

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет среднего профессионального образования

Кирдищев Д.В.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по выполнению
ПРАКТИЧЕСКИХ И САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ
РАБОТ

по дисциплине ОП 04 Основы электротехники

по специальности 35.02.08 Электрификация и автоматизация
сельского хозяйства

Брянская область
2018

УДК 621.3 (076)

ББК 31.2

К 43

Кирдищев, Д. В. Учебно-методическое пособие по выполнению практических и самостоятельных работ / Д. В. Кирдищев. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2018. – 104 с.

Учебно-методическое пособие составлено для выполнения практических и самостоятельных работ студентов по дисциплине «Основы электротехники». Приведен набор задач для самостоятельной работы и порядок их выполнения.

Рецензент: преподаватель факультета СПО Филин Ю.И.

Рекомендовано цикловой методической комиссией факультета среднего профессионального образования Брянского ГАУ, протокол № 4 от 01.02.2018 г.

© Брянский ГАУ, 2018

© Кирдищев Д.В., 2018

Содержание

Введение	5
Задачи для практических работ	9
1. Электрическое поле. Закон Кулона	9
2. Напряженность и потенциал электрического поля	11
3. Электрическая емкость. Конденсаторы	16
4. Постоянный электрический ток. Закон Ома для участка цепи	19
5. Закон Ома для полной цепи	22
6. Сопротивление проводника	25
7. Соединение источников тока	28
8. Закон Кирхгофа для разветвленной цепи	32
9. Работа и мощность постоянного электрического тока	35
10. Тепловое действие тока	38
11. Электронная проводимость металлов	40
12. Электрический ток в электролитах	44
13. Химические источники тока	47
14. Электрический ток в газах и вакууме	48
15. Электрический ток в полупроводниках	52
16. Магнитное поле. Закон Ампера	54
17. Магнитный поток. Работа при перемещении проводника с током в магнитном поле	57
18. Действие магнитного и электрического полей на движущийся заряд	59
19. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца	62
20. Самоиндукция. Энергия магнитного поля	68
Задания для самостоятельной работы	71
1. Электрическое поле. Закон Кулона	71
2. Напряженность и потенциал электрического поля	72
3. Электроемкость. Конденсаторы	74
4. Постоянный электрический ток. Закон Ома для участка цепи	76
5. Закон Ома для полной цепи	77
6. Сопротивление проводника	78

7. Соединение источников тока	81
8. Закон Кирхгофа для разветвленной цепи	83
9. Работа и мощность постоянного электрического тока	84
10. Тепловое действие тока	86
11. Электронная проводимость металлов	88
12. Электрический ток в электролитах	90
13. Химические источники тока	91
14. Электрический ток в газах и вакууме	91
15. Электрический ток в полупроводниках	93
16. Магнитное поле. Закон Ампера	94
17. Магнитный поток. Работа при перемещении проводника с током в магнитном поле	96
18. Действие магнитного и электрического полей на движущийся Заряд	98
19. Закон электрической индукции. Правило Ленца	99
20. Самоиндукция. Энергия магнитного поля	101
Список использованной литературы	103

ВВЕДЕНИЕ

Целью курса по "Основам электротехники" считается овладение основами теоретических и фактических познаний в сфере электротехники и электроники.

Без познания ключевых законов электротехники, основ работы электротехнических приспособлений и электронных устройств невероятно овладеть избранной специальностью и быть полноценным техником электриком. Помимо того, надлежит подразумевать, что электротехника считаются теоретической базой для ряда иных дисциплин, а непосредственно автоматизации, вычислительной техники, научно-технического оборудования и т.д. Теоретические способы, которые разработаны в электротехнике успешно используются и в иных профессиональных дисциплинах.

Основные задачи курса содержится в освоении базисных понятий, определений и способов в сфере электротехники, которые гарантировали бы удачное освоение особых электротехнических дисциплин и дисциплин по электронике на дальнейших стадиях изучения.

Требования к результатам освоения программы подготовки специалистов среднего звена по специальности 35.02.08 электрификация и автоматизация сельского хозяйства

1. Техник-электрик должен обладать общими компетенциями, включающими в себя способность:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.

ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.

ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями.

ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий.

ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации.

ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности.

2. Техник-электрик должен обладать профессиональными компетенциями, соответствующими видам деятельности

ОП 04 Основы электротехники.

ПК 1.1. Выполнять монтаж электрооборудования и автоматических систем управления.

ПК 1.2. Выполнять монтаж и эксплуатацию осветительных и электронагревательных установок.

ПК 1.3. Поддерживать режимы работы и заданные параметры электрифицированных и автоматических систем управления технологическими процессами

ПК 2.1. Выполнять мероприятия по бесперебойному электроснабжению сельскохозяйственных предприятий.

ПК 2.2. Выполнять монтаж воздушных линий электропередач и трансформаторных подстанций.

ПК 2.3. Обеспечивать электробезопасность.

ПК 3.1. Осуществлять техническое обслуживание электрооборудования и автоматизированных систем сельскохозяй-

ственной техники.

ПК 3.2. Диагностировать неисправности и осуществлять текущий и капитальный ремонт электрооборудования и автоматизированных систем сельскохозяйственной техники.

ПК 3.3. Осуществлять надзор и контроль за состоянием и эксплуатацией электрооборудования и автоматизированных систем сельскохозяйственной техники.

ПК 3.4. Участвовать в проведении испытаний электрооборудования сельхозпроизводства.

ПК 4.1. Участвовать в планировании основных показателей в области обеспечения работоспособности электрического хозяйства сельскохозяйственных потребителей и автоматизированных систем сельскохозяйственной техники.

ПК 4.2. Планировать выполнение работ исполнителями.

ПК 4.3. Организовывать работу трудового коллектива.

ПК 4.4. Контролировать ход и оценивать результаты выполнения работ исполнителями.

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен уметь:

- читать принципиальные, электрические и монтажные схемы;
- рассчитывать параметры электрических схем;
- собирать электрические схемы;
- пользоваться электроизмерительными приборами и приспособлениями;
- проводить сращивание, спайку и изоляцию проводов и контролировать качество выполняемых работ;

В результате освоения учебной дисциплины обучающийся должен знать:

- электротехническую терминологию;
- основные законы электротехники;

- типы электрических схем;
- правила графического изображения элементов электрических схем;
- методы расчета электрических цепей;
- основные элементы электрических сетей;
- принципы действия, устройство, основные характеристики электроизмерительных приборов, электрических машин, аппаратуры управления и защиты;
- схемы электроснабжения;
- основные правила эксплуатации электрооборудования;
- способы экономии электроэнергии;
- основные электротехнические материалы;
- правила сращивания, спайки и изоляции проводов;

ЗАДАЧИ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

1. Электрическое поле. Закон Кулона

1.1. Два тела, имеющие равные отрицательные электрические заряда, отталкиваются в воздухе ($\varepsilon = 1$) с силой 0,9 Н. Определить число избыточных электронов в каждом теле, если расстояние между зарядами 8 см.

Дано: $\varepsilon = 1$, $Q_1 = Q_2 = Q$, $F = 0.9$ Н, $r = 8 \cdot 10^{-2}$ м, $\varepsilon_0 = 1 / (36\pi \cdot 10^{-9})$ Кл²/(Н · м²), $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. **Найти** N .

Решение.

В каждом теле, имеющем заряд Q , содержится $N = Q/e$ электронов. Из-за закона Кулона:

$$F = \frac{Q^2}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 r^2}$$

находим:

$$Q = \sqrt{4\pi\varepsilon_0 r^2 F}; \quad N = \frac{\sqrt{4\pi\varepsilon_0 r^2 F}}{e};$$

$$N = \frac{\sqrt{\frac{4\pi}{36\pi \cdot 10^9} \text{ Кл}/(\text{Н} \cdot \text{м}^2) \cdot 64 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 0,9 \text{ Н}}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 5 \cdot 10^{12}.$$

Ответ: $N = 5 \cdot 10^{12}$.

1.2. Два заряда по $4 \cdot 10^{-8}$ Кл, разделенные слюдой толщиной 1 см, взаимодействуют с силой $1,8 \cdot 10^{-2}$ Н. Определить диэлектрическую проницаемость слюды.

Дано: $Q_1 = Q_2 = Q = 4 \cdot 10^{-8}$ Кл, $r = 10^{-2}$ м, $F = 1,8 \cdot 10^{-2}$ Н.

Найти ε .

Решение.

Запишем формулу Кулона в таком виде:

$$F = \frac{9 \cdot 10^9 Q_1 Q_2}{\varepsilon r^2}.$$

Так как $Q_1 = Q_2 = Q$, то

$$\varepsilon = \frac{9 \cdot 10^9 Q^2}{F r^2}, \varepsilon = \frac{9 \cdot 10^9 (\hat{I} \cdot \hat{I}^2) / \hat{E} \hat{e}^2 \cdot 16 \cdot 10^{-16} \hat{E} \hat{e}^2}{1,8 \cdot 10^{-2} \hat{I} \cdot 10^{-4} \hat{I}^2} = 8.$$

Ответ: $\varepsilon = 8$.

1.3. Два электрических заряда притягиваются друг к другу в керосине с силой 7,8 Н. С какой силой они будут притягиваться, если их поместить в глицерин на расстояние, в два раза меньше, чем в керосине? Диэлектрическая проницаемость керосина равна 2, глицерина 39.

Дано: $F_k = 7,8$ Н, $r_k = 2 r_r$, $\varepsilon_k = 2$, $\varepsilon_r = 39$. **Найти** F_r .

Решение.

По закону Кулона сила, с которой притягиваются два заряда в керосине

$$\frac{9 \cdot 10^9 Q_1 Q_2}{\varepsilon_k r_k^2};$$

в глицерине:

$$F_r = \frac{9 \cdot 10^9 Q_1 Q_2}{\varepsilon_r r_r^2}.$$

Согласно условию задачи:

$$\frac{F_k}{F_r} = \frac{\varepsilon_r r_r^2}{\varepsilon_k r_k^2} = \frac{\varepsilon_r r_r^2}{\varepsilon_k 4 r_k^2} = \frac{\varepsilon_r}{4 \varepsilon_k}.$$

Отсюда находим:

$$F_r = \frac{F_k \cdot 4\epsilon_k}{\epsilon_r}, F_r = \frac{7,8 \text{ Н} \cdot 8}{39} = 1,6 \text{ Н}.$$

Ответ: $F_r = 1,6 \text{ Н}$.

2. Напряженность и потенциал электрического поля

2.1. Металлическому шару радиусом 30 см сообщен заряд 6 нКл. Определить напряженность электрического поля на поверхность шара.

Дано: $r = 3 \cdot 10^{-1} \text{ м}$, $Q = 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, $\epsilon = 1$. **Найти** E .

Решение.

Напряженность поля заряженной сферической поверхности:

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} = \frac{9 \cdot 10^9 Q}{\epsilon r^2}; E = \frac{9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot 6 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{\text{Кл}^2 \cdot 9 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2} = 600 \text{ Н/Кл}.$$

Ответ: $E = 600 \text{ Н/Кл}$.

2.2. Между двумя разноименно заряженными металлическими шарами помещен свободно перемещающийся пробный продолжительный заряд Q , как показано на рис. 1.



Рис. 1

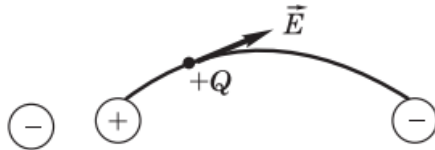


Рис. 2

Изобразить схематически линию напряженности электрического поля, проходящую через точку, в которой находится пробный заряд, и объяснить, почему она имеет такую конфигурацию.

Решение.

Линия напряженности электрического поля показана на рис. 2. Она представляет собой кривую, касательная в каждой точке которой совпадает с направлением вектора напряженности, а его направление зависит от направления векторов напряженности суммарного электрического поля данных зарядов.

Ответ: рис. 2.

2.3. В некоторой точке поля на заряд 10^{-7} Кл действует сила $4 \cdot 10^{-3}$ Н. найти напряженность поля в этой точке и определить заряд, создающий поле, если точка удалена от него на 0,3 м.

Дано: $Q_1 = 10^{-7}$ Кл, $F_1 = 4 \cdot 10^{-3}$ Н, $r = 3 \cdot 10^{-1}$ м, $\epsilon = 1$. **Найти:** E_1 ; Q .

Решение.

Согласно определению напряженности электрического поля:

$$E_1 = \frac{F_1}{Q_1}; E_1 = \frac{4 \cdot 10^{-3} \text{ Н}}{10^{-7} \text{ Кл}} = 4 \cdot 10^4 \text{ Н/Кл.}$$

Напряженность поля, созданного точечным зарядом Q , равна:

$$E_1 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2},$$

откуда $Q = 4\pi\epsilon_0\epsilon r^2 E_1$. Вычисляя, находим:

$$Q = \frac{9 \cdot 10^{-2} \text{ в}^2 \cdot 4 \cdot 10^4 \frac{\text{В}}{\text{м}} \cdot \hat{e}\hat{e}^2}{9 \cdot 10^9 \text{ в}^2 \cdot \text{м}^2} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Кл.}$$

Ответ: $E_1 = 4 \cdot 10^4$ Н/Кл; $Q = 4 \cdot 10^{-7}$ Кл.

2.4. В однородном электрическом поле электрон движется с ускорением $a = 3,2 \cdot 10^{13} \text{ м/с}^2$. Определить напряженность поля. Масса электрона $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$.

Дано: $a = 3,2 \cdot 10^{13} \text{ м/с}^2$, $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$.

Найти E .

Решение.

На электрон действует кулоновская сила $F = eE$ и сообщает ускорение a . По второму закону Ньютона, $F = ma$, или $eE = ma$.

Отсюда находим напряженность электрического поля:

$$\frac{ma}{e}; E = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 3,2 \cdot 10^{13} \text{ м/с}^2}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 182 \text{ Н/Кл}.$$

Ответ: $E = 182 \text{ Н/Кл}$.

2.5. Два заряда $6 \cdot 10^{-7}$ и $-2 \cdot 10^{-7}$ Кл расположены в керосине на расстоянии 0,4 м друг от друга. Определить напряженность поля в точке O , расположенной на середине отрезка прямой, соединяющего центры зарядов.

Дано: $Q_1 = 6 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$, $Q_2 = -2 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$, $r = r_1 = r_2 = 2 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, $\varepsilon = 2$. **Найти E .**

Решение.

Согласно принципу суперпозиции электрических полей, имеем: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$.

Так как векторы \vec{E}_1 и \vec{E}_2 направлены по одной прямой и в одну сторону, то напряженность поля в точке O будет равна модулем напряженностей $|\vec{E}_1|$ и $|\vec{E}_2|$:

$$E = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2} + \frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2} = \frac{Q_1 + Q_2}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2} = \frac{9 \cdot 10^9(Q_1 + Q_2)}{\varepsilon r^2},$$

$$E = \frac{9 \cdot 10^9 \cdot 8 \cdot 10^{-7}}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-2}} \text{ Н/Кл} = 9 \cdot 10^4 \text{ Н/Кл.}$$

Ответ: $E = 9 \cdot 10^4 \text{ Н/Кл.}$

2.6. Какую скорость приобретет в электрическом поле электрон, находящийся в состоянии покоя, если ускоряющая разность потенциалов 1000 В? Масса электронов $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$.

Дано: $U = 10^3 \text{ В}$, $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. **Найти** u .

Решение.

Электрон, двигаясь в электрическом поле, приобретает кинетическую энергию $W_k = mv^2/2$. Работа сил электрического поля по перемещению заряда (электрона) равна $A = eU$. По закону сохранения энергии $A = W_k$, или $eU = mv^2/2$. Отсюда:

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}; v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^3 \text{ В}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 1,86 \cdot 10^7 \text{ м/с.}$$

Ответ: $v = 1,86 \cdot 10^7 \text{ м/с}$

2.7. Между горизонтально расположенными пластинами, заряженными до 10 В, удерживается в равновесии пылинка массой $2 \cdot 10^{-10} \text{ кг}$. Определить заряд пылинки, если расстояние между пластинами 5 см.

Дано: $U = 10^4 \text{ В}$, $m = 2 \cdot 10^{-10} \text{ кг}$, $d = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Найти Q .

Решение.

Пылинка удерживается в равновесии, когда ее сила тяжести mg будет равна удерживающей кулоновской силе F_k , т. е. $F_k = mg$. Сила

$$F_k = QE = \frac{QU}{d},$$

так как

$$\frac{QU}{d} = mg,$$

откуда

$$Q = \frac{mgd}{U},$$

$$Q = \frac{2 \cdot 10^{-10} \text{ кг} \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-15}}{10^4 \text{ В}} = 9,8 \cdot 10^{-15} \text{ Кл.}$$

Ответ: $Q = 9,8 \cdot 10^{-15}$ Кл.

2.8. Электрический потенциал на поверхности шара равен 120 В. Чему равны напряженность и потенциал внутри этого шара?

Дано: $\varphi_{ш} = 120 \text{ В}$. **Найти:** $E_{вн}$, $\varphi_{вн}$.

Решение.

Так как электрическое поле внутри заряженного проводника отсутствует, то напряженность поля внутри него равна нулю. Электрические заряды на поверхности шара находятся в статическом, равновесном состоянии, т. е. разность потенциалов в любых двух точках, взятых на поверхности шара или внутри него, равна нулю, т. е. потенциалы всех точек проводника равны между собой. Следовательно, потенциал внутри металлического шара равен 120 В.

Ответ: $E_{вн} = 0$; $\varphi_{вн} = 120 \text{ В}$.

2.9. Металлическому шару радиусом 0,1 м сообщен заряд -5 нКл. Определить напряженность и потенциал электрического поля в центре шара.

Дано: $r = 10^{-1} \text{ м}$, $Q = -5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$, $\varepsilon = 1$. **Найти:** E ; φ .

Решение.

Напряженность электрического поля в центре шара равна нулю, т. е. $E = 0$, так как все заряды располагаются на поверх-

ности шара.

Потенциал в центре шара равен потенциалу электрического поля на его поверхности, так как поверхность металлического шара эквипотенциальна. Поэтому запишем

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r} = \frac{9 \cdot 10^9 Q}{\varepsilon r};$$

$$\varphi = \frac{9 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2 \cdot (-5 \cdot 10^{-9}) \text{ Кл}}{\text{Кл}^2 \cdot 10^{-1} \text{ м}} = -450 \text{ В.}$$

Ответ: $E = 0$; $\varphi = -450 \text{ В}$.

3. Электрическая емкость. Конденсаторы

3.1. Обладает ли электрической емкостью незаряженный проводник?

Решение.

Электрическая емкость проводника зависит от его формы, размеров, площади внешней поверхности и от свойств окружающей среды, но не зависит ни от массы, ни от рода вещества, ни от заряда, т. е. незаряженный (нейтральный) проводник обладает электроемкостью.

Ответ: Да.

3.2. Плоскому конденсатору электроемкостью 500 пФ сообщен заряд $2 \cdot 10^{-6}$ Кл. Определить энергию электрического поля конденсатора.

Дано: $C = 5 \cdot 10^{-10}$ Ф, $Q = 2 \cdot 10^{-6}$ Кл. **Найти** W .

Решение.

