определить объёмную плотность энергии магнитного поля в центре кольца.

177. При какой силе тока в прямолинейном бесконечно длинном проводнике плотность энергии магнитного поля на расстоянии $r=1$ см от проводника равна $w=0,1$ Дж/м³?

178. Определить объёмную плотность энергии магнитного поля в стальном сердечнике, если индукция магнитного поля $B=0,5$ Тл.

179. Катушка с индуктивностью $L=5$ мкГн и сопротивлением $R=2$ Ом подключена к источнику постоянного тока с ЭДС $E=5$ В. Параллельно катушке включено сопротивление $R=4$ Ом. После того, как ток в катушке достигает установившегося значения, источник тока отключается выключателем. Найти количество теплоты Q , выделившееся в сопротивлении R после разрыва цепи. Сопротивлением источника тока и соединительных проводов пренебречь.

180. Тороидальная катушка без сердечника состоит из двух обмоток, навитых одна поверх другой, по тысяче витков каждая. Обмотки соединены последовательно, магнитные поля их направлены в одну сторону. Найти магнитную энергию такой катушки, если ток в обмотке $I=5$ А, средняя длина тороида $l=25$ см, поперечное сечение $S=1$ см².

181. В соленоиде без сердечника, содержащем $N=400$ витков, намотанных на картонный каркас в виде цилиндра радиусом $R=2$ см и длиной $l=0,4$ м, ток изменяется по закону $I=0,2t$ [А]. Определить энергию магнитного поля в конце десятой секунды и ЭДС самоиндукции в катушке.

182. Через катушку, индуктивность которой $L=0,021$ Гн, течёт ток изменяющийся со временем по закону $I = I_0 \sin \omega t$, где $I_0=5$ А, $T=0,02$ с. Найти зависимость от времени энергии магнитного поля катушки.

183. На полый картонный цилиндр длиной $l=50$ см, диаметром $D=3$ см навита в два ряда медная проволока диаметром $d=1$ мм. Полученная таким образом катушка подключена к гальванометру элементу $E=1,4$ В. Чему равна начальная магнитная энергия катушки?

184. Энергия магнитного поля тороидальной катушки без сердечника, состоящей из двух обмоток по тысяче витков каждая, навитых одна на другой, равна $W=25$ мДж. Обмотки соединены

последовательно. Чему равна сила тока, текущего по обмотке, если средняя длина тороида $l=25$ см и поперечное сечение $S=1$ см²?

185. По соленоиду течёт ток $I=5$ А. Длина соленоида $l=1$ м, число витков $N=500$, площадь поперечного сечения $S=50$ см². В соленоид вставлен железный сердечник. Найти энергию магнитного поля соленоида.

186. Из провода диаметром $d=4$ мм сделана прямоугольная рамка, стороны которой $a=3$ см и $b=3$ м. Чему равна индуктивность рамки и энергии магнитного поля? Магнитную проницаемость считать $\mu=1$. Полею внутри провода пренебречь.

187. В соленоиде при токе I энергия магнитного поля W . Сопротивление обмотки R . Какой заряд пройдёт по обмотке при равномерном уменьшении тока в $n=3$ раза? На сколько изменится энергия магнитного поля?

188. Определить индуктивность соленоида, в котором при равномерном увеличении тока на $\Delta I=2$ А энергия магнитного поля увеличивается на $\Delta W=10^{-2}$ Дж. Средняя сила тока в цепи $I=5$ А.

189. По обмотке электромагнита, сопротивление которой $R=10$ Ом и индуктивностью $L=2$ Гн, течёт ток с силой $I=2$ А. Через какое время после отключения источника, энергия магнитного поля будет равна $W=10$ мДж?

190. Энергия магнитного поля тороидальной катушки (без сердечника), состоящей из двух одинаковых обмоток, равна $W=25$ мДж. Обмотки соединены последовательно. Магнитные поля их направлены в одну сторону. Ток в обмотке $I=5$ А. Длина тороида (по средней линии) $l=25$ см, поперечное сечение $S=1$ см². Сколько витков имеет каждая катушка?

191. Во сколько раз изменится плотность энергии магнитного поля соленоида при внесении в него железного сердечника, если величина тока не меняется, а плотность энергии поля при отсутствии сердечника $w=0,5$ Дж/м³?

192. Тороид с железным сердечником длиной $l=20$ см имеет воздушный зазор длиной $l=0,01$ м. По обмотке тороида, содержащей $N=500$ витков, течёт ток $I=3$ А. Определить плотность энергии магнитного поля в сердечнике, если его относительная магнитная проницаемость $\mu=580$.

193. Сколько ампер-витков потребуется для того, чтобы внутри соленоида малого диаметра и длиной $l=0,3$ м объёмная плотность энергии магнитного поля была $\omega=1,75$ Дж/м³?

194. Ток в катушки уменьшился с $I_1=12$ А до $I_2=8$ А. При этом энергия магнитного поля катушки уменьшилась на $\Delta W=2$ Дж. Какова индуктивность катушки и энергия её магнитного поля в обоих случаях?

195. На длинный железный сердечник радиусом $R=1$ см намотан однослойный соленоид, содержащий $N=10$ витков на каждый сантиметр длины. Обмотка выполнена из медного провода сечением $S=1$ мм². Через сколько времени в обмотке соленоида выделиться количество теплоты, равное энергии магнитного поля в сердечнике, если она подключена к источнику постоянного напряжения? Относительную магнитную проницаемость сердечника принять равной $\mu=400$.

196. Размеры катушки изменили так, что её индуктивность увеличилась в $n=2$ раза. Ток в катушки уменьшили в два раза. Как изменилась энергия магнитного поля катушки?