Энергия электрического поля заряженного конденсатора

$$W = \frac{QU}{2}.$$

Согласно определению, емкость

$$C = \frac{Q}{U},$$

откуда

$$U = \frac{Q}{C}.$$

Находим:

$$W = \frac{Q^2}{2C}; W = \frac{4 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-10} \text{ Ф}} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}.$$

Ответ: $W = 4 \cdot 10^{-3}$ Дж.

3.3. При сообщении конденсатору заряда $5 \cdot 10^{-6}$ Кл его энергия оказалась равной 0,01 Дж. Определить напряжение на обкладках конденсатора.

Дано: $Q = 5 \cdot 10^{-6}$ Кл, $W = 0,01$ Дж. **Найти** U .

Решение.

Энергия электрического поля заряженного конденсатора

$$W = \frac{QU}{2},$$

отсюда напряжение на обкладках конденсатора

$$U = \frac{2W}{Q}; U = \frac{2 \cdot 10^{-2} \text{ Дж}}{5 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}} = 4 \cdot 10^3 \text{ В} = 4 \text{ кВ}.$$

Ответ: $U = 4$ кВ.

3.4. Напряженность электрического поля конденсатора электроемкостью $0,8 \text{ мкФ}$ равна 1000 В/м . Определить энергию электрического поля конденсатора, если расстояние между его обкладками равно 1 мм .

Дано: $C = 0,8 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}$, $E = 10^3 \text{ В/м}$, $d = 10^{-3} \text{ м}$. **Найти** W .

Решение.

Так как энергия электрического поля конденсатора

$$W = \frac{Cd^2E^2}{2}; W = \frac{0,8 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 \cdot 10^6 \text{ В}^2}{2 \text{ м}^2} = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Дж.}$$

а потенциал и напряженность связаны соотношением $U = Ed$, получим

Ответ: $W = 4 \cdot 10^{-7} \text{ Дж}$.

3.5. Определить электроемкость конденсаторов, изображенной на рис. 3, если электроемкости конденсаторов одинаковы и равны 600 мкФ каждая.

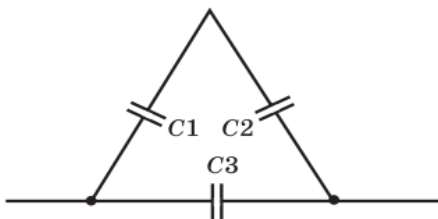


Рис. 3

Дано: $C_1 = C_2 = C_3 = C = 600 \text{ мкФ}$. **Найти** C_6 .

Решение.

Конденсаторы C_1 и C_2 соединены последовательно, поэтому

$$C_{1-2} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}.$$

Конденсаторы C_{1-2} и C_3 соединены параллельно, поэтому

$$C_6 = C_{1-2} + C_3 = \frac{C^2}{2C} + C = 1,5 C;$$

$$C_6 = 600 \text{ мкФ} \cdot 1,5 = 900 \text{ мкФ}.$$

Ответ: $C_6 = 900 \text{ мкФ}$.

4. Постоянный электрический ток. Закон Ома для участка цепи

4.1. Определить скорость дрейфа электронов проводимости в медном проводнике, по которому проходит ток 5 А, если площадь его поперечного сечения 20 мм², концентрация электронов проводимости $n_0 = 9 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$. За какое время электрон переместится по проводнику на 1 см? Электрический ток постоянный.

Дано: $I = 5 \text{ А}$, $S = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$, $n_0 = 9 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$, $l = 10^{-2} \text{ м}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. **Найти:** v ; t .

Решение.

Скорость дрейфа электронов проводимости определим из формулы $I = en_0Sv$:

$$v = \frac{I}{en_0S};$$

$$v = \frac{5 \text{ А}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2} = 1,74 \cdot 10^{-5} \text{ мм/с}.$$

Принимая среднюю скорость дрейфа электронов проводимости постоянной в постоянном токе, получим

$$t = \frac{l}{v}; t = \frac{10^{-2}}{1,74 \cdot 10^{-5} \text{ м/с}} = 575 \text{ с} = 9 \text{ мин } 35 \text{ с}.$$

Ответ: $v = 0,0174 \text{ мм/с}$; $t = 9 \text{ мин } 35 \text{ с}$.

4.2. Определить концентрацию электронов проводимости (число электронов в 1 м^3) в цинке, если плотность цинка $\rho = 7,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ и его молярная масса $M = 65,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$. Число электронов проводимости равно числу атомов в металле.

Дано: $V = 1 \text{ м}^3$, $\rho = 7,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, $M = 65,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$. **Найти** n .

Решение.

Число атомов в металле

$$n = \frac{m}{M} N_A,$$

но $m = \rho V$, поэтому

$$n = \frac{\rho V N_A}{M};$$

$$n = \frac{7,1 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 1 \text{ м}^3 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}}{65,4 \cdot 10^{-3} \text{ моль}^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{моль}} = 6,5 \cdot 10^{28}.$$

Ответ: $n = 6,5 \cdot 10^{28}$.

4.3. Является ли источник тока источником электрических зарядов в цепи? Объяснить.

Решение.

В источнике тока под действием сторонних сил происходит непрерывное разделение электрических зарядов, в результате чего на его полюсах поддерживается разность потенциалов. Таким образом, источник тока не создает заряды: заряды невозможно ни создать, ни уничтожить. Заряды могут только перемещаться. Источник тока можно сравнить с насосом, который, подавая жидкость по трубам на некоторую высоту, создает разность потенциальных уровней. Как насос не создает жидкость, так и источник тока не создает электрических зарядов.

Ответ: Нет.

4.4. Через лампочку накаливания течет ток 0,8 А. Сколько электронов проводимости (свободных электронов) проходит через поперечное сечение волоска лампы в 1 с?

Дано: $I = 0,8 \text{ А}$, $t = 1 \text{ с}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. **Найти** N .

Решение.

Сила тока, по определению,

$$I = \frac{Q}{t},$$

откуда $Q = It$. Тогда

$$N = \frac{Q}{e} = \frac{It}{e};$$

$$N = \frac{0,8 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 5 \cdot 10^{18}.$$

Ответ: $N = 5 \cdot 10^{18}$.

4.5. Определить разность потенциалов на концах резистора сопротивлением 50 Ом, по которому идет ток 2 А. Построить вольт-амперную характеристику этого резистора.

Дано: $R = 50 \text{ Ом}$, $I = 2 \text{ А}$. **Найти:** $\varphi_1 - \varphi_2$.

Решение.

Согласно закону Ома

$$\varphi_1 - \varphi_2 = IR;$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = 2 \text{ А} \cdot 50 \text{ Ом} = 100 \text{ В}.$$

На рис. 4 дана вольт-амперная характеристика проводника.

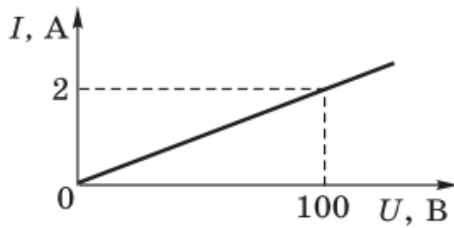


Рис. 4

Ответ: $\varphi_1 - \varphi_2 = 100 \text{ В}$.

5. Закон Ома для полной цепи

5.1. ЭДС источника электрической энергии равна 100 В. При внешнем сопротивлении 49 Ом сила тока в цепи 2 А. Найти падение напряжения внутри источника и его внутреннее сопротивление.

Дано: $\xi = 100 \text{ В}$, $R = 49 \text{ Ом}$, $I = 2 \text{ А}$. **Найти:** $U_{\text{внутр}}$; r .

Решение.

Закон Ома для полной цепи

$$I = \frac{\xi}{R + r},$$

откуда получим $\xi = IR + Ir$, или

$$U_{\text{внутр}} = \xi - IR;$$

$$U_{\text{внутр}} = 100 \text{ В} - 2 \text{ А} \cdot 49 \text{ Ом} = 2 \text{ В};$$

$$r = \frac{U_{\text{внутр}}}{I}; \quad r = \frac{2 \text{ В}}{2 \text{ А}} = 1 \text{ Ом}.$$

Ответ: $U_{\text{внутр}} = 2 \text{ В}$; $r = 1 \text{ Ом}$.

5.2. Какую работу должна совершить сторонняя сила при разделении зарядов + 10 и -10 Кл, чтобы ЭДС источника тока была 3,3 В?

Дано: $Q_1 = 10$ Кл, $Q_2 = -10$ Кл, $\xi = 3,3$ В. **Найти** A .

Решение.

При разделении зарядов Q_1 и Q_2 сторонняя сила совершила работу по перемещению заряда $|Q_1| = |Q_2| = 10$ Кл, потому что электроны, общий заряд которых -10 Кл, были переброшены от положительного полюса источника тока на отрицательный. Эта работа

$$A = Q\xi, A = 10 \text{ Кл} \cdot 3,3 \text{ В} = 33 \text{ Дж.}$$

Ответ: $A = 33$ Дж.

5.3. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока, если при внешнем сопротивлении 3,9 Ом сила тока в цепи равна 0,5 А, а при внешнем сопротивлении 1,9 Ом - 1 А.

Дано: $R_1 = 3,9$ Ом, $I_1 = 0,5$ А, $R_2 = 1,9$ Ом, $I_2 = 1$ А. **Найти:** ξ ; r ;

Решение.

Используя закон Ома для полной цепи, составим систему уравнений:

$$\begin{cases} \xi = I_1(R_1 + r), \\ \xi = I_2(R_2 + r). \end{cases}$$

Решив систему уравнений, получим

$$\xi = \frac{I_1 I_2 (R_1 - R_2)}{I_2 - I_1}; r = \frac{I_1 R_1 - I_2 R_2}{I_2 - I_1};$$

$$\xi = \frac{0,5 \text{ А} \cdot 1 \text{ А} \cdot 2 \text{ Ом}}{0,5 \text{ А}} = 2 \text{ В};$$

$$r = \frac{0,5 \text{ А} \cdot 3,9 \text{ Ом} - 1 \text{ А} \cdot 1,9 \text{ Ом}}{0,5 \text{ А}} = 0,1 \text{ Ом.}$$

Ответ: $\xi = 2$ В; $r = 0,1$ Ом.

5.4. Определить силу тока при коротком замыкании батареи с ЭДС 12 В, если при замыкании ее на внешний резистор сопротивлением 4 Ом сила тока в цепи равна 2 А. Почему при коротком замыкании падение напряжения на внешнем участке цепи близко к нулю, хотя в этом случае в цепи существует наибольший ток?

Дано: $\xi = 12$ В, $R = 4$ Ом, $I = 2$ А. **Найти** $I_{к.з.}$

Решение.

Используя закон Ома для полной цепи и учитывая, что при коротком замыкании $R = 0$, находим

$$I_{к.з.} = \frac{\xi}{r}; r = \frac{\xi - IR}{I};$$

$$I_{к.з.} = \frac{\xi I}{\xi - IR}; I_{к.з.} = \frac{12 \text{ В} \cdot 2 \text{ А}}{12 \text{ В} - 2 \text{ А} \cdot 4 \text{ Ом}} = 6 \text{ А}.$$

Ответ: $I_{к.з.} = 6$ А. При коротком замыкании $R \rightarrow 0$, поэтому и $U \rightarrow 0$, так как $U = IR$, и работа сил электрического поля по перемещению зарядов практически равна нулю.

5.5. Разность потенциалов на клеммах разомкнутого источника тока 24 В. При включении внешней цепи разность потенциалов на клеммах источника тока стала равной 22 В, а сила тока 4 А. Определить внутреннее сопротивление источника тока, сопротивление внешнего участка цепи и полное сопротивление цепи.

Дано: $\xi = 24$ В, $U = 22$ В, $I = 4$ А. **Найти:** R ; r ; $R_{полн.}$

Решение.

Используя закон Ома для участка цепи и для полной цепи, находим

$$R = \frac{U}{I}; R = \frac{22 \text{ В}}{4 \text{ А}} = 5,5 \text{ Ом},$$

$$r = \frac{\xi - U}{I}; r = \frac{24 \text{ В} - 22 \text{ В}}{4 \text{ А}} = 0,5 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{полн}} = R + r; R_{\text{полн}} = 6 \text{ Ом}$$

Ответ: $R = 5,5 \text{ Ом}; r = 0,5 \text{ Ом}; R_{\text{полн}} = 6 \text{ Ом}.$

6. Сопротивление проводника

6.1. Сопротивление вольфрамовой нити лампы накаливания при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ равно 20 Ом , а при $3000 \text{ }^\circ\text{C}$ равно 250 Ом . Определить температурный коэффициент сопротивления вольфрама.

Дано: $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $t_2 = 3000 \text{ }^\circ\text{C}$, $R_2 = 250 \text{ Ом}$.

Найти a .

Решение.

Сопротивления проводников при разных температурах определяем по формулам:

$$R_1 = R_0(1 + at_1); R_2 = R_0(1 + at_2).$$

Согласно условию задачи находим

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1 + at_1}{1 + at_2}; a = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2 - R_2 t_1};$$

$$a = \frac{250 - 20}{20 \cdot 3000 - 250 \cdot 20} \text{ К}^{-1} = 0,0042 \text{ К}^{-1}.$$

Ответ: $a = 0,0042 \text{ К}^{-1}.$

6.2. Сопротивление волоска лампы накаливания 50 Ом , сопротивление подводящих проводов $0,4 \text{ Ом}$. Определить падение напряжения на лампе накаливания и напряжение в подво-

дящих проводах, если по ним проходит ток 2 А.

Дано: $R_1 = 50 \text{ Ом}$, $R_2 = 0,4 \text{ Ом}$, $I = 2 \text{ А}$. **Найти:** U_{nao} ; U_{np} .

Решение.

Напряжение (падение напряжения) равно произведению силы тока на сопротивление проводника:

$$U_{nao} = IR_1 = 2 \text{ А} \cdot 50 \text{ Ом} = 100 \text{ В};$$

$$U_{np} = IR_2 = 2 \text{ А} \cdot 0,4 \text{ Ом} = 0,8 \text{ В}.$$

Ответ: $U_{nao} = 100 \text{ В}$; $U_{np} = 0,8 \text{ В}$.

6.3. Допустимый ток для изолированного медного провода площадью поперечного сечения 1 мм² при продолжительной работе электродвигателя равен 11 А. Сколько метров такой проволоки можно включить в сеть с напряжением 110 В без дополнительного сопротивления?

Дано: $S = 10^{-6} \text{ м}^2$, $I = 11 \text{ А}$, $U = 110 \text{ В}$, $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

Найти l .

Решение.

Из закона Ома для участка цепи находим сопротивление проводника

$$R = \frac{U}{I} \text{ и } R = \frac{\rho l}{S},$$

откуда

$$\frac{U}{I} = \frac{\rho l}{S} \text{ и } l = \frac{US}{\rho I}; l = \frac{110 \text{ В} \cdot 10^{-6} \text{ м}^2}{1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м} \cdot 11 \text{ А}} = 588,2 \text{ м}.$$

Ответ: $l = 588,2 \text{ м}$.

6.4. На рис. 5 дана схема соединения шести одинаковых резисторов сопротивлением по 60 Ом. Определить силу тока в каждом резисторе, если напряжение между точками А и В равно 220 В.

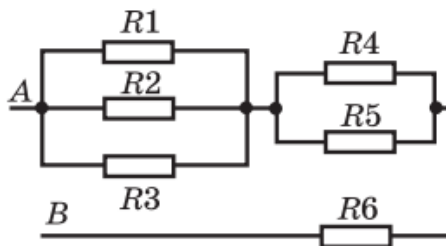


Рис. 5

Дано: $R_1 = R_2 = \dots = R_6 = R = 60 \text{ Ом}$, $U_{AB} = 220 \text{ В}$. **Найти:** $I_1 = I_2 = I_3$; $I_4 = I_5$; I_6 .

Решение.

При параллельном соединении n одинаковых резисторов общее сопротивление $R_{06} = R/n$. Следовательно,

$$R_{1-3} = R/3 = 20 \text{ Ом};$$

$$R_{4-5} = R/2 = 30 \text{ Ом}.$$

Общее сопротивление цепи

$$R_{AB} = R_{1-6} = R_{1-3} + R_{4-5} + R_6;$$

$$R_{AB} = 20 \text{ Ом} + 30 \text{ Ом} + 60 \text{ Ом} = 110 \text{ Ом}.$$

При последовательном соединении резисторов R_{1-3} , R_{4-5} и R_6 имеем

$$U_{1-3} [U_{4-5} [U_6 = R_{1-3} : R_{4-5} : R_6 = 2 [3 [6.$$

Так как $U_{1-3} + U_{3-4} + U_6 = 220 \text{ В}$, то

$$U_{1-3} = 220 \text{ В} \cdot (2/11) = 40 \text{ В}; U_{3-4} = 220 \text{ В} \cdot (3/11) = 60 \text{ В};$$

$$U_6 = 220 \text{ В} \cdot (6/11) = 120 \text{ В}.$$

Силу тока в каждом резисторе определим по закону Ома для цепи без ЭДС:

$$I_1 = I_2 = I_3 = \frac{U_{1-3}}{3R_{1-3}} = \frac{40 \text{ В}}{3 \cdot 20 \text{ Ом}} = 0,67 \text{ А};$$

$$I_4 = I_5 = \frac{U_{4-5}}{2R_{4-5}} = \frac{60 \text{ В}}{2 \cdot 30 \text{ Ом}} = 1 \text{ А};$$

$$I_6 = \frac{U_6}{3} = \frac{120 \text{ В}}{60 \text{ Ом}} = 2 \text{ А};$$

Ответ: $I_1 = I_2 = I_3 = 0,67 \text{ А}; I_4 = I_5 = 1 \text{ А}; I_6 = 2 \text{ А}.$

6.5. Найти защитное сопротивление проводника, который надо включить последовательно с лампой, рассчитанной на напряжение 110 В и силу тока 2 А, в сеть с напряжением 220 В.

Дано: $U = 110 \text{ В}, I_0 = 2 \text{ А}, U_0 = 220 \text{ В}.$ **Найти** $R_{\text{защ}}.$

Решение.

Напряжение на защитном сопротивлении $U_{\text{защ}} = U_0 - U.$ При силе тока I_0 имеем

$$R_{\text{защ}} = \frac{220 \text{ В} - 110 \text{ В}}{2 \text{ А}} = 55 \text{ Ом}.$$

Ответ: $R_{\text{защ}} = 55 \text{ Ом}.$

7. Соединение источников тока

7.1. Как надо соединить два элемента в батарею — последовательно или параллельно, — чтобы во внешней цепи сопротивлением 8 Ом получить наибольшую силу тока? ЭДС элемента 24 В, его внутреннее сопротивление 2 Ом.

Дано: $R = 8 \text{ Ом}, \zeta = 24 \text{ В}, r = 2 \text{ Ом}.$ **Найти** $I_1 [I_2].$

Решение.

Чтобы ответить на вопрос задачи, надо сравнить силы токов при разных соединениях.

При последовательном соединении двух одинаковых элементов в батарею

$$I_1 = \frac{2\xi}{R + 2r},$$

при параллельном соединении

$$I_2 = \frac{\xi}{R + \frac{r}{2}}.$$

Сравним I_1 и I_2 :

$$I_1 / I_2 = (2R + r) / (R + 2r);$$

$$I_1 / I_2 = (2 \cdot 8 + 2) / (8 + 2 \cdot 2) = 18 / 12 = 1,5.$$

При последовательном соединении элементов в батарею сила тока будет в 1,5 раза больше, чем при параллельном соединении.

Ответ: $I_1 / I_2 = 1,5$.

7.2. Четыре аккумулятора с ЭДС 20 В и внутренним сопротивлением 0,2 Ом каждый соединены параллельно одноименными полюсами. Каково должно быть сопротивление внешней цепи, чтобы сила тока в ней не превышала 2 А?

Дано: $\xi = 20$ В, $r = 1,2$ Ом, $m = 4$, $I = 2$ А. **Найти** R .

Решение.

Так как аккумуляторы соединены параллельно, то согласно закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\xi}{R + r/m}; R = \frac{\xi}{I} - \frac{r}{m};$$

$$R = \frac{20 \text{ В}}{2 \text{ А}} - \frac{1,2 \text{ Ом}}{4 \text{ А}} = 10 \text{ Ом} - 0,3 \text{ Ом} = 9,7 \text{ Ом}.$$

Ответ: Чтобы сила тока не превышала 2 А, необходимо соблюдать условие $R \geq 9,7 \text{ Ом}$.

7.3. Три источника тока с ЭДС 1,1 В и внутренним сопротивлением 0,9 Ом каждый соединены последовательно разноименными полюсами и замкнуты на внешнюю цепь сопротивлением 3,9 Ом. Определить силу тока в цепи.

Дано: $\xi = 1,1 \text{ В}$, $r = 0,9 \text{ Ом}$, $R = 3,9 \text{ Ом}$, $n = 3$. **Найти** I .

Решение.

При последовательном соединении n одинаковых источников тока сила тока батареи равна

$$I = \frac{n\xi}{R + nr};$$

$$I = \frac{3 \cdot 1,1 \text{ В}}{3,9 \text{ Ом} + 0,9 \text{ Ом} \cdot 3} = 0,5 \text{ А}.$$

Ответ: $I = 0,5 \text{ А}$.

7.4. Два аккумулятора с ЭДС $\xi_1 = 60 \text{ В}$ и $\xi_2 = 40 \text{ В}$ и внутренними сопротивлениями $r_1 = 4 \text{ Ом}$ и $r_2 = 1 \text{ Ом}$ соединены в батарею, как показано на рис. 6. Определить силу тока короткого замыкания батареи.



Рис. 6

Дано: $\xi_1 = 60 \text{ В}$, $\xi_2 = 40 \text{ В}$, $r_1 = 4 \text{ Ом}$, $r_2 = 1 \text{ Ом}$. **Найти** $I_{\text{к.з.}}$.

Решение.

Согласно определению $I_{\text{к.з.}} = \xi_{\bar{\sigma}}/r_{\bar{\sigma}}$. Так как ЭДС аккумуляторов имеют противоположные направления, то (см. рис. 13) $\xi_{\bar{\sigma}} = \xi_1 - \xi_2$; $r_{\bar{\sigma}} = r_1 + r_2$. Тогда

$$I_{\text{к.з.}} = \frac{\xi_1 - \xi_2}{r_1 + r_2}, I_{\text{к.з.}} = \frac{20 \text{ В}}{5 \text{ В}} = 4 \text{ А}.$$

Ответ: $I_{\text{к.з.}} = 4 \text{ А}$.

7.5. Два гальванических элемента с ЭДС $\xi_1 = \xi_2 = \xi = 10 \text{ В}$ и внутренними сопротивлениями $r_1 = 0,6 \text{ Ом}$ и $r_2 = 0,3 \text{ Ом}$ соединены параллельно, как показано на рис. 7. Определить силу тока, проходящего через резистор сопротивлением $4,8 \text{ Ом}$, и напряжение на зажимах батареи.

Дано: $\xi_1 = \xi_2 = \xi = 10 \text{ В}$, $r_1 = 0,6 \text{ Ом}$, $r_2 = 0,3 \text{ Ом}$, $R = 4,8 \text{ Ом}$.

Найти: I ; U .

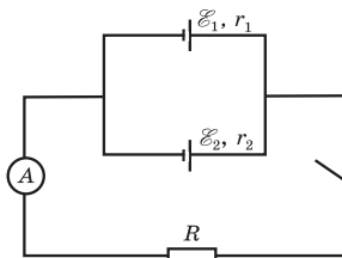


Рис. 7

Решение.

Так как гальванические элементы имеют одинаковые ЭДС и соединены параллельно одноименными полюсами, то $\xi_{\bar{\sigma}} = \xi = 10 \text{ В}$;

$$r_{\bar{\sigma}} = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}.$$

По закону Ома для полной цепи сила тока

$$I = \frac{\xi_6}{R + r_6} = \frac{\xi}{R + \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}}; I = \frac{10 \text{ В}}{4,8 \text{ Ом} + \frac{0,6 \text{ Ом} \cdot 0,3 \text{ Ом}}{0,6 \text{ Ом} + 0,3 \text{ Ом}}} = 2 \text{ А.}$$

Напряжение на зажимах батареи

$$U = IR, U = 2 \text{ А} \cdot 4,8 \text{ Ом} = 9,6 \text{ В.}$$

Ответ: $I = 2 \text{ А}; U = 9,6 \text{ В.}$

8. Закон Кирхгофа для разветвленной цепи

8.1. На рис. 8 дана схема сложной электрической цепи постоянного тока. Определить силу тока в каждой ветви цепи и его направление, а также падение напряжения на резисторе R , если ЭДС и внутренние сопротивления источников тока соответственно равны $\xi_1 = 20 \text{ В}$, $\xi_2 = 42 \text{ В}$, $r_1 = 2 \text{ Ом}$, $r_2 = 4 \text{ Ом}$, сопротивление резистора $R = 26 \text{ Ом}$.

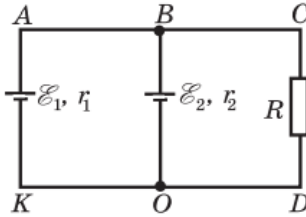


Рис. 8

Дано: $\xi_1 = 20 \text{ В}$, $\xi_2 = 42 \text{ В}$, $r_1 = 2 \text{ Ом}$, $r_2 = 4 \text{ Ом}$, $R = 26 \text{ Ом}$.

Найти: $I_1; I_2; I_4; U_3$.

Решение.

Выберем условно направления токов в цепи: I_1 — от K к A , I_2 — от B к O и I_3 — от D к C .

Запишем уравнение токов по правилу узлов:

$$I_2 - I_1 - I_3 = 0 \text{ (узел } O).$$

Составим уравнения падений напряжений в замкнутых контурах:

контур *АВОКА*

$$I_2 r_2 - \zeta_2 + \zeta_1 + I_1 r_2 = 0,$$

$$4I_2 - 42 + 20 + 2I_2 = 0,$$

$$I_1 + 2I_2 = 11;$$

контур *BCDOB*

$$-I_2 r_2 + \zeta_1 + I_3 R = 0,$$

$$-4I_2 - 42 - 26I_3 = 0,$$

$$2I_2 + 13I_3 = 21;$$

Составим систему уравнений и решим ее:

$$\begin{cases} I_1 + I_3 = I_2, \\ I_1 + 2I_2 = 11, \\ 2I_2 + 13I_3 = 21. \end{cases}$$

Силы токов и их направления: $I_1 = 3$ А (от *K* к *A*), $I_2 = 4$ А (от *B* к *O*), $I_3 = 1$ А (от *D* к *C*), падение напряжения на резисторе *R* равно

$$U_3 = I_3 R = 1 \text{ А} \cdot 26 \text{ Ом} = 26 \text{ В}.$$

Ответ: $I_1 = 3$ А; $I_2 = 4$ А; $I_3 = 1$ А; $U_3 = 26$ В.

8.2. На рис. 9 дана схема сложной электрической цепи постоянного тока. Определить значения и направления токов, проходящих через резисторы, сопротивления которых $R_1 = R_2 = 2$ Ом, $R_3 = 6$ Ом, $R_4 = 4$ Ом и ЭДС источников тока $\zeta_1 = 30$ В, $\zeta_2 = 4$ В, $\zeta_3 = 8$ В и $\zeta_4 = 6$ В.

Внутреннее сопротивление источников тока не учитывать.

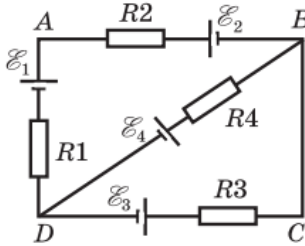


Рис. 9

Дано: $R_1 = R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 6 \text{ Ом}$, $R_4 = 4 \text{ Ом}$, $\xi_1 = 30 \text{ В}$, $\xi_2 = 4 \text{ В}$, $\xi_3 = 8 \text{ В}$, $\xi_4 = 6 \text{ В}$. **Найти:** I_1 ; I_3 ; I_4 ;

Решение.

Электрическая цепь состоит из двух узлов (B и D) и трех ветвей (BAD , BD и DCD). В каждой ветви ток может идти только в одном направлении.

Выберем условно направления токов в каждой ветви: I_1 — от B к A и D , I_3 — от D к C и B , I_4 — от D к B через R_4 .

Запишем уравнение токов по правилу узлов:

$$I_3 + I_4 = I_1.$$

Составим уравнения падений напряжений в замкнутых контурах:

контур $ABDA$

$$\begin{aligned} - I_1 R_2 - \xi_2 - I_4 R_4 - \xi_4 - I_1 R_1 + \xi_1 &= 0, \\ - I_1 (R_1 + R_2) - \xi_2 - I_4 R_4 - \xi_4 + \xi_1 &= 0, \\ - 4I_1 - 4 - 4I_4 - 6 + 30 &= 0, \\ I_1 + I_4 &= 5; \end{aligned}$$

контур $BCDB$

$$\begin{aligned} - I_3 R_3 - \xi_3 + \xi_4 + I_4 R_4 &= 0, \\ - 6I_3 - 8 + 6 + 4I_4 &= 0, \\ - 3I_3 + 2I_4 &= 1. \end{aligned}$$

Составим систему уравнений и решим ее:

$$\begin{cases} I_3 + I_4 = I_1, \\ I_1 + I_4 = 5, \\ -3I_3 + 2I_4 = 1; \end{cases} \begin{cases} I_1 = 3 \text{ A}, \\ I_3 = 1 \text{ A}, \\ I_4 = 2 \text{ A}. \end{cases}$$

Направления токов совпадают с условно выбранными направлениями, так как полученные силы токов положительные.

Ответ: $I_1 = 3 \text{ A}$; $I_3 = 1 \text{ A}$; $I_4 = 2 \text{ A}$.

9. Работа и мощность постоянного электрического тока

9.1. Какую работу совершает электрическое поле по перемещению $5 \cdot 10^{18}$ электронов на участке цепи с разностью потенциалов 20 В?

Дано: $N = 5 \cdot 10^{18}$, $U = 20 \text{ В}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. **Найти** A .

Решение.

Работа электрического поля по перемещению зарядов $A = QU$, где $Q = eN$.

Отсюда

$$A = eNU;$$

$$A = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 5 \cdot 10^{18} \cdot 20 \text{ В} = 16 \text{ Дж}.$$

Ответ: $A = 16 \text{ Дж}$.

9.2. Источник тока с ЭДС 120 В и внутренним сопротивлением 2 Ом замкнут на внешнее сопротивление 58 Ом. Определить полную и полезную мощности источника тока.

Дано: $\xi = 120 \text{ В}$, $r = 2 \text{ Ом}$, $R = 58 \text{ Ом}$. **Найти:** $P_{\text{полн}}$; $P_{\text{ползн}}$.

Решение.

Полная мощность источника тока $P_{\text{полн}} = I\xi$, полезная мощность $P_{\text{ползн}} = I^2R$. По закону Ома для полной цепи

$$I = \frac{\xi}{R + r}.$$

Тогда

$$P_{\text{полн}} = \frac{\xi^2}{R + r}; P_{\text{полн}} = \frac{120 \cdot 120 \text{ В}^2}{60 \text{ Ом}} = 240 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{полезн}} = \frac{\xi^2 R}{(R + r)^2}; P_{\text{полезн}} = \frac{120 \cdot 120 \text{ В}^2 \cdot 58 \text{ Ом}}{60 \cdot 60 \text{ Ом}} = 223 \text{ Вт};$$

Ответ: $P_{\text{полн}} = 240 \text{ Вт}; P_{\text{полезн}} = 223 \text{ Вт}.$

9.3. Две электрические лампы сопротивлениями 200 и 300 Ом параллельно включены в сеть. Какая из ламп потребляет большую мощность и во сколько раз?

Дано: $R_1 = 200 \text{ Ом}, R_2 = 300 \text{ Ом}.$ **Найти** $P_1[P_2.$

Решение.

При параллельном соединении потребителей электрической энергии напряжения на каждой из ветвей и между узлами разветвления одинаковы; следовательно,

$$P_1 = \frac{U^2}{R_1}; P_2 = \frac{U^2}{R_2};$$

$$P_1[P_2 = R_2[R_1; P_1[P_2 = 3[2 = 1,5; P_1 = 1,5 P_2.$$

При параллельном включении лампа с меньшим сопротивлением потребляет большую мощность. В данном случае лампа сопротивлением 200 Ом потребляет мощность в 1,5 раза большую, чем лампа сопротивлением 300 Ом.

Ответ: $P_1 = 1,5 P_2.$

9.4. Телевизор, потребляемая мощность которого 150 Вт, работает от сети напряжением 220 В. Какой плавкий предохранитель следует установить в телевизоре, если в наличии имеются предохранители на 0,5, 1 и 2

Дано: $P = 150$ Вт, $U = 220$ В. **Найти** I .

Решение.

Мощность, потребляемая телевизором, определяется по формуле $P = IU$. Отсюда

$$\frac{P}{U}; I = \frac{150 \text{ Вт}}{220 \text{ В}} = 0,68 \text{ А.}$$

Ответ: $I = 0,68$ А. Необходимо поставить предохранитель на 1 А.

9.5. В жилом доме одновременно включены 50 ламп по 40 Вт, 80 ламп по 60 Вт и 10 ламп по 100 Вт. Определить силу тока во внешней цепи, если напряжение в сети 220 В.

Дано: $P_1 = 40$ Вт, $m = 50$, $P_2 = 60$ Вт, $n = 80$, $P_3 = 100$ Вт, $k = 10$, $U_{об} = 220$ В. **Найти** $I_{об}$.

Решение.

Сила тока в общей (неразветвленной) части цепи

$$I_{об} = \frac{P_{iа}}{U_{iа}}.$$

Потребляемая мощность цепи

$$P_{об} = mP_1 + nP_2 + kP_3.$$

Находим

$$I_{об} = \frac{mP_1 + nP_2 + kP_3}{U_{об}};$$

$$I_{об} = \frac{40 \text{ Вт} \cdot 50 + 60 \text{ Вт} \cdot 80 + 100 \text{ Вт} \cdot 10}{220 \text{ В}} = 35,5 \text{ А.}$$

Ответ: $I_{об} = 35,5 \text{ А.}$

10. Тепловое действие тока

10.1. Сколько времени будут нагреваться 2 л воды от 20 °С до кипения (100 °С) в электрическом чайнике мощностью 600 Вт, если его КПД составляет 80%? Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг · К).

Дано: $m = 2 \text{ кг}$, $\Delta T = 80 \text{ К}$, $P = 600 \text{ Вт}$, $\eta = 0,8$, $c = 4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$. **Найти** t .

Решение.

Количество теплоты, полученное водой при нагревании, $Q_1 = cm\Delta T$. Количество теплоты, выделенное током и израсходованное только на нагревание воды, $Q_2 = \eta Pt$. Составим уравнение теплового баланса и решим его относительно t :

$$cm\Delta T = \eta Pt,$$

откуда время, за которое нагревается вода от 20 °С до кипения,

$$t = \frac{cm\Delta T}{\eta P},$$

$$t = \frac{4200 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К}) \cdot 2 \text{ кг} \cdot 80 \text{ К}}{0,8 \cdot 600 \text{ Вт}} = 1400 \text{ с} = 23 \text{ мин } 20 \text{ с.}$$

Ответ: $t = 23 \text{ мин } 20 \text{ с.}$

10.2. Два резистора сопротивлениями $R_1 = 20 \text{ Ом}$ и $R_2 = 30 \text{ Ом}$ включены в сеть: а) последовательно; б) параллельно. В каком случае и во сколько раз выделится больше теплоты в этих резисторах за одно и то же время?

Дано: $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 30 \text{ Ом}$. **Найти:** $Q_{\text{пос}}$ [$Q_{\text{пар}}$.

Решение.

Так как резисторы включаются в одну и ту же электрическую сеть, то напряжения на их концах независимо от способа соединения одинаковы. Общее сопротивление резисторов:

при последовательном соединении $R_{\text{пос}} = R_1 + R_2$, при параллельном соединении

$$R_{\text{пар}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}.$$

За одно и то же время в случаях а) и б) выделится количество теплоты:

$$Q_{\text{пос}} = \frac{U^2 t}{R_1 + R_2};$$

$$Q_{\text{пар}} = \frac{U^2 (R_1 + R_2)}{R_1 R_2}.$$

Находим:

$$\frac{Q_{\text{пос}}}{Q_{\text{пар}}} = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)^2};$$

$$\frac{Q_{\text{пос}}}{Q_{\text{пар}}} = \frac{20 \cdot 30}{(20 + 30)^2} = \frac{6}{25}.$$

При параллельном соединении данных резисторов выделится количество теплоты в 4,2 раза больше, чем при последовательном.

Ответ: $Q_{\text{пос}}$ [$Q_{\text{пар}} = 4,2$.

10.3. Через поперечное сечение спирали нагревательного элемента паяльника каждую секунду проходит $0,5 \cdot 10^{19}$ электронов проводимости. Определить мощность тока, выделяемую в

паяльнике, если он подключен в сеть с напряжением 220 В.

Дано: $N = 0,5 \cdot 10^{19}$, $t = 1$ с, $U = 220$ В, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Найти P .

Решение.

Мощность тока $P = IU$, сила тока

$$I = \frac{Q}{t}.$$

Находим

$$P = \frac{QU}{t} = \frac{eNU}{t};$$

$$P = \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 0,5 \cdot 10^{19} \cdot 220 \text{ В}}{1 \text{ с}} = 176 \text{ Вт.}$$

Ответ: $P = 176$ Вт.

11. Электронная проводимость металлов

11.1. Работа выхода электронов у платины 5,29 эВ, у никеля 4,84 эВ. Как будут переходить электроны при контакте этих металлов? Построить график зависимости потенциальной энергии свободных электронов этих металлов от расстояния x при их контакте. Определить контактную разность потенциалов между металлами.

Дано: $A_{Pt} = 5,29$ эВ, $A_{Ni} = 4,84$ эВ, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. **Найти:** $\varphi_{Pt} - \varphi_{Ni}$.

Решение.

При контакте металлов свободные электроны одного металла переходят в другой металл и наоборот. Легче они переходят из металла, работа выхода которого меньше. Следовательно, свободные электроны преимущественно будут переходить из никеля в платину. Никель будет положительно заряжен, а пла-

тина — отрицательно. На рис. 10 дан график зависимости потенциальной энергии электронов при контакте платины и никеля от состояния x .