197. По соленоиду течёт ток $I=5$ А. Длина соленоида $l=1$ м, число витков $N=500$, площадь поперечного сечения $S=50$ см². В соленоид вставлен железный сердечник. Найти энергию магнитного поля соленоида.

198*. Внутри достаточно длинного железного стержня, который имеет форму круглого цилиндра, создано однородное магнитное поле, направленное вдоль оси и равномерно возрастающее со временем $B=kt$, где $k=0,2$ Тл/с. Диаметр стержня $d=0,3$ м. найти напряжённость вихревого электрического поля на расстоянии $n=0,6$ м от оси.

199*. Ток в короткозамкнутом сверхпроводящем соленоиде изменяется вследствие несовершенства контакта. Создаваемое этим током магнитное поле уменьшается на 2% в час. Определить сопротивление контакта R , если индуктивность соленоида $L=1$ Гн.

200*. Проволочный виток, имеющий площадь $S=100$ см², разрезан в некоторой точке, и в разрез включён конденсатор ёмкости $C=10$ мкФ. Виток помещён в однородное магнитное поле, линии индукции которого перпендикулярны к плоскости витка. Индукция магнитного поля равномерно изменяется во

времени со скоростью $\Delta B/\Delta t=5 \cdot 10^{-3}$ Тл/с. Определить заряд конденсатора.

201*. При включении магнитного поля, перпендикулярного к плоскости витка, радиуса R , по витку протёк заряд q . Какой заряд q протечёт по витку, если его (при неизменном поле) сложить «восьмёркой», состоящей из двух окружностей, причём, радиус меньшей окружности равен $R/4$? Плоскость «восьмёрки» также перпендикулярная к магнитному полю.

202*. Проволочной квадратной рамке массы m со стороной a

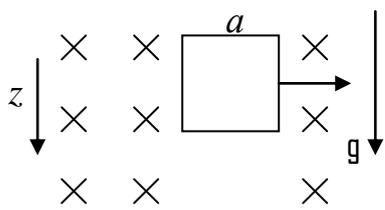


Рис. 8

сообщают в горизонтальном направлении некоторую начальную скорость. Рамка движется в гравитационном поле, перпендикулярном к плоскости рамки (рис.8). Индукция поля изменяется по закону $B(z)=B_0+kz$, где k – постоянный коэффициент. Сопротивление рамки равно

R . Через некоторое время рамка начинает двигаться с постоянной скоростью v . Найти начальную горизонтальную скорость рамки. Ускорение свободного падения.

203*. Определить индуктивность петли из двух проводов. Длина петли $l=1500$ м, а диаметр провода $d=1$ мм, расстояние между осями проводов $a=2$ см. Магнитным полем внутри проводов можно пренебречь.

204*. Сердечник соленоида представляет собой кольцо, состоящее из двух сложенных колец, сечение которых S_1 и S_2 и магнитные проницаемости μ_1 и μ_2 . Средняя длина линий магнитной индукции в кольце l , число витков N . Определить индуктивность соленоида.

205*. По цилиндрическому методу проводнику радиуса $r_0=0,02$ м течёт ток $I=100$ А. Считая проводник очень длинным, найти энергию магнитного поля, сосредоточенного внутри участка проводника длины $l=1$ м (рис. 9).

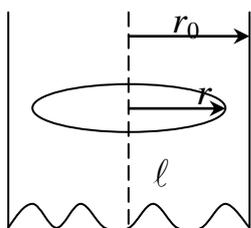


Рис. 9

206*. К гальванометру, баллистическая постоянная которого $C=10^{-8}$ Кл/мм и внутреннее сопротивление $r=31$ Ом, присоединено кольцо радиусом $r_0=0,1$ м, изготовленное из алюминиевой проволоки сечением $S=10^{-4}$ м². На сколько миллиметров отклонится зайчик на шкале, если кольцо, лежащее на горизонтальной плоскости стола, повернуть с одной стороны на другую? Вертикальная составляющая напряжённости магнитного поля Земли $H_0=40$ А/м.

ЛИТЕРАТУРА

- Савельев И.В. Курс общей физики. М. : Наука, 1978, т.2 §§ 55 -67.
Детлаф А.А. , Яворский Б. М. , Милковская Л. Б. Курс физики М.: Высшая школа, 1977, т.2 §§14 – 1,2, §§ 15 –1 – 15-6, §§16-1 – 16-3, §§17-1 – 17-4, §§18-1 – 18-5.
Сивухин Д. В. Курс общей физики. М.: Наука, 1983, т.3 §§55–69,74.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	3
Тема 4. Напряженность и потенциал электрического поля.....	4
Список литературы.....	35
Тема 5. Диэлектрики и проводники в электрическом поле. Энергия электрического поля.....	36
Список литературы.....	64
Тема 6. Постоянный электрический ток.....	65
Список литературы.....	93
Тема 7. Законы электромагнетизма.....	94
Список литературы.....	130
Тема 8. Электромагнитная индукция и её проявления. Магнитное поле в веществе. Энергия магнитного поля.....	131
Список литературы.....	164

Сборник задач и методические указания к
практическим занятиям по физике

ЧАСТЬ II

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Рассмотрен и одобрен на заседании кафедры
физики протокол № _____ от _____ 2008 г.

Рекомендован к тиражированию НМС ТУИТ
Протокол № _____ от _____ 2008 г.

Отв. редактор: доктор физ.-мат. наук, проф.
Абдурахманов К.П.

Составители: доц. Хайдаров К.Х.
 доц. Хамидова Х.Х.
 ст.преп. Хаитов М.С.
 асс. Хашаев М.М.
 асс. Кормильцев С.В.