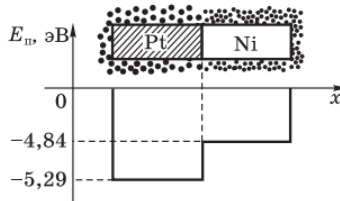


Рис. 10

Контактная разность потенциалов

$$\varphi_{Pt} - \varphi_{Ni} = \frac{A_{Pt} - A_{Ni}}{e};$$

$$\varphi_{Pt} - \varphi_{Ni} = \frac{(5,29 - 4,84) \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 0,45 \text{ В.}$$

Ответ: $\varphi_{Pt} - \varphi_{Ni} = 0,45 \text{ В.}$

11.2. Возникнет ли термоэлектродвижущая сила в кольце, состоящем из алюминиевого и медного полуколец, как показано на рис. 11, если: а) $T_1 = T_2$; б) $T_1 > T_2$ или $T_1 < T_2$?

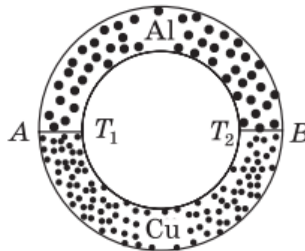


Рис. 11

Решение.

Обозначим поверхностные потенциалы алюминия и меди соответственно через φ_{Al} и φ_{Cu} , а термо-ЭДС — через ξ_m .

а) Если $T_1 = T_2$, то разность потенциалов в контакте A равна $U_A = \varphi_{Al} - \varphi_{Cu}$, а в контакте B равна $U_B = -(\varphi_{Al} - \varphi_{Cu})$;

$$\xi_m = \varphi_{Al} - \varphi_{Cu} - \varphi_{Al} + \varphi_{Cu} = 0.$$

Разности потенциалов в контактах A и B равны по модулю и противоположны по знаку, поэтому термо-ЭДС равна нулю.

б) Если $T_1 > T_2$ или $T_1 < T_2$, то $|U_A| \neq |U_B|$ и $\xi_m = U_A + U_B \neq 0$. Разности потенциалов в точках A и B будут различны по знаку и по модулю, вследствие чего возникает термоэлектродвижущая сила, равная алгебраической сумме скачков потенциалов в обоих контактах.

Ответ: а) нет; б) да.

11.3. Может ли эмитировать из урана электрон, летящий перпендикулярно его поверхности со скоростью 2000 км/с, если работа выхода электронов из урана 3,74 эВ?

Дано: $v = 2 \cdot 10^6$ м/с, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $A_{\text{вых}} = 3,74 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж. **Найти** E_k .

Решение.

Электрон будет эмитировать, если его кинетическая энергия $E_k \geq A_{\text{вых}}$

$$E_k = mv^2/2,$$

$$E_k = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 4 \cdot 10^{12} \text{ м}^2/\text{с}^2}{2} = 18,2 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}; A_{\text{Вых}} = 5,98 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}.$$

Ответ: Так как кинетическая энергия электрона значительно больше работы выхода, то электрон эмитирует из урана.

11.4. В каком случае в месте спая платины и железа (рис. 12, а, б) будет выделяться теплота, а в каком поглощаться, если работа выхода электронов у платины 5,29 эВ, а у железа 4,36 эВ?

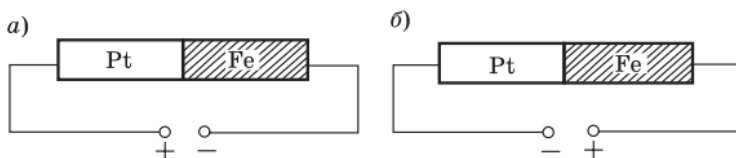


Рис. 12

Решение.

При контакте железа и платины свободные электроны будут переходить от железа к платине, так как работа выхода у железа меньше, чем у платины. Платина зарядится отрицательно, а железо — положительно. Линии напряженности контактного электрического поля направлены от железа к платине. Если через пограничную область между двумя соприкасающимися разнородными металлами пропустить электрический ток, то электроны, проходя через эту область, будут ускоряться или замедляться контактным полем. Если в месте соединения разнородных металлов электроны движутся ускоренно, то в нем выделяется теплота, т. е. место соединения нагревается. Это объясняется тем, что электроны, получившие дополнительную кинетическую энергию при столкновениях с атомами металла, будут передавать им часть ее. Если в месте соединения разнородных металлов электроны движутся замедленно, то в нем будет происходить поглощение теплоты, т. е. место соединения будет охлаждаться. Это объясняется тем, что электроны, потерявшие скорость, будут при столкновениях с атомами металла получать от них энергию.

Ответ: На рис. 12, а место спая платины и железа будет охлаждаться, так как контактное поле замедляет движение электронов, а на рис. 12, б место спая будет нагреваться, так как контактное поле ускоряет движение электронов.

11.5. Определить коэффициент термо-ЭДС термопары железо — константан, если при температуре 373 К ЭДС $\xi_1 = 5$ мВ, а при температуре 1773 К ЭДС $\xi_2 = 15,5$ мВ.

Дано: $T_1 = 373$ К, $\xi_1 = 5 \cdot 10^{-3}$ В, $T_2 = 1773$ К, $\xi_2 = 15,5 \cdot 10^{-3}$ В.

Найти a .

Решение.

Термо-ЭДС определяется по формуле $\Delta\xi = a\Delta T$, откуда

$$\alpha = \frac{\xi_2 - \xi_1}{T_2 - T_1},$$

$$\alpha = \frac{(15,5 - 5) \cdot 10^{-3} \text{ В}}{(1773 - 373) \text{ К}} = 7,5 \cdot 10^{-6} \text{ В/К.}$$

Ответ: $a = 7,5 \cdot 10^{-6}$ В/К.

12. Электрический ток в электролитах

12.1. Покрытие стальных деталей производится двухвалентным никелем при плотности тока в электролитической ванне 400 А/м². Сколько времени потребуется для покрытия детали слоем никеля толщиной 60 мкм?

Дано: $j = 400$ А/м², $M = 58,71 \cdot 10^{-3}$ кг/моль, $n = 2$, $\rho = 8,8 \cdot 10^3$ кг/м³, $h = 6 \cdot 10^{-5}$ м, $F = 96 \cdot 500$ Кл/моль, $k = 3,04 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл.

Найти t .

Решение.

Выразим массу выделившегося никеля через его плотность: $m = \rho Sh$. На основании закона электролиза Фарадея

$$m = \frac{Mit}{Fn}$$

(F - постоянная Фарадея), тогда

$$\frac{Mit}{Fn} = \rho Sh,$$

откуда

$$t = \frac{\rho ShFn}{MI}.$$

Так как $I/S = j$, то

$$t = \frac{\rho ShFn}{Mj};$$

$$t = \frac{8,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 6 \cdot 10^{-5} \text{ м} \cdot 96 \cdot 500 \text{ Кл/моль} \cdot 2}{58,71 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 400 \text{ А/м}^2} = 4340 \text{ с}$$
$$= 1 \text{ ч } 12 \text{ мин } 20 \text{ с}$$

Если воспользоваться табличным значением электрохимического эквивалента k двухвалентного никеля и формулой $m = kit$, то

$$t = \frac{\rho h}{kj}, t = \frac{8,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \cdot 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}}{3,04 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл} \cdot 400 \text{ А/м}^2} = 4340 \text{ с}$$
$$= 1 \text{ ч } 12 \text{ мин } 20 \text{ с}$$

Ответ: $t = 1 \text{ ч } 12 \text{ мин } 20 \text{ с}$.

12.2. При электролизе водного раствора CuSO_4 была совершена работа $200 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$. Определить массу полученной меди, если напряжение на зажимах ванны 6 В .

Дано: $A = 200 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 72 \cdot 10^7 \text{ Дж}$, $U = 6 \text{ В}$, $M = 63,54 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$, $n = 2$, $F = 96 \cdot 500 \text{ Кл/моль}$. **Найти** m .

Решение.

На основании закона электролиза Фарадея находим массу выделившейся меди:

$$\frac{MQ}{Fn} = \frac{MA}{FnU};$$

так как $Q = A/U$ то

$$m = \frac{63,54 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 72 \cdot 10^7 \text{ Дж}}{96 \cdot 500 \text{ Кл/моль} \cdot 2 \cdot 6 \text{ В}} = 39,5 \text{ кг.}$$

Ответ: $m = 39,5 \text{ кг}$

12.3. Через раствор серной кислоты прошел заряд $2 \cdot 10^5$ Кл. Определить массу и объем выделившегося водорода при нормальных условиях. Плотность водорода $9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$.

Дано: $Q = 2 \cdot 10^5 \text{ Кл}$, $M = 2 \cdot 10^3 \text{ кг/моль}$, $n = 1$, $\rho_0 = 9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3$,
 $F = 96 \cdot 500 \text{ Кл/моль}$. **Найти:** m ; V_0 .

Решение.

Из закона электролиза Фарадея находим

$$m = \frac{MQ}{Fn}$$

$$m = \frac{10^{-3} \text{ кг/моль} \cdot 2 \cdot 10^5 \text{ Кл}}{96 \cdot 500 \text{ Кл/моль} \cdot 1} = 2,07 \cdot 10^{-3} \text{ кг.}$$

Из формулы плотности определяем

$$V_0 = \frac{m}{\rho_0}$$

$$V_0 = \frac{2,07 \cdot 10^{-2} \text{ кг}}{9 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^3} = 0,023 \text{ м}^3.$$

Ответ: $m = 2,07 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$; $V_0 = 0,023 \text{ м}^3$.

13. Химические источники тока

13.1. Какой источник тока называется химическим? Перечислить типы химических источников тока.

Ответ: Химические источники тока — это устройства, в которых энергия протекающих в них химических реакций непосредственно превращается в электрическую. Типы химических источников тока — гальванические элементы, аккумуляторы и др.

13.2. Емкость батареи аккумуляторов 150 ч. За какое время израсходуется весь заряд аккумулятора при среднем разрядном токе 0,3 А?

Дано: $Q = 150 \text{ А} \cdot \text{ч}$, $I = 0,3 \text{ А}$. **Найти** t .

Решение.

Заряд, который может отдать аккумуляторная батарея при разрядке, — емкость батареи $Q = It$, откуда

$$t = \frac{Q}{I}; t = \frac{150 \text{ А} \cdot \text{ч}}{0,3 \text{ А}} = 500 \text{ ч}.$$

Ответ: $t = 500 \text{ ч}$.

13.3. Емкость аккумуляторной батареи 80 А · ч при ЭДС $\xi = 2 \text{ В}$. Сколько энергии потребуется для зарядки этой батареи, если ее КПД $\eta = 60\%$?

Дано: $Q = 80 \text{ А} \cdot \text{ч}$, $\xi = 2 \text{ В}$, $\eta = 0,6$. **Найти** A_z .

Решение.

КПД аккумулятора определяется по формуле

$$\eta = \frac{A_p}{A_z},$$

где $A_p = Q\xi$ — полезная энергия, выделенная при разрядке; A_z — затраченная энергия.

$$A_a = \frac{Q\xi}{\eta}, A_a = \frac{80 \cdot 36000 \text{ Кл} \cdot 2 \text{ В}}{0,6} = 960 \text{ кДж.}$$

Ответ: $A_a = 960 \text{ кДж.}$

13.4. Какая энергия «запасена» в аккумуляторе емкостью $50 \text{ А} \cdot \text{ч}$? ЭДС аккумулятора 2 В . Выразить емкость аккумулятора в кулонах.

Дано: $Q = 50 \text{ А} \cdot \text{ч}$, $\xi = 2 \text{ В}$. **Найти** W .

Решение.

Так как $1 \text{ А} \cdot \text{ч} = 3600 \text{ А} \cdot \text{с} = 3600 \text{ Кл}$, то емкость данного аккумулятора

$$Q = 50 \text{ А} \cdot \text{ч} = 50 \cdot 3600 \text{ Кл} = 1,8 \cdot 10^5 \text{ Кл} = 180 \text{ кКл.}$$

Энергия аккумулятора

$$W = Q\xi; W = 1,8 \cdot 10^5 \text{ Кл} \cdot 2 \text{ В} = 3,6 \cdot 10^5 \text{ Дж} = 360 \text{ кДж.}$$

Ответ: $W = 360 \text{ кДж.}$

14. Электрический ток в газах и вакууме

14.1. Какой минимальной скоростью должен обладать электрон, чтобы ионизировать молекулу кислорода, работа ионизации которой $13,5 \text{ эВ}$?

Дано: $A_u = 13,5 \text{ эВ} = 2,16 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$. **Найти** V_{\min} .

Решение.

Электрон должен обладать кинетической энергией не меньше чем работа ионизации. Минимальная скорость электрона будет в том случае, когда его кинетическая энергия равна работе ионизации, т. е.

$$\frac{m_1 v_{min}^2}{2} = A_{и},$$

Откуда

$$v_{min} = \sqrt{\frac{2A_{и}}{m_1}}; v_{min} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2,16 \cdot 10^{-18} \text{ Дж}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 2,2 \cdot 10^6 \text{ м/с} \\ = 2200 \text{ км/с}.$$

Ответ: $v_{min} = 2200 \text{ км/с}$.

14.2. С какой скоростью ударяется электрон об анод катодной трубки (двухэлектродная трубка), если между ее электродами поддерживается напряжение 220 В?

Дано: $U = 220 \text{ В}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. **Найти** v .

Решение.

Работа электрического поля по перемещению электрона равна $A = eU$. Кинетическая энергия электрона в момент удара об анод равна работе электрического поля по перемещению электрона, т. е.

$$\frac{m_e v^2}{2} = eU,$$

Откуда

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}; v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 220 \text{ В}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 8,79 \cdot 10^6 \text{ м/с} \\ = 8790 \text{ км/с}.$$

Ответ: $v = 8790 \text{ км/с}$.

14.3. При каком напряжении между двумя металлическими электродами в форме острия, расстояние между которыми 16 см, наступит пробой в воздухе при нормальном давлении, если пробой наступает при напряженности электрического поля $1,25 \cdot 10^5$ В/м?

Дано: $d = 16 \cdot 10^{-2}$ м, $E = 1,25 \cdot 10^5$ В/м. **Найти** U .

Решение.

Напряженность и потенциал электрического поля связаны соотношением

$$E = \frac{U}{d},$$

Откуда

$$U = Ed; U = 1,25 \cdot 10^5 \text{ В/м} \cdot 16 \cdot 10^2 \text{ м} = 20 \text{ кВ.}$$

Ответ: $U = 20$ кВ.

14.4. При облучении ультрафиолетовым излучением воздушного промежутка между электродами получен ток насыщения 4 А. Сколько пар ионов (или положительных ионов и электронов) образует ионизатор в 1 с?

Дано: $I_n = 4$ А, $t = 1$ с, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. **Найти** N .

Решение.

Согласно определению, сила тока насыщения

$$I_n = \frac{Q}{t} = \frac{eN}{t};$$

отсюда

$$N = \frac{I_n t}{e};$$

$$N = \frac{4 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 2,5 \cdot 10^{19}.$$

Ответ: $N = 2,5 \cdot 10^{19}$.

14.5. С какой скоростью ударяется электрон, эмиттировавший из катода, об анод вакуумного диода, если напряжение между анодом и катодом 45,5 В?

Дано: $U = 45,5 \text{ В}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$. **Найти** v .

Решение.

Так как кинетическая энергия электрона в момент удара об анод равна работе электрического поля по перемещению его от катода к аноду, то

$$\frac{mv^2}{2} = eU,$$

откуда

$$v = \sqrt{\frac{2eU}{m}}; v = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 45,5 \text{ В}}{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}}} = 4 \cdot 10^6 \text{ м/с} \\ = 4000 \text{ км/с}.$$

Ответ: $v = 4000 \text{ км/с}$.

14.6. Между анодом и катодом диода приложено напряжение 100 В. Какую работу совершит электрическое поле по перемещению электронов от катода к аноду за 1 ч, если каждую секунду из катода эмитирует 10^{16} электронов? В анодной цепи существует ток насыщения.

Дано: $U = 100 \text{ В}$, $t = 3600 \text{ с}$, $N = 10^{16}$, $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$. **Найти** A .

Решение.

Работа, совершаемая электрическим полем по перемещению зарядов:

$$A = QU = eNtU;$$

$$A = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^{16} \cdot 3600 \text{ с} \cdot 100 \text{ В} = 576 \text{ Дж}.$$

Ответ: $A = 576 \text{ Дж}$.

14.7. Определить число электронов, проходящих через поперечное сечение электронного пучка в 1 с, в электроннолучевой трубке при анодном токе в ней 0,32 А.

Дано: $t = 1$ с, $I = 0,32$ А, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. **Найти** N .

Решение.

Согласно определению, сила анодного тока

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{eN}{t},$$

откуда

$$N = \frac{It}{e}; N = \frac{0,32 \text{ А} \cdot 1 \text{ с}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 2 \cdot 10^{18}.$$

Ответ: $N = 2 \cdot 10^{18}$.

15. Электрический ток в полупроводниках

15.1. Энергия, необходимая для перехода электрона из зоны валентности в зону проводимости, в атомах полупроводников: у германия — 0,72 эВ, у кремния — 1,1 эВ, в углероде — 5,2 эВ. В каком из этих полупроводников будет наибольшая концентрация электронов проводимости?

Ответ: Наибольшая концентрация свободных электронов будет у германия, наименьшая — у углерода, так как для перехода электрона из зоны валентности в зону проводимости у германия требуется меньшая энергия, чем у кремния и углерода.

15.2. На рис. 13 дана вольтамперная характеристика полупроводникового диода. Определить прямой ток при напряжении 2 В, обратный ток при напряжении -20 В и внутреннее сопротивление диода при напряжении 1 В в пропускном направлении.

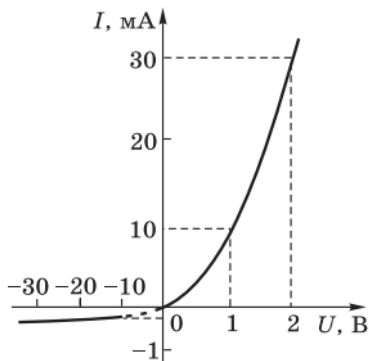


Рис. 13

Решение.

Из рисунка находим: прямой ток при напряжении 2 В равен 30 мА, обратный ток при напряжении -20 В равен -0,25 мА. Внутреннее сопротивление диода при напряжении 1 В

$$R = \frac{U}{I} = 1 \frac{\text{В}}{10^{-2} \text{ А}} = 100 \text{ Ом.}$$

15.3. На рис. 14 дана схема полупроводникового диода с *p-n*-переходом. В каком направлении будет проходить ток через диод? Почему?

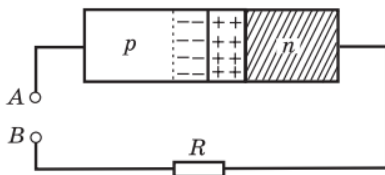


Рис. 14

Решение.

Полупроводниковый диод работает в пропускном режиме, если к полупроводнику *p*-типа приложен положительный по-

тенциал, а к полупроводнику n -типа — отрицательный потенциал. При приложении напряжения в обратном направлении полупроводниковый диод работает в непропускном (запирающем) режиме.

Ответ: Через диод будет проходить ток, если к A приложить положительный потенциал, а к B — отрицательный, и не будет проходить, если приложить к A — отрицательный, а к B — положительный потенциал.

16. Магнитное поле. Закон Ампера

16.1. Определить индукцию однородного магнитного поля, в котором на прямой провод длиной 10 см, расположенный под углом 30° к линиям индукции, действует сила 0,2 Н, если по проводнику проходит ток 8 А.

Дано: $l = 0,1$ м, $a = 30^\circ$, $F = 0,2$ Н, $I = 8$ А. **Найти** B .

Решение.

Используя закон Ампера $F = BIl \sin a$, находим

$$B = \frac{F}{Il \sin a};$$

$$B = \frac{0,2 \text{ Н}}{8 \text{ А} \cdot 0,1 \text{ м} \cdot 0,5} = 0,5 \text{ Тл.}$$

Ответ: $B = 0,5$ Тл.

16.2. Прямолинейный проводник, активная длина которого 0,2 м, помещен перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Определить силу тока, проходящего по проводнику, если магнитное поле с индукцией 4 Тл действует на него с силой 2,4 Н.

Дано: $l = 0,2$ м, $a = 90^\circ$, $B = 4$ Тл, $F = 2,4$ Н. **Найти** I .

Решение.

Из закона Ампера $F = BIl \sin a$ находим

$$I = \frac{F}{Bl \sin a};$$

$$I = \frac{2,4 \text{ Н}}{4 \text{ Н}/(\text{А} \cdot \text{м}) \cdot 0,2 \text{ м} \cdot 1} = 3 \text{ А.}$$

Ответ: $I = 3 \text{ А.}$

16.3. В прямолинейном проводе, расположенном в воздухе, сила тока равна 10 А. Определить индукцию магнитного поля этого тока на расстоянии 20 см от проводника. Магнитная постоянная $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м.

Дано: $I = 10 \text{ А}$, $r = 0,2 \text{ м}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м или $4\pi \cdot 10^{-7}$ Тл · м/А, $\mu_0 = 1$. **Найти** B .

Решение.

Индукция магнитного поля, создаваемого прямолинейным проводником с током,

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2\pi r};$$

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Тл} \cdot \text{м}/\text{А} \cdot 1 \cdot 10 \text{ А}}{2\pi \cdot 0,2 \text{ м}} = 10^{-5} \text{ Тл.}$$

Ответ: $B = 10^{-5}$ Тл.

16.4. Определить индукцию магнитного поля на оси соленоида, состоящего из 200 витков, если сила тока в нем равна 10 А. Длина соленоида 15,7 см.

Дано: $n = 200$, $I = 10 \text{ А}$, $l = 0,157 \text{ м}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Тл · м/А, $\mu = 1$. **Найти** B .

Решение.

Индукция магнитного поля на оси соленоида, по которому течет ток, равна

$$B = \frac{\mu_0 \mu I n}{l};$$

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Тл} \cdot \text{м/А} \cdot 1 \cdot 10 \text{ А} \cdot 200}{0,157 \text{ м}} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ Тл} \\ = 0,016 \text{ Тл.}$$

Ответ: $B = 0,016 \text{ Тл.}$

16.5. Определить индукцию магнитного поля в центре кругового провода, радиус которого 3 см, если сила тока в нем 4,8 А.

Дано: $r = 0,03 \text{ м}$, $I = 4,8 \text{ А}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Тл} \cdot \text{м/А}$, $\mu = 1$.

Найти B .

Решение.

Индукция магнитного поля в центре кругового тока

$$B = \frac{\mu_0 \mu I}{2r};$$

$$B = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Тл} \cdot \text{м/А} \cdot 4,8 \text{ А}}{2 \cdot 0,03 \text{ м}} = 32\pi \cdot 10^{-6} \text{ Тл} \\ = 100,48 \cdot 10^{-6} \text{ Тл} \approx 10^{-4} \text{ Тл.}$$

Ответ: $B \approx 10^{-4} \text{ Тл.}$

16.6. С какой силой взаимодействуют два параллельных проводника длиной 0,5 м каждый, по которым текут токи 10 и 40 А в одном направлении, если они находятся в воздухе на расстоянии 0,5 м друг от друга?

Дано: $l = 0,5 \text{ м}$, $I_1 = 10 \text{ А}$, $I_2 = 40 \text{ А}$, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$, или $4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$, $\mu = 1$. **Найти** F .

Решение.

Сила взаимодействия двух проводников с токами, расположенных на расстоянии r друг от друга, равна

$$F = \frac{\mu_0 \mu I_1 I_2 l}{2\pi r};$$

$$F = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2 \cdot 1 \cdot 400 \text{ А}^2 \cdot 0,5 \text{ м}}{2\pi \cdot 0,5 \text{ м}} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ Н.}$$

Ответ: $F = 8 \cdot 10^{-5} \text{ Н.}$

17. Магнитный поток. Работа при перемещении проводника с током в магнитном поле

17.1. Определить магнитный момент кольцевого проводника диаметром 20 см, если по нему проходит ток

Дано: $d = 0,2 \text{ м}$, $I = 10 \text{ А}$. **Найти** p_m .

Решение.

Магнитный момент кольцевого проводника с током равен

$$p_m = IS = \frac{\pi d^2 I}{4};$$

$$p_m = \frac{3,14 \cdot 0,04 \text{ м}^2 \cdot 10 \text{ А}}{4} = 0,314 \text{ А} \cdot \text{м}^2.$$

Ответ: $p_m = 0,314 \text{ А} \cdot \text{м}^2.$

17.2. В однородном магнитном поле индукцией 15 Тл проводник переместился перпендикулярно линиям магнитной индукции на 10 см. Какую работу совершил при этом электрический ток, если длина активной части проводника $l = 40 \text{ см}$, а сила тока в нем 2 А?

Дано: $B = 15$ Тл, $r = 0,1$ м, $l = 0,4$ м, $I = 2$ А, $a = 90^\circ$. **Найти** A .

Решение.

Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле равна

$$A = F_{Ar} = BIlr \sin a \quad (\sin 90^\circ = 1);$$

$$A = 15 \frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot 2 \text{ А} \cdot 0,4 \text{ м} \cdot 0,1 \text{ м} = 1,2 \text{ Дж.}$$

Ответ: $A = 1,2$ Дж.

17.3. Определить вращающий момент плоского контура площадью $0,04$ м², помещенного в однородное магнитное поле индукцией 20 Тл, если по контуру проходит ток 10 А и если вектор магнитного момента перпендикулярен вектору индукции магнитного поля.

Дано: $S = 0,04$ м², $I = 10$ А, $B = 20$ Тл, $a = 90^\circ$. **Найти** M .

Решение.

На плоский замкнутый контур с током, помещенный в однородное магнитное поле, действует вращающий момент, модуль которого равен

$$M = BIS \sin a;$$

$$\frac{\text{Н}}{\text{А} \cdot \text{м}} \cdot 10 \text{ А} \cdot 0,04 \text{ м}^2 \cdot 1 = 8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Ответ: $M = 8$ Н · м.

17.4. Какую работу совершит ток 4 А, протекающий по проводнику, если он пересечет магнитный поток, равный $1,5$ Вб?

Дано: $I = 4$ А, $\Delta\Phi = 1,5$ Вб. **Найти** A .

Решение.

Работа, совершаемая током,

$$A = I\Delta\Phi;$$

$$A = 4 \text{ А} \cdot 1,5 \text{ Вб} = 6 \text{ А} \cdot \text{В} \cdot \text{с} = 6 \text{ Дж.}$$

Ответ: $A = 6 \text{ Дж.}$

17.5. Как изменится магнитный момент кольцевого проводника, если его радиус уменьшить в два раза, а силу тока увеличить в пять раз?

Дано: $r_2 = 0,5r_1$, $I_2 = 5I_1$. **Найти** p_{m2} [p_{m1} .

Решение.

Магнитный момент контура

$$p_m = IS = \pi r^2 I.$$

Следовательно,

$$p_{m2} / p_{m1} = \pi r_2^2 I_2 / \pi r_1^2 I_1 = (0,5r_1)^2 \cdot 5I_1 / r_1^2 I_1 = 0,25 \cdot 5 = 1,25.$$

Ответ: $p_{m2} / p_{m1} = 1,25$. Магнитный момент увеличится в 1,25 раза.

18. Действие магнитного и электрического полей на движущийся заряд

18.1. Электрон и протон, двигаясь с одинаковыми скоростями, влетают в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции. Сравнить радиусы кривизны траекторий протона и электрона, если масса протона $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, а масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

Решение.

Радиусы кривизны траекторий движения электрона и протона прямо пропорциональны их массам:

$$r_p / r_e = m_p / m_e = 1,67 \cdot 10^{-27} [9,1 \cdot 10^{-31} = 1835; r_p = 1835 r_e.$$

Ответ: $r_p = 1835 r_e$.

18.2. Электрон влетает в однородное магнитное поле со скоростью 16000 км/с перпендикулярно его линиям индукции. Определить модуль магнитной индукции поля, если электрон движется в магнитном поле по окружности радиусом 1 см.

Дано: $v = 1,6 \cdot 10^7$ м/с, $a = 90^\circ$, $r = 10^{-2}$ м, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. **Найти B .**

Решение.

На электрон, влетающий в однородное магнитное поле, действует центростремительная сила — сила Лоренца, поэтому можем записать

$$B = \frac{m_e v}{e r \sin a};$$

$$\begin{aligned} B &= \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 1,6 \cdot 10^7 \text{ м/с}}{1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \cdot 10^{-2} \text{ м}} \\ &= 9,1 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м} / (\text{Кл} \cdot \text{с} \cdot \text{м}) = \\ &= 9,1 \cdot 10^{-3} \text{ Н} / (\text{А} \cdot \text{м}) = 9,1 \cdot 10^{-3} \text{ Тл.} \end{aligned}$$

Ответ: $B = 9,1 \cdot 10^{-3}$ Тл.

18.3. Электрон влетает в однородное электрическое поле вдоль линии напряженности со скоростью 1000 км/с. Какое напряжение электрического поля требуется создать, чтобы скорость электрона увеличилась до 5000 км/с?

Дано: $v_1 = 10^6$ м/с, $v_2 = 5 \cdot 10^6$ м/с, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг. **Найти U .**

Решение.

Изменение кинетической энергии электрона равно работе электрического поля по его перемещению:

$$\frac{m_e}{2}(v_2^2 - v_1^2) = eU.$$

Отсюда

$$U = \frac{m_e}{2e}(v_2^2 - v_1^2);$$

$$U = \frac{9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot (25 - 1) \cdot 10^{12} \text{ м}^2/\text{с}^2}{2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} = 68,25 \text{ В}.$$

Ответ: $U = 68,25 \text{ В}$.

18.4. Протон влетает в однородное космическое магнитное поле с индукцией 10^{20} Тл со скоростью 500 км/с под углом 30° к линиям индукции. Определить радиус винтовой траектории протона. Выполнить рисунок и вывести формулу для этого радиуса.

Дано: $m = 1,67 \cdot 10^{-27}$ кг, $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, $B = 10^{20}$ Тл, $v = 5 \cdot 10^5$ м/с, $a = 30^\circ$. **Найти** r .

Решение.

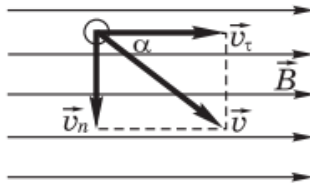


Рис. 15

На рис. **15** показано разложение вектора скорости \vec{v} протона на две составляющие: \vec{v}_n — перпендикулярно линиям магнитной индукции; \vec{v}_τ — параллельно линиям индукции. При движении протона со скоростью v_n возникает сила Лоренца, под действием которой протон совершает вращение по окружности радиусом r . Так как $v_n = v \sin a$, то сила Лоренца $F_L = Bev_n = Bev \sin a$. По второму закону Ньютона,

$$F_{\text{Л}} = \frac{mv_n^2}{r} = \frac{mv^2 \sin^2 a}{r}$$

или

$$Bev \sin a = \frac{mv^2 \sin^2 a}{r}; \quad Be = \frac{mv \sin a}{r},$$

откуда

$$r = \frac{mv \sin a}{Be}; \quad r = \frac{1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \cdot 5 \cdot 10^5 \text{ м/с} \cdot 0,5}{10^{-20} \text{ Н/(А} \cdot \text{м)} \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}} \\ = 2,6 \cdot 10^{17} \text{ м.}$$

Ответ: $r = 2,6 \cdot 10^{17} \text{ м.}$

18.5. Радиус винтовой траектории заряженной частицы, попавшей в геомагнитное поле, оказался равным 10^7 м . Попадет ли эта частица в радиационный пояс Земли? Радиус Земли $6,37 \cdot 10^6 \text{ м}$.

Решение.

Так как радиус винтовой траектории частицы больше радиуса Земли ($10^7 > 6,37 \cdot 10^6$), то частица в радиационный пояс не попадет.

Ответ: Нет.

19. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца

19.1. С какой скоростью надо перемещать проводник, длина активной части которого $0,5 \text{ м}$, под углом 50° к вектору магнитной индукции, модуль которого равен $0,8 \text{ Тл}$, чтобы в проводнике возбудилась ЭДС индукции 2 В ?

Дано: $l = 0,5 \text{ м}$, $a = 50^\circ$, $B = 0,8 \text{ Тл}$, $\xi = 2 \text{ В}$. **Найти** v .

Решение.

ЭДС индукции, возникающая в прямолинейном проводнике, движущемся в магнитном поле,

$$\xi = Blv \sin a,$$

откуда

$$v = \frac{\xi}{Bl \sin a};$$

Ответ: $v = 6,53$ м/с.

19.2. Проводник, активная длина которого 0,4 м, движется со скоростью 10 м/с под углом 30° к линиям индукции однородного магнитного поля. Определить индукцию магнитного поля, если на концах проводника возникла ЭДС, равная 2 В.

Дано: $l = 0,4$ м, $v = 10$ м/с, $a = 30^\circ$, $\xi = 2$ В. **Найти** B .

Решение.

В проводнике, движущемся в магнитном поле, возникает ЭДС индукции $\xi = Blv \sin a$, откуда

$$B = \frac{\xi}{lv \sin a};$$

$$B = \frac{2 \text{ В}}{0,4 \text{ м} \cdot 10 \text{ м/с} \cdot 0,5} = 1 \text{ Тл.}$$

Ответ: $B = 1$ Тл.

19.3. Неподвижный виток, площадь которого 10 см^2 , расположен перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Какая ЭДС индукции возникнет в этом витке, если магнитная индукция поля будет равномерно возрастать и в течение 0,01 с увеличится от 0,2 до 0,7 Тл?

Дано: $S = 10^{-3} \text{ м}^2$, $\Delta t = 10^{-2} \text{ с}$, $B_1 = 0,2$ Тл, $B_2 = 0,7$ Тл. **Найти** ξ .

Решение.

Согласно закону электромагнитной индукции

$$\xi = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{(B_2 - B_1)S}{\Delta t},$$

где знак «-» определяется правилом Ленца;

$$\xi = - \frac{0,5 \text{ Н}/(\text{А} \cdot \text{м}) \cdot 10^{-2} \text{ м}^2}{10^{-2} \text{ м}} = 0,05 \text{ В.}$$

Ответ: $\xi = 0,05 \text{ В.}$

19.4. На рис. 16 изображены линии индукции магнитного поля. Определить направление линий напряженности вихревого электрического поля.

Решение.

Так как индукция магнитного поля убывает, то для определения направления линий напряженности вихревого электрического поля надо применить правило правого винта. На рис. 17 изображена линия напряженности вихревого электрического поля.



Рис. 16

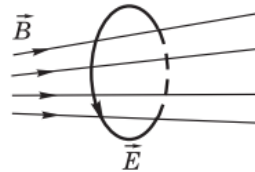


Рис. 17

19.5. В катушке, состоящей из 200 витков, магнитный поток равен 10^{-2} Вб. За какое время исчезнет магнитный поток при размыкании цепи, если в катушке при этом возникает ЭДС индукции, равная 5 В?

Дано: $n = 200$, $\Delta\Phi = 10^{-2}$ Вб, $\xi = 5 \text{ В.}$ **Найти** Δt .

Решение.

ЭДС индукции в катушке из n витков равна

$$\xi = \frac{n\Delta\Phi}{\Delta t}$$

(знак «минус» в формуле опускаем), откуда

$$\Delta t = \frac{n\Delta\Phi}{\xi}; \Delta t = \frac{200 \cdot 10^{-2} \text{ В} \cdot \text{с}}{5 \text{ В}} = 0,4 \text{ с.}$$

Ответ: $\Delta t = 0,4 \text{ с.}$

19.6. Магнитный поток, пронизывающий контур проводника, изменился от 0,25 до 1 Вб, при этом ЭДС индукции оказалась равной 2,5 В. Определить время изменения магнитного потока и силу индукционного тока, если сопротивление проводника равно 0,5 Ом.

Дано: $\Phi_1 = 0,25 \text{ Вб}$, $\Phi_2 = 1 \text{ Вб}$, $\xi = 2,5 \text{ В}$, $R = 0,5 \text{ Ом}$. **Найти:** I ; Δt .

Решение.

Используя закон электромагнитной индукции

$$\xi = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\Delta t},$$

находим

$$\Delta t = \frac{\Phi_2 - \Phi_1}{\xi}; \Delta t = \frac{0,75 \text{ В} \cdot \text{с}}{2,5 \text{ В}} = 0,3 \text{ с};$$

По закону Ома

$$I = \frac{\xi}{R}; I = \frac{2,5 \text{ В}}{0,5 \text{ Ом}} = 5 \text{ А.}$$

Ответ: $I = 5 \text{ А}$; $\Delta t = 0,3 \text{ с.}$

19.7. Проводник сопротивлением 2 Ом пронизывается магнитным потоком. Определить изменение магнитного потока, если за 0,4 с в проводнике возник индукционный ток 0,5 А.

Дано: $R = 2 \text{ Ом}$, $\Delta t = 0,4 \text{ с}$, $I = 0,5 \text{ А}$. **Найти** $\Delta\Phi$.

Решение.

Согласно закону электромагнитной индукции

$$\xi = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t},$$

а из закона Ома $\xi = IR$. Тогда

$$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = IR,$$

откуда изменения магнитного потока

$$\Delta\Phi = TR\Delta t;$$

$$\Delta\Phi = 0,5 \text{ А} \cdot 2 \text{ Ом} \cdot 0,4 \text{ с} = 0,4 \text{ В} \cdot \text{с} = 0,4 \text{ Вб}.$$

Ответ: $\Delta\Phi = 0,4 \text{ Вб}$.

19.8. Катушка сопротивлением 100 Ом, состоящая из 1000 витков площадью 5 см^2 каждый, внесена в однородное магнитное поле. В течение некоторого времени индукция магнитного поля уменьшилась от 0,8 до 0,3 Тл. Какой заряд индуцирован в проводнике за это время?

Дано: $R = 100 \text{ Ом}$, $n = 1000$, $S = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $B_1 = 0,8 \text{ Тл}$, $B_2 = 0,3 \text{ Тл}$. **Найти** Q .

Решение.

Сила тока, согласно определению,

$$I = \frac{Q}{\Delta t},$$

где Q — заряд, протекающий в проводнике, отсюда $Q = I\Delta t$. Сила индукционного тока в катушке

$$I = \frac{\xi}{R}.$$

ЭДС в n витках

$$\xi = \frac{n\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{n(B_2 - B_1)S}{\Delta t}$$

Находим заряд, индуцированный в проводнике:

$$Q = \frac{nS(B_2 - B_1)}{R};$$

$$Q = \frac{10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 0,5 \text{ Н}/(\text{А} \cdot \text{м})}{100 \text{ Ом}} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ Кл.}$$

Ответ: $Q = 2,5 \cdot 10^{-3}$ Кл.

19.9. Применяя правило Ленца, определить направление индукционного тока в катушке AB , к которой подключен гальванометр Γ (рис. 18).

Решение.

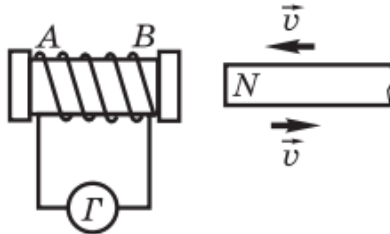


Рис. 18

При приближении северного полюса магнита к катушке в ней индуцируется ток, и на конце B катушки возникает северный магнитный полюс; следовательно, ток в катушке направлен от A к B . При удалении северного полюса магнита от катушки в ней возникает индукционный ток, направленный от B к A .

20. Самоиндукция. Энергия магнитного поля

20.1. По катушке индуктивностью 80 мГн проходит постоянный ток 2 А. Определить время убывания силы тока при размыкании цепи, если ЭДС самоиндукции равна -16 В.

Дано: $L = 0,08$ Гн, $\Delta I = 2$ А, $\xi = -16$ В. **Найти** Δt .

Решение.

ЭДС самоиндукции ξ куда

$$\xi = -L \frac{\Delta I}{\Delta t},$$

откуда

$$\Delta t = -\frac{L \Delta I}{\xi};$$

$$\Delta t = -\frac{0,08 \text{ Ом} \cdot \text{с} \cdot 2 \text{ А}}{-16 \text{ В}} = 0,01 \text{ с.}$$

Ответ: $\Delta t = 0,01$ с.

20.2. Определить индуктивность катушки, если при прохождении тока 2 А энергия магнитного поля в ней была равна 1 Дж.

Дано: $I = 2$ А, $W = 1$ Дж. **Найти** L .

Решение.

Энергия магнитного поля в катушке с током

$$W = \frac{LI^2}{2},$$

откуда

$$L = \frac{2W}{I^2};$$

$$L = \frac{2 \text{ Дж}}{4 \text{ А}^2} = 0,5 \text{ Ом} \cdot \text{с} = 0,5 \text{ Гн.}$$

Ответ: $L = 0,5$ Гн.

20.3. Определить энергию магнитного поля катушки, состоящей из 200 витков, если при силе тока 4 А в ней возникает магнитный поток, равный 0,01 Вб.

Дано: $n = 200$, $I = 4$ А, $\Phi = 0,01$ Вб. **Найти** W .

Решение.

Запишем формулы энергии магнитного поля и магнитного потока, возникшего в катушке из n витков:

$$W = \frac{LI^2}{2}$$

и $n\Phi = LI$, где L — индуктивность катушки; отсюда

$$W = \frac{n\Phi I}{2}; W = \frac{200 \cdot 0,01 \text{ В} \cdot \text{с} \cdot 4 \text{ А}}{2} = 4 \text{ Дж.}$$

Ответ: $W = 4$ Дж.

20.4. Через катушку без сердечника, имеющую длину 15,7 см, площадь поперечного сечения 5 см^2 и обмотку из 500 витков, проходит ток 20 А. Определить ЭДС самоиндукции, которая возникает в катушке, если ток исчезнет (уменьшится до нуля) за 0,002 с.

Дано: $l = 15,7 \cdot 10^{-2}$ м, $S = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, $n = 500$, $I_0 = 20$ А, $I_t = 0$, $\Delta t = 2 \cdot 10^{-3}$ с, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$, $\mu = 1$. **Найти** ξ .

Решение.

ЭДС самоиндукции, возникающая в катушке при изменении силы тока в ней, равна

$$\xi = -L \frac{\Delta I}{\Delta t},$$

где L - индуктивность катушки, вычисляемая по формуле

$$L = \frac{\mu_0 \mu n^2 S}{l}.$$

Вычисляя, находим ЭДС самоиндукции:

$$\xi = \frac{\mu_0 \mu n^2 S (I_t - I_0)}{l \Delta t};$$

$$\xi = \frac{4 \cdot 3,14 \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2 \cdot 25 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot 20 \text{ А}}{15,7 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 2 \cdot 10^{-3} \text{ с}} = 10 \text{ В.}$$

Ответ: $\xi = 10 \text{ В}$.

20.5. В катушке возникает ЭДС самоиндукции, равная 15 В, при равномерном увеличении тока от 0 до 5 А за 0,4 с. Чему равна индуктивность катушки?

Дано: $\xi = 15 \text{ В}$, $\Delta I = 5 \text{ А}$, $\Delta t = 0,4 \text{ с}$. **Найти** L .

Решение.

Используя закон самоиндукции

$$\xi = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

(знак «-» опускаем), находим индуктивность катушки

$$L = \xi \frac{\Delta t}{\Delta I};$$

$$L = \frac{15 \text{ В} \cdot 0,4 \text{ с}}{5 \text{ А}} = 1,2 \text{ Ом} \cdot \text{с} = 1,2 \text{ Гн.}$$

Ответ: $L = 1,2 \text{ Гн}$.

ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Электрическое поле. Закон Кулона

1.1. Модель какого атома изображена на рис. 19? Выразите заряд ядра этого атома в кулонах. Объясните физический смысл диэлектрической проницаемости среды.

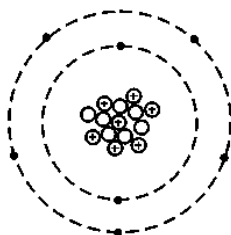


Рис. 19

1.2. Ядро какого атома имеет электрический заряд $7,52 \cdot 10^{-18}$ Кл?

1.3. Модели каких атомов или ионов изображены на рис. 20, а-г?

1.4. В каком количественном соотношении находятся заряды и массы протона и электрона?

1.5. Нарисуйте модель атома углерода. Определите значение заряда его ядра.

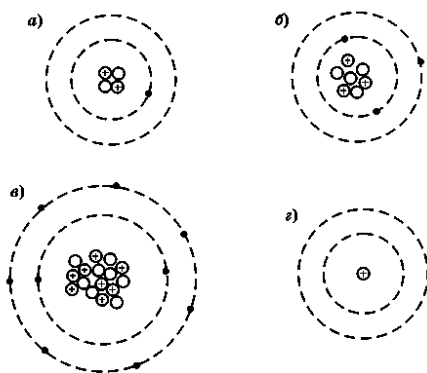


Рис. 20

1.6. Заряд, равный $-1,3 \cdot 10^{-6}$ Кл, помещен в спирт на расстоянии 5 см от другого заряда. Определите значение и знак другого заряда, если заряды притягиваются с силой $-0,45$ Н. Диэлектрическая проницаемость спирта равна 26.

1.7. Два точечных электрических заряда взаимодействуют в воздухе на расстоянии 0,4 м друг от друга с такой же силой, как в непроводящей жидкости на расстоянии 0,2 м. Определите диэлектрическую проницаемость непроводящей жидкости.

2. Напряженность и потенциал электрического поля

2.1. Напряженность электрического поля уединенного точечного заряда на расстоянии 1 м равна 32 Н/Кл. Определите напряженность этого поля на расстоянии 8 м от заряда.

2.2. Металлический шар ,заряд которого= $8 \cdot 10^{-9}$ Кл, помещен в керосин ($\epsilon = 2$). Определите напряженность электрического поля на поверхности шара, если его радиус равен 20 см. Изобразите линии напряженности поля, созданного заряженной поверхностью шара.

2.3. На каком расстоянии от точечного заряда 10^{-8} Кл, находящегося в воздухе, напряженность электрического поля окажется меньше 10^{-9} Н/Кл?

2.4. С какой силой действует однородное поле, напряженность которого 2000 Н/Кл, на электрический заряд $5 \cdot 10^{-6}$ Кл?

2.5. Земля — электрически заряженное космическое тело. Заряд Земли отрицательный. Зная, что напряженность электростатического поля Земли на ее поверхности равна -130 Н/Кл, и принимая радиус Земли равным $6 \cdot 10^6$ м, определите электрический заряд Земли и поверхностную плотность заряда.

2.6. Напряженность электрического поля заряда, помещенного в керосин ($\epsilon_k = 2$), в некоторой точке равна E_k . Как изменится напряженность поля в этой точке, если заряд поместить в воду ($\epsilon_v = 81$)?

2.7. Работа при переносе заряда $2 \cdot 10^{-7}$ Кл из бесконечности в некоторую точку электрического поля равна $8 \cdot 10^{-4}$ Дж. Определите электрический потенциал в этой точке.

2.8. Определите разность потенциалов начальной и конечной точек пути электрона в электрическом поле, если его скорость увеличилась от 10^6 до $3 \cdot 10^6$ м/с. Масса электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

2.9. Электрические потенциалы двух изолированных зарядов, находящихся в воздухе, равны $+110$ и -110 В. Какую работу совершит электрическое поле этих двух зарядов при переносе заряда $5 \cdot 10^{-4}$ Кл с одного проводника на другой?

2.10. Определите разность потенциалов между точками А и В электрического поля точечного заряда $4 \cdot 10^{-8}$ Кл, находящегося в воздухе, как показано на рис. 21, если расстояния от этих точек до заряда соответственно равны 1 и 4 м.

2.11. Напряженность электрического поля между двумя большими металлическими пластинами не должна превышать $2,5 \cdot 10^4$ В/м. Определите допустимое расстояние между пластинами, если к ним будет подано напряжение 5000 В.

2.12. Какую работу требуется совершить, чтобы два заряда $4 \cdot 10^{-5}$ и $8 \cdot 10^{-6}$ Кл, находящиеся в воздухе на расстоянии 0,8 м друг от друга, сблизить до 0,2 м?

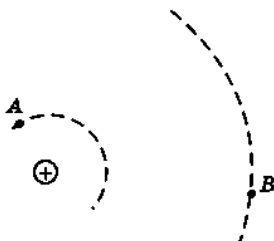


Рис. 21

2.13. Металлическому шару радиусом 10 см сообщен заряд 10^{-7} Кл. Определите электрический потенциал на поверхности шара.

2.14. Определите тормозящую разность потенциалов, под действием которой электрон, движущийся со скоростью 40 000 км/с, остановится. Масса электрона $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг.

2.15. Заряд ядра атома цинка равен $4,8 \cdot 10^{-18}$ Кл. Определите потенциал электрического поля, созданного ядром атома цинка, на расстоянии 10 нм.

2.16. Два точечных заряда $4 \cdot 10^{-6}$ и $8 \cdot 10^{-6}$ Кл находятся на расстоянии 0,8 м друг от друга. На сколько изменится энергия взаимодействия этих зарядов, если расстояние между ними будет равно 1,6 м?

2.17. Какие заряды перемещаются в электрическом поле от точек с большим потенциалом к точкам с меньшим потенциалом и какие, наоборот, от точек с меньшим потенциалом к точкам с большим потенциалом?

3. Емкость. Конденсаторы

3.1. При сообщении металлическому шару, находящемуся в воздухе, заряда $2 \cdot 10^{-7}$ Кл его потенциал оказался равным 18 кВ. Определите радиус шара.

3.2. В паспорте конденсатора указано: «150 мкФ; 200 В». Какой наибольший допустимый электрический заряд можно сообщить данному конденсатору?

3.3. Какой емкостью обладает Земля? Радиус Земли $6,4 \cdot 10^6$ м.

3.4. Какой заряд надо сообщить проводящему шару, находящемуся в воздухе, чтобы электрический потенциал был равен 1 В, если радиус шара 9 мм?

3.5. Какой емкостью обладает проводящий шар радиусом 20 см в воде, уединенный от других проводников?

3.6. Если проводнику сообщить заряд 10^{-8} Кл, то его электрический потенциал увеличится на 100 В. Определите емкость проводника.

3.7. Определите емкость батареи конденсаторов, изображенной на рис. 22, если $C_1 = C_2 = 2$ пФ и $C_3 = 500$ пФ.

3.8. Определите емкость батареи конденсаторов, изображенной на рис. 23, если $C_1 = 0,1$ мкФ, $C_2 = 0,4$ мкФ и $C_3 = 0,52$ мкФ.

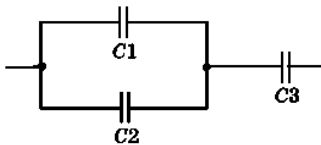


Рис. 22

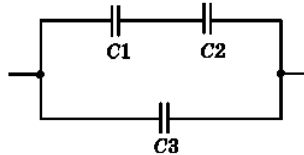


Рис. 23

3.9. Определите емкость батареи конденсаторов, изображенной на рис. 24, если $C_1 = 2$ мкФ, $C_2 = 4$ мкФ, $C_3 = 1$ мкФ, $C_4 = 2$ мкФ, $C_5 = 6$ мкФ.

3.10. В каких пределах может изменяться электрическая емкость участка цепи, состоящей из конденсатора постоянной емкости $C_1 = 400$ пФ и конденсатора переменной емкости $C_2 = 100 \div 800$ пФ (рис. 25)?

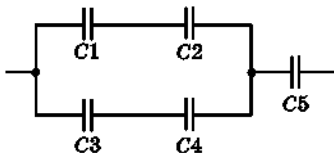


Рис. 24

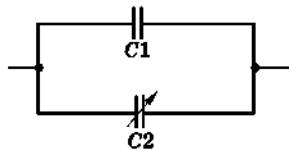


Рис. 25

3.11. В каких пределах может изменяться емкость участка цепи, состоящей из конденсатора постоянной емкости $C_1 = 100$ пФ и конденсатора переменной емкости $C_2 = 400 \div 900$ пФ (рис. 26).

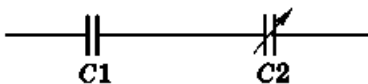


Рис. 26

3.12. Определите емкость плоского конденсатора, состоящего из 51 пластины площадью поверхности 20 см^2 каждая, если между ними проложена слюда толщиной $0,1 \text{ мм}$ ($\epsilon = 7$).

4. Постоянный электрический ток. Закон Ома для участка цепи

4.1. Если к концам проводника подать напряжение 100 В , то по нему пойдет ток 2 А . Какое напряжение надо приложить к концам этого проводника, чтобы сила тока в нем стала равной $1,2 \text{ А}$?

4.2. Определите силу тока в проводнике, если напряжение на его концах 80 В , а сопротивление 20 Ом . Постройте вольт-амперную характеристику этого проводника.

4.3. Определите число электронов проводимости в железной проволоке массой 20 г . Число электронов проводимости равно числу атомов в металле. Молярная масса железа $M = 56,85 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$.

4.4. Определите сопротивление резистора, включенного в электрическую сеть с напряжением 220 В , чтобы по нему протекал ток не более 2 А .

4.5. По вольтамперной характеристике, изображенной на рис. 27, определите сопротивление резистора. При каком напряжении через резистор проходит ток 3 А ?

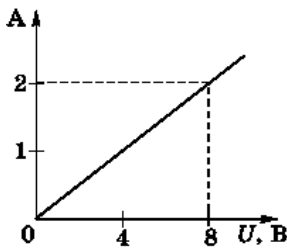


Рис. 27

5. Закон Ома для полной цепи

5.1. Определите ЭДС источника тока, если при перемещении электрического заряда 10 Кл сторонняя сила совершает работу в 120 Дж.

5.2. Разность потенциалов на клеммах разомкнутого источника тока 4 В. Определите внутреннее сопротивление источника тока, если при сопротивлении внешнего участка цепи 4 Ом сила тока на этом участке равна 0,8 А.

5.3. Источник тока с ЭДС 220 В и внутренним сопротивлением 2 Ом замкнут проводником сопротивлением 108 Ом. Определите падение напряжения внутри источника тока.

5.4. Батарея аккумуляторов имеет ЭДС 12 В. Сила тока в цепи 4 А, а напряжение на клеммах 11 В. Определите силу тока короткого замыкания.

5.5. ЭДС источника тока 220 В, его внутреннее сопротивление 1,5 Ом. Каким должно быть сопротивление внешнего участка цепи, чтобы сила тока была равна 4 А?

5.6. Напряжение на зажимах генератора при замкнутой внешней цепи равно 120 В. Сопротивление внешнего участка цепи в 20 раз больше внутреннего сопротивления генератора. Определите ЭДС генератора.

5.7. Источник тока с ЭДС 60 В и внутренним сопротивлением 2 Ом замкнут на два последовательно соединенных резистора, как показано на рис. 28. Определите сопротивление резистора R_2 , если сопротивление резистора R_1 равно 20 Ом, а сила тока в цепи равна 2 А.

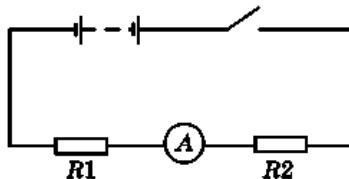


Рис. 28

6. Сопротивление проводника

6.1. На рис. 29 даны графики зависимостей: а) сопротивления проводника от напряжения на его концах (рис. 29, а); б) силы тока от напряжения (рис. 29, б); и в) сопротивления от силы тока (рис. 29, в). Объясните, что выражает каждый график.

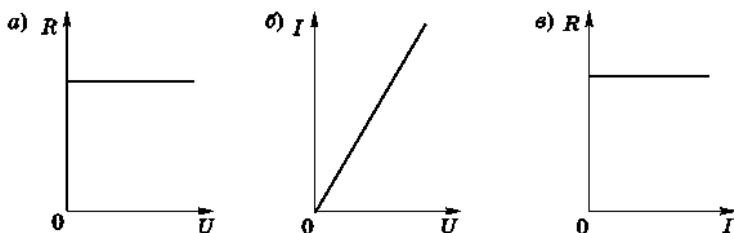


Рис. 29

6.2. Сопротивление медного провода при 20°C равно $50\ \text{Ом}$. Определите его сопротивление при -30°C . Температурный коэффициент сопротивления $\alpha = 0,004\ \text{K}^{-1}$.

6.3. Сопротивление алюминиевого провода длиной $20\ \text{м}$ и площадью поперечного сечения $1\ \text{мм}^2$ равно $0,56\ \text{Ом}$. Определите удельное сопротивление алюминия.

6.4. На сколько надо повысить температуру медного проводника, взятого при 0°C чтобы его сопротивление увеличилось в три раза? Температурный коэффициент сопротивления $\alpha = 0,0033\ \text{K}^{-1}$.

6.5. Определите напряжение в подводящих проводах, сопротивление которых $6,2\ \text{Ом}$, если на этом участке цепи проходит ток $0,5\ \text{А}$.

6.6. Сопротивление вольфрамовой нити электрической лампочки при 10°C равно $50\ \text{Ом}$. До какой температуры была нагрета нить, если ее сопротивление стало равным $550\ \text{Ом}$?

6.7. Определите силу тока, проходящего через резистор

сопротивлением 15 Ом, если падение напряжения на нем составляет 21 В.

6.8. Определите падение напряжения на резисторе сопротивлением 30 Ом, если по нему проходит ток 0,4 А.

6.9. Сопротивление угольного проводника при температуре 0 °С равно 15 Ом, а при температуре 220 °С равно 13,5 Ом. Определите температурный коэффициент сопротивления угля.

6.10. На рис. 30 дана схема параллельного соединения двух резисторов. Через резистор R_1 сопротивлением 55 Ом проходит ток $I_1 = 4$ А. Определите сопротивление резистора R_2 , если через него проходит ток $I_2 = 0,8$ А.

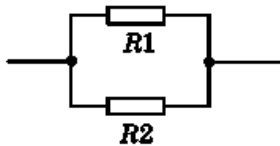


Рис. 30

6.11. На рис. 31 дана схема смешанного соединения четырех резисторов по 10 Ом каждый. Найдите общее (эквивалентное) сопротивление этого участка цепи.

6.12. На рис. 32 дана схема последовательного соединения трех резисторов. Падение напряжения на резисторе R_1 сопротивлением 36 Ом равно $U_1 = 9$ В.

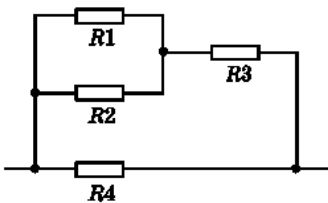


Рис. 31



Рис. 32

6.13. Определите напряжение на резисторе R_2 сопротивлением 64 Ом и сопротивление резистора R_3 , если напряжение на его концах 120 В.

6.14. Найдите сопротивление участка цепи, изображенного на рис. 33, если $R_1 = 2$ Ом, $R_2 = R_3 = R_4 = 15$ Ом, $R_5 = 3$ Ом, $R_6 = 90$ Ом.

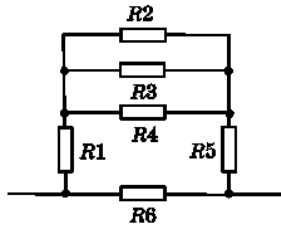


Рис. 33

6.15. В сеть с напряжением 220 В включены параллельно две электрические лампы сопротивлением 200 Ом каждая. Определите силу тока, проходящего через каждую лампу.

6.16. В сеть с напряжением 220 В включены последовательно две электрические лампы сопротивлением 200 Ом каждая. Определите силу тока, проходящего через каждую лампу.

6.17. Определите напряжения на каждом резисторе и падение напряжения между точками A и B цепи, изображенной на рис. 16, если $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 20$ Ом, $R_3 = 80$ Ом, $R_4 = 30$ Ом, $I_0 = 4$ А.

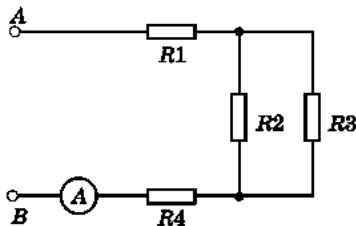


Рис. 34

6.18. Даны четыре резистора по 60 Ом каждый. Начертите схемы соединений всех четырех резисторов, чтобы общее сопротивление оказалось равным соответственно 15, 45, 50, 60, 80, 150 и 240 Ом. Возле каждой схемы напишите общее сопротивление.

6.19. На рис. 35 дана схема, на которой через резистор R_1 сопротивлением 120 Ом проходит ток $I_1 = 3$ А. Определите силу тока, проходящего через резистор R_2 сопротивлением 90 Ом.

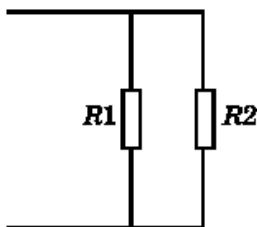


Рис. 35

7. Соединение источников тока

7.1. Определите внутреннее сопротивление батареи, состоящей из шести последовательно соединенных источников тока, внутренние сопротивления которых соответственно равны 0,4; 0,5; 0,8; 0,6; 0,9 и 0,4 Ом.

7.2. Пользуясь схемой, изображенной на рис. 36, определите силу тока, проходящего по резистору сопротивлением $R = 23,6$ Ом, если ЭДС и внутреннее сопротивление каждого элемента соответственно равны $\mathcal{E} = 12$ В и $r = 0,6$ Ом. Сопротивление соединительных проводов ничтожно мало.

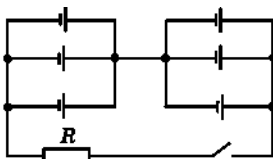


Рис. 36

7.3. Два одинаковых источника тока с ЭДС 3,5 В и внутренним сопротивлением по 0,4 Ом каждый соединены в батареи, как показано на рис. 37, а–в. Какое напряжение покажет вольтметр в каждой цепи и каково внутреннее сопротивление каждой батареи?

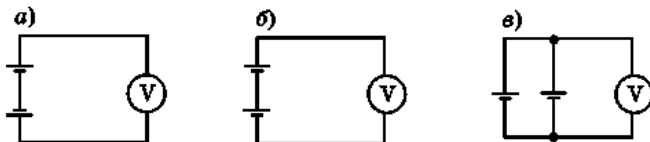


Рис. 37

7.4. Определите ЭДС и внутреннее сопротивление батареи гальванических элементов, собранной по схеме, изображенной на рис. 38, если ЭДС и внутреннее сопротивление каждого элемента соответственно равны 6 В и 0,6 Ом.

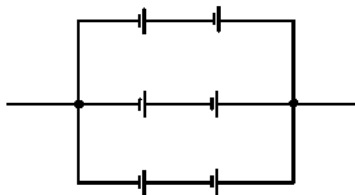


Рис. 38

7.5. Сколько гальванических элементов с ЭДС 1,5 В и внутренним сопротивлением 0,5 Ом каждый нужно соединить параллельно, чтобы сила тока была 0,5 А при сопротивлении внешней цепи 2,9 Ом?

7.6. Дано пять аккумуляторов с ЭДС 6 В и внутренним сопротивлением 0,6 Ом каждый. Каким должно быть сопротивление внешней цепи, чтобы при последовательном соединении аккумуляторов сила тока оказалась равной 2 А?

7.7. Определите общее сопротивление электрической цепи, изображенной на рис. 39, если $R = 40$ Ом, $r = 2$ Ом.

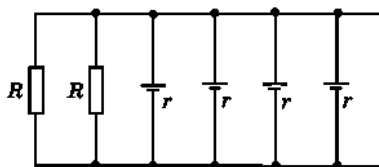


Рис. 39

7.8. Два источника с ЭДС $\mathcal{E}_1 = 60$ В и $\mathcal{E}_2 = 20$ В соединены, как показано на рис. 40. Определите внутреннее сопротивление второго источника тока, если внутреннее сопротивление первого источника тока $r_1 = 5$ Ом, сопротивление внешней цепи $R = 12$ Ом, сила тока в цепи $I = 4$ А.

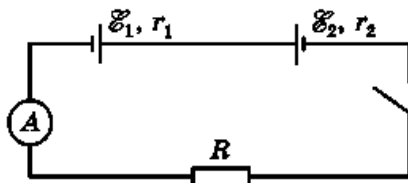


Рис. 40

7.9. При каком сопротивлении внешней цепи сила тока в ней будет одинакова при параллельном и последовательном соединении одинаковых источников тока в батарее?

8. Закон Кирхгофа для разветвленной цепи

8.1. На рис. 41 дана схема сложной электрической цепи постоянного тока. Определите силы токов и их направления в резисторах сопротивлениями $R_1 = 6$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 2$ Ом, если $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 6$ В и $\mathcal{E}_3 = 16$ В. Внутренние сопротивления источников тока не учитывать.

8.2. На рис. 42 дана схема сложной электрической цепи постоянного тока. Определите падение напряжения на каждом резисторе, если $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 4$ Ом, $R_3 = 2$ Ом и ЭДС источ-

ников тока $\mathcal{E}_1 = 5 \text{ В}$, $\mathcal{E}_2 = 18 \text{ В}$ и $\mathcal{E}_3 = 7 \text{ В}$. Внутренние сопротивления источников тока не учитывать.

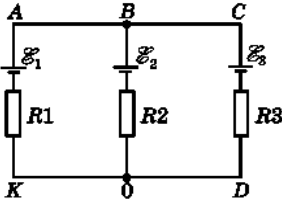


Рис. 41

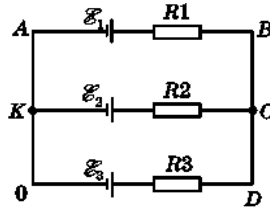


Рис. 42

8.3. На рис. 43 дана схема сложной электрической цепи постоянного тока. Определите падение напряжения на каждом резисторе, если $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 7 \text{ Ом}$, $R_3 = 4 \text{ Ом}$ и ЭДС источников тока $\mathcal{E}_1 = 10 \text{ В}$, $\mathcal{E}_2 = 25 \text{ В}$ и $\mathcal{E}_3 = 26 \text{ В}$. Внутренние сопротивления источников тока не учитывать.

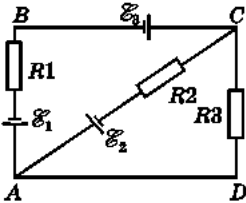


Рис. 43

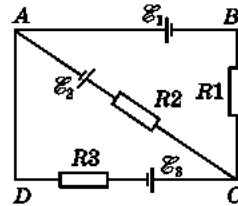


Рис. 44

8.4. На рис. 44 дана схема сложной электрической цепи постоянного тока. Определите падение напряжения на каждом резисторе, если $R_1 = 52 \text{ Ом}$, $R_2 = 8 \text{ Ом}$, $R_3 = 2 \text{ Ом}$ и ЭДС источников тока $\mathcal{E}_1 = 10 \text{ В}$, $\mathcal{E}_2 = 18 \text{ В}$ и $\mathcal{E}_3 = 50 \text{ В}$. Внутренние сопротивления источников не учитывать.

9. Работа и мощность постоянного электрического тока

9.1. По проводнику сопротивлением 20 Ом за 5 мин прошел заряд 300 Кл . Вычислите работу тока за это время.

9.2. По данным рис. 45 определите мощность тока, потребляемую резистором R .

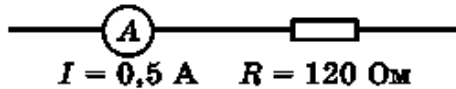


Рис. 45

9.3. Определите сопротивление электрического паяльника мощностью 300 Вт, включенного в сеть напряжением 220 В.

9.4. Две электрические лампы сопротивлениями 100 и 300 Ом последовательно включены в сеть. Какая из ламп потребляет большую мощность и во сколько раз?

9.5. Определите КПД источника тока с внутренним сопротивлением r , замкнутого на внешнее сопротивление R .

9.6. Сколько электронов проводимости проходит каждую секунду через поперечное сечение вольфрамовой нити лампочки мощностью 70 Вт, включенной в сеть с напряжением 220 В?

9.7. Определите стоимость электрической энергии, потребляемой лампой мощностью 100 Вт за 200 ч горения. Стоимость 1 кВт*ч энергии 0,4 р.

9.8. На рис. 46 дана схема смешанного соединения резисторов сопротивлениями: $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = R_3 = 20 \text{ Ом}$, $R_4 = 40 \text{ Ом}$. По какому резистору протекает ток наибольшей мощности и какова общая мощность тока, потребляемая цепью, если $I_{06} = 3 \text{ A}$?

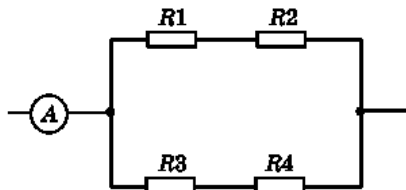


Рис. 46

9.9. Лампа, рассчитанная на напряжение 127 В, потребляет мощность 100 Вт. Какой дополнительный резистор нужно включить последовательно с лампой, чтобы она потребляла такую же мощность от сети с напряжением 220 В?

9.10. На рис. 47 дана схема соединения трех резисторов сопротивлениями: $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 40$ Ом и $R_3 = 32$ Ом. По какому резистору протекает ток наибольшей мощности? Определите мощность, потребляемую цепью, если $I_{06} = 2,5$ А.

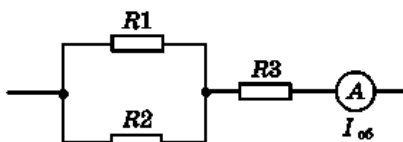


Рис.47

9.11. Во сколько раз сопротивление лампы, рассчитанной на напряжение 220 В, должно быть больше сопротивления лампы такой же мощности, рассчитанной на напряжение 127 В?

10. Тепловое действие тока

10.1. Какое сопротивление должен иметь резистор, чтобы при включении в сеть с напряжением 220 В нем за 10 мин выделилось 66 кДж теплоты?

10.2. Резисторы сопротивлениями $R_1 = 150$ Ом и $R_2 = 90$ Ом включены последовательно в сеть. Какое количество теплоты выделится в резисторе R_1 , если в резисторе R_2 выделилось 18 кДж теплоты?

10.3. По данным рис. 48 определите количество теплоты, которое выделится в резисторе R_1 за 5 мин.

10.4. По данным рис. 49 определите количество теплоты, которое выделится в резисторе R_2 за 10 мин.

10.5. В паспорте электрического утюга написано: «200 В;

600 Вт». Какое количество теплоты выделится в спирали утюга за 2 ч работы при напряжении 220 В?

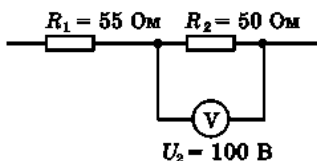


Рис. 48

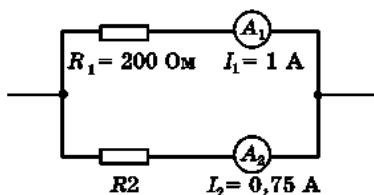


Рис. 49

10.6. Какое количество теплоты выделится в проводнике, по которому пройдут $5 \cdot 10^{20}$ электронов проводимости при разности потенциалов на концах проводника, равной 220 В?

10.7. В электрическом кипятильнике вместимостью 2,2 л вода нагревается от 20 °С до кипения за 32 мин. Определите силу тока, проходящего по обмотке нагревателя, если разность потенциалов между его концами равна 220 В и КПД нагревателя 70%.

10.8. По данным рис. 50 определите количество теплоты, которое выделится в цепи за 20 мин.

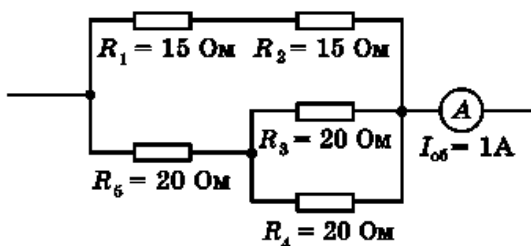


Рис. 50

10.9. В каком из четырех резисторов в цепи, изображенной на рис. 51, выделится максимальное количество теплоты при прохождении постоянного тока?

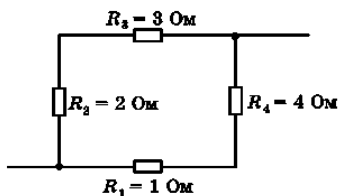


Рис. 51

10.10. В электрическом чайнике за 8 мин нагревается 2,5 л воды от 20 °С до кипения. Определите сопротивление спирали чайника, если напряжение в сети 220 В, а КПД чайника 85%.

10.11. Резисторы сопротивлениями $R_1 = 60 \text{ Ом}$, $R_2 = 40 \text{ Ом}$ и $R_3 = 24 \text{ Ом}$ соединены, как показано на рис. 52. Определите количество теплоты, которое выделится в каждом резисторе за 5 мин, и общее количество теплоты, которое выделится в цепи за это время, если $U_3 = 60 \text{ В}$.

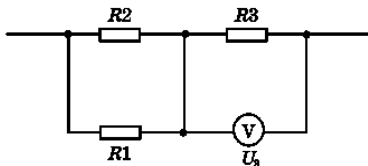


Рис. 52

11. Электронная проводимость металлов

11.1. На рис. 53 даны графики зависимости потенциальной энергии свободных электронов, находящихся вне и внутри металлов, от вида металлов. Сравните графики и ответьте на вопросы:

а) Какие электроны обладают большей потенциальной энергией: находящиеся вне или внутри металлов? Почему?

б) В каком металле, I или II , работа выхода электронов больше?

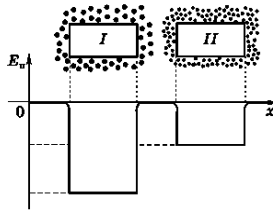


Рис. 53

11.2. Какой наименьшей скоростью должен обладать свободный электрон алюминия, который, двигаясь перпендикулярно его поверхности, вылетел бы из него, если работа выхода электрона у алюминия равна 3,74 эВ?

11.3. С какой наименьшей скоростью должен двигаться свободный электрон никеля перпендикулярно его поверхности, чтобы эмитировать из него? Работа выхода электрона у никеля равна 4,84 эВ.

11.4. Определите термо-ЭДС термопары медь — константан, если разность температур их спаев равна 1000 К, а коэффициент термо-ЭДС в данном интервале температур равен $\alpha = 5,8 \cdot 10^{-5}$ В/К.

11.5. Может ли эмитировать из железа электрон, летящий перпендикулярно его поверхности со скоростью 1000 км/с, если работа выхода электрона у железа равна 4,36 эВ?

11.6. В каком случае возникает контактная разность потенциалов (не равная нулю) между концевыми проводниками А и В в соединении трех проводников, как показано на рис. 54, а–в?

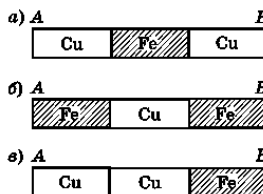


Рис. 54

11.7 Определите контактную разность потенциалов при постоянной температуре в месте соединения меди и алюминия, если работа выхода свободных электронов у алюминия 3,74 эВ, а у меди 4,47 эВ.

12. Электрический ток в электролитах

12.1. Определите массу выделившегося хлора при прохождении $N = 5 \cdot 10^{24}$ электронов через раствор NaCl.

12.2. Сколько серебра выделится на катоде при прохождении тока через водный раствор нитрата серебра за 5 ч, если сопротивление ванны 6 Ом, напряжение на ее зажимах 6 В? Серебро одновалентное.

12.3. При получении алюминия электролизом раствора Al_2O_3 в расплавленном криолите пропускают ток $2 \cdot 10^4$ А. Определите время, в течение которого выделится 10 кг алюминия.

12.4. При электролизе $ZnSO_4$ выделилось 61,2 г цинка. Определите затраченную энергию электрического тока, если напряжение на зажимах ванны 10 В. Ответ выразите в киловатт-часах.

12.5. Определите электромеханический эквивалент хлора, атомная масса которого $A = 35,453$, валентность $n = 1$.

12.6. Медный анод массой 33 г погружен в ванну с водным раствором медного купороса (сульфата меди). Через какое время анод полностью растворится, если электролиз идет при силе тока 2 А?

12.7. Две электролитические ванны с растворами $CuSO_4$ и $AgNO_3$ соединены последовательно. Сколько серебра выделится за время, в течение которого выделилось 6,6 г меди?

12.8 Две электролитические ванны соединены последовательно. В первой ванне выделилось 19,5 г цинка, во второй за это же время — 11,2 г железа. Цинк двухвалентен. Какова валентность железа?

12.9. Ванна с раствором нитрата серебра подключена к

источнику тока с напряжением 4 В. Определите сопротивление раствора в ванне, если за 1 ч на катоде выделилось 6,04 г серебра.

13. Химические источники тока

13.1. Какой наименьшей емкостью должен обладать аккумулятор, чтобы при электролизе раствора сульфата меди на катоде отложилось 6,6 г меди?

13.2. Определите емкость аккумулятора, если при средней силе тока 0,8А полная разрядка произошла через 20 ч.

13.3. Зарядка аккумулятора продолжалась $t_3 = 5$ ч при силе тока $I_3 = 1$ А и напряжении $U_3 = 3$ В. Аккумулятор, работая в постоянном режиме, полностью разрядился за $t_p = 75$ ч при силе тока $I_p = 0,2$ А и внешнем сопротивлении $R = 4$ Ом. Не учитывая внутреннего сопротивления аккумулятора, определите его КПД.

14. Электрический ток в газах и вакууме

14.1. При облучении газоразрядной трубки рентгеновским излучением каждую секунду образуется $6 \cdot 10^{19}$ пар ионов и одновременно рекомбинируется $2 \cdot 10^{19}$ пар ионов. Определите силу тока в трубке, если заряд каждого иона равен $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

14.2. При облучении газа γ -излучением каждую секунду образуется $5 \cdot 10^{18}$ пар ионов. Определите силу тока насыщения, проходящего через газ, если заряд каждого иона равен $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

14.3. По вольт-амперной характеристике газа определите сопротивление газа, соответствующее каждому значению напряжения, указанному на рис. 55.

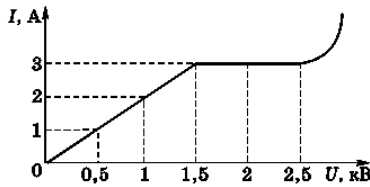


Рис. 55

14.4. Определите длину свободного пробега электрона в электродной трубке, заполненной разреженным азотом, в момент возникновения ударной ионизации, если напряженность электрического поля между электродами трубки $2 \cdot 10^4$ В/м, а работа ионизации молекулы азота равна 15,8 эВ.

14.5. При какой наименьшей температуре водород будет полностью ионизирован? Работа ионизации атома водорода 13,5 эВ.

14.6. По анодной характеристике вакуумного диода, приведенной на рис. 56, определите силу тока насыщения и сопротивление лампы при анодном напряжении 30 В.

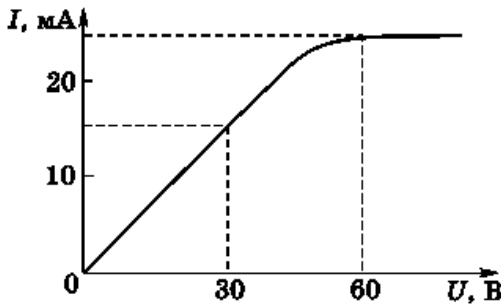


Рис. 56

14.7. Постройте вольт-амперную характеристику диода в зависимости от изменения напряжения в анодной цепи при постоянном токе в цепи накала по следующим данным: Определите силу тока насыщения и сопротивления диода при напряжениях в

анодной цепи 20 и 60 В.

$U, \text{В}$	0	20	40	60	80
$I, \text{мА}$	0	5	15	20	20

14.8. Сколько электронов эмитирует из катода за 1 ч работы диода при анодном токе насыщения, равном 20 мА?

15. Электрический ток в полупроводниках

15.1. Какой проводимостью обладает проводник, взаимное положение валентных электронов атома которого показано на рис. 57?

15.2. На рис. 58 даны графики зависимости сопротивления металла и полупроводника от температуры. Какой график характеризует свойства металла, а какой — свойства полупроводника? Почему?

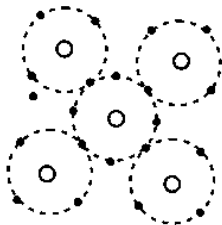


Рис. 57

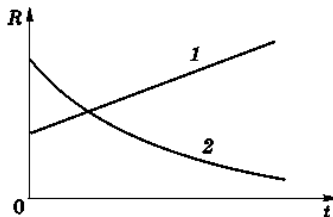


Рис. 58

15.3. На рис. 59, а, б изображены $p-n$ -переходы двух диодов и направления движения основных носителей электрического тока. Через какой диод проходит ток, а через какой не проходит? Почему?

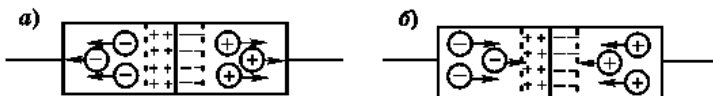


Рис. 59

16. Магнитное поле. Закон Ампера

16.1. Определите направление тока, если известно направление вектора индукции магнитного поля в центре кругового проводника с током (рис. 60).

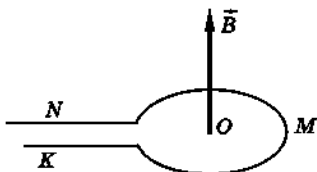


Рис. 60

16.2. Определите направление линий индукции магнитного поля тока, текущего по рамке (рис. 61), и изобразите их.

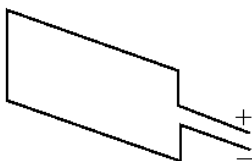


Рис. 61

16.3. Под каким углом к линиям индукции расположен прямолинейный проводник в однородном магнитном поле индукцией 15 Тл, если на каждые 10 см длины проводника действует сила, равная 3 Н, и по нему проходит ток 4А?

16.4. Проводник, активная длина которого 0,4 м, расположен перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Определите индукцию магнитного поля, если на проводник действует сила 1,6 Н, когда по нему проходит ток 0,8А.

16.5. Определите индукцию однородного магнитного поля, в котором на прямой провод длиной 0,5 м, расположенный под углом 30° к линиям индукции, действует сила 9 Н, когда по проводнику проходит ток 3А.

16.6. Определите направление тока в прямолинейном проводнике, если направление вектора индукции магнитного поля этого тока в точке, взятой вне проводника, показано на рис. 62.

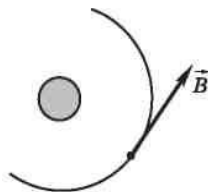


Рис. 62

16.7. Под каким углом к линиям индукции однородного магнитного поля должен быть расположен проводник с активной длиной 0,4 м, чтобы поле индукцией 0,8 Тл действовало на проводник силой 1,6 Н, если по нему проходит ток 5 А?

16.8. На проводник с активной длиной 0,5 м, помещенный в однородное магнитное поле индукцией 3 Тл, действует сила 6 Н. Определите силу тока в проводнике при условии, что он расположен перпендикулярно линиям индукции.

16.9. Определите длину активной части прямолинейного проводника, помещенного в однородное магнитное поле индукцией 1,2 Тл под углом 30° к линиям индукции, если при силе тока 10 А на проводник действует сила 1,8 Н.

16.10. По данным рис. 63 определите силу взаимодействия между параллельными проводниками с токами. Токи одного или различных направлений проходят по проводникам?

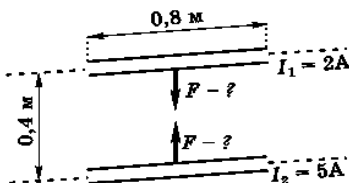


Рис. 63

16.11. На каком расстоянии от прямолинейного провода, по которому течет ток 12 А, индукция магнитного поля равна $6 \cdot 10^{-6}$ Тл?

16.12. Определите силу тока в двухпроводной линии постоянного тока, если сила взаимодействия между проводами на каждый метр длины равна 10^{-4} Н, а расстояние между проводниками 20 см.

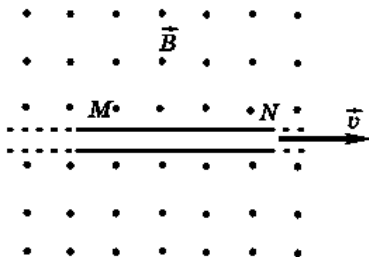
16.13. В однородном магнитном поле индукцией 2 Тл находится прямолинейный проводник длиной 0,1 м, на который действует сила 0,8 Н. Определите угол между направлением тока в проводнике и вектором индукции магнитного поля, если сила тока в проводнике 4 А.

16.14. Катушка длиной 12,56 см имеет 5000 витков. Какой ток необходимо пропустить через катушку, чтобы индукция магнитного поля на ее оси была равна 1 Тл?

16.15. На проводник с активной длиной 0,5 м, помещенный в однородное магнитное поле индукцией 0,4 Тл, действует сила 2 Н. Определите силу тока в проводнике, если он расположен перпендикулярно линиям индукции магнитного поля.

17. Магнитный поток. Работа при перемещении проводника с током в магнитном поле

17.1. Какой ток проходит по кольцевому проводнику радиусом 10 см, если его магнитный момент равен $25,12 \cdot 10^{-2}$ А*м²?



17.2. Какую работу совершит электрический ток 5 А , проходящий по прямолинейному проводнику MN , помещенному в однородное магнитное поле индукцией $B = 4\text{ Тл}$ и движущемуся со скоростью v (рис. 64).

17.3. Определите радиус плоской катушки, имеющей 200 витков, если при токе 4 А ее магнитный момент равен $25,12 \cdot 10^{-2}\text{ А} \cdot \text{м}^2$.

17.4. Определите магнитный поток, пронизывающий плоский контур площадью 200 см^2 , расположенный перпендикулярно линиям магнитной индукции, если индукция однородного поля равна 25 Тл .

17.5. Определите вращающий момент плоского контура прямоугольной формы со сторонами 10 и 20 см , помещенного в однородное магнитное поле индукцией 5 Тл . По контуру проходит ток 2 А . Угол между вектором магнитного момента и вектором индукции магнитного поля 45° .

17.6. Прямолинейный проводник MN длиной 2 м , по которому проходит постоянный ток $I = 4,5\text{ А}$, находится в однородном магнитном поле индукцией $B = 0,5\text{ Тл}$ перпендикулярно линиям индукции (рис. 65). Определите работу сил электрического тока, совершенную при перемещении проводника MN в положение M_1N_1 , если $MM_1 = r = 20\text{ см}$.

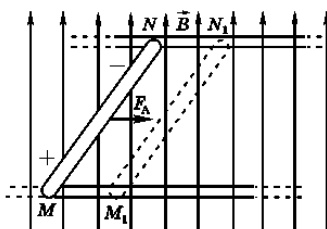


Рис. 65

17.7. Из провода изготовлена катушка длиной $6,28\text{ см}$. Определите магнитный поток внутри катушки, если ее радиус равен 1 см и она содержит 200 витков. По катушке проходит ток 1 А . Магнитное поле внутри катушки считать однородным.

18. Действие магнитного и электрического полей на движущийся заряд

18.1. Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого $0,5$ Тл, со скоростью $20\ 000$ км/с перпендикулярно линиям индукции. Определите силу, с которой магнитное поле действует на электрон.

18.2. Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого $0,05$ Тл, перпендикулярно линиям индукции со скоростью $40\ 000$ км/с. Определите радиус кривизны траектории электрона.

18.3. Ядро атома гелия (α -частица) влетает в однородное магнитное поле индукцией 1 Тл со скоростью $5 \cdot 10^6$ м/с перпендикулярно линиям индукции. Определите радиус окружности, по которой движется частица. Заряд α -частицы $3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл, масса $6,65 \cdot 10^{-27}$ кг.

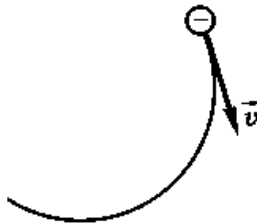


Рис. 66

18.4. Определите направление вектора индукции \mathbf{B} однородного магнитного поля, если известно, что электрон, влетевший в магнитное поле перпендикулярно линиям индукции, двигался по траектории, показанной на рис. 66.

18.5. Двухвалентный ион движется со скоростью 481 км/с в однородном магнитном поле индукцией $0,1$ Тл. Определите массу иона, если он описывает окружность радиусом 10 см.

18.6. Протон, выброшенный Солнцем, входит во внешний радиационный пояс Земли со скоростью 400 км/с под углом 30° к линиям индукции. Определите первоначальный радиус винтовой траектории протона, если индукция геомагнитного поля 10^{-6} Тл. Сделайте рисунок, выведите формулу.

18.7. Электрон из состояния покоя ускоряется электрическим полем с напряженностью 455 Н/Кл. С каким ускорением движется электрон?

18.8. На высоте 50—60 тыс. км над поверхностью Земли находится радиационный пояс, состоящий из электронов, создающих кольцевой ток в несколько миллионов ампер. Определите магнитный момент этого кольцевого тока, если радиус кольца (от центра)

19. Закон электрической индукции. Правило Ленца

19.1. Определите полюсы постоянного магнита, если при движении проводника вверх в нем возникает индукционный ток, направленный от нас (рис. 67).

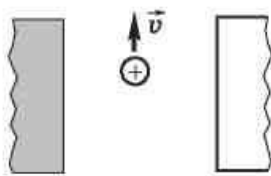


Рис. 67

19.2. Сложенная вдвое проволока движется в магнитном поле перпендикулярно его линиям индукции, как показано на рис. 68. Возникает ли ЭДС индукции в проволоке? Объясните.

19.3. В проводнике, движущемся перпендикулярно линиям индукции магнитного поля, возникает индукционный ток, имеющий направление, показанное на рис. 69. В каком направлении движется проводник?

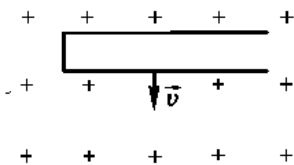


Рис. 68

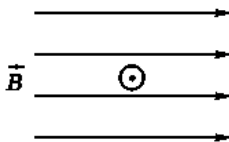


Рис. 69

19.4. Под каким углом к линиям индукции однородного магнитного поля индукцией 0,5 Тл надо перемещать проводник длиной 0,4 м со скоростью 15 м/с, чтобы в нем возникла ЭДС 2,12 В?

19.5. С какой скоростью движется проводник в воздухе перпендикулярно линиям индукции магнитного поля, индуктивность которого 1 Тл, если на концах проводника длиной 0,6 м возникла разность потенциалов 3 В?

19.6. Какую длину активной части должен иметь проводник, чтобы при перемещении его со скоростью 30 м/с перпендикулярно вектору магнитной индукции, равной 0,6 Тл, в нем возбуждалась ЭДС индукции 45 В?

19.7. Определите ЭДС индукции в проводящем контуре, который находится в переменном магнитном поле, изменяющемся со скоростью 4 Вб/с.

19.8. На рис. 70 изображены линии напряженности вихревого электрического поля. Определите направление линий индукции магнитного поля.



Рис. 70

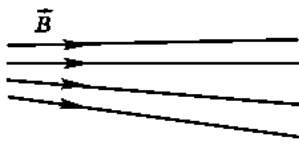


Рис. 71

19.9. На рис. 71 изображены линии индукции магнитного поля. Определите направление линий напряженности вихревого электрического поля.

19.10. Определите магнитный поток, проходящий сквозь солнечное пятно площадью $1,2 \cdot 10^{15} \text{ м}^2$, если средняя индукция магнитного поля пятна равна $0,3 \text{ Тл}$. Линии индукции магнитного поля пятна перпендикулярны его поверхности.

19.11. Определите направление индукционного тока в кольце, если к нему приближать или от него удалять постоянный магнит, как показано на рис. 72.

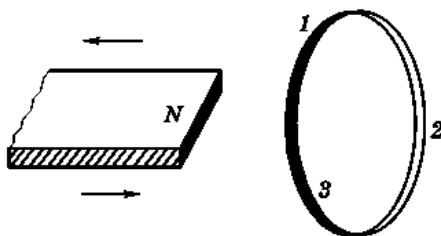


Рис. 72

19.12. Солнечное пятно, площадь поверхности которого $5 \cdot 10^{11} \text{ м}^2$, пронизывается магнитным потоком $2 \cdot 10^{11} \text{ Вб}$. Определите индукцию магнитного поля пятна.

20. Самоиндукция. Энергия магнитного поля

20.1. Электромагнит индуктивностью 5 Гн подключен к источнику тока, ЭДС которого 110 В . Определите общую ЭДС в момент размыкания цепи, если сила тока при этом убывает со скоростью 8 А/с .

20.2. Требуется изготовить катушку длиной $6,28 \text{ см}$ и площадью поперечного сечения 40 см^2 с индуктивностью $0,02 \text{ Гн}$. Сколько витков должна иметь эта катушка?

20.3. Определите модуль ЭДС самоиндукции, которая возбуждается в обмотке электромагнита индуктивностью $0,5 \text{ Гн}$ при равномерном изменении в ней силы тока на 6 А за каждые $0,03 \text{ с}$.

20.4. Определите скорость изменения силы тока в обмотке электромагнита индуктивностью 4 Гн , если в ней возбуждается ЭДС самоиндукции, равная 100 В .

20.5. Определите индуктивность витка проволоки, если при силе тока 5 А создается магнитный поток, равный $0,2 \text{ Вб}$.

20.6. По катушке индуктивностью 5 Гн проходит ток 4 А . Определите магнитный поток внутри катушки, если ее обмотка состоит из 500 витков.

20.7. Индуктивность катушки с железным сердечником равна 25 Гн . Определите ЭДС самоиндукции в момент размыкания цепи, если скорость изменения силы тока в ней равна 100 А/с .

20.8. Определите энергию магнитного поля катушки индуктивностью $0,8 \text{ Гн}$, когда по ней проходит ток 4 А .

Список использованной литературы

1. Широбокова О.Е. Электротехника и электроника: учебно-методическое пособие к выполнению самостоятельной работы студентов. Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2015. 46 с.

2. Прыгов Н.М., Широбокова О.Е., Маркарянц Л.М. Практикум по теоретическим основам электротехники: методическое пособие к решению задач по теоретическим основам электротехники и выполнению самостоятельной работы студентов-бакалавров, обучающихся по направлению 140400 «Электроэнергетика и электротехника». Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2014. 81 с.

3. Маркарянц Л.М., Прыгов Н.М., Кирдищев Д.В. Практикум по теоретическим основам электротехники: методическое пособие к решению задач по теоретическим основам электротехники и выполнению самостоятельной работы студентов специальности «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства». Брянск: Изд-во Брянская ГСХА, 2011. 111 с.

Учебное издание

Кирдищев Дмитрий Владимирович

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
по выполнению
ПРАКТИЧЕСКИХ И САМОСТОЯТЕЛЬНЫХ
РАБОТ

по ОП 04 Основы электротехники

по специальности 35.02.08 Электрификация и автоматизация
сельского хозяйства

Редактор Лебедева Е.М.

Подписано к печати 08.02.2018 г. Формат 60x84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 6,04. Тираж 30 экз. Изд. № 5490.

Издательство Брянского государственного аграрного университета
243365 Брянская обл., Выгоничский район, с. Кокино, Брянский ГАУ