

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шебзухова Татьяна Анисовна

Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского федерального университета

Дата подписания: 10.11.2023 12:25:46

Уникальный программный ключ:

d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания

по выполнению контрольной работы

по дисциплине «ФИЗИКА» для студентов направления подготовки

08.03.01 Строительство

Содержание

№ п/п		Стр.
	Введение	
1.	Цель и задачи изучения дисциплины	
2.	Оборудование и материалы	
3.	Наименование контрольных работ	
4.	Список контрольных работ	
5.1	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины	

Введение

Контрольная работа создаёт оптимальные дидактические условия для деятельностного освоения студентами содержания и методологии изучаемой дисциплины «Физика». Контрольные работы проводятся с целью выработки практических умений и приобретения навыков в решении задач, отработки упражнений, выполнении чертежей, производстве расчётов и т.п.

Целью контрольных работ является формирование практических умений – профессиональных (выполнять определённые действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных, необходимых в последующей учебной деятельности по общепрофессиональным и профессиональным дисциплинам.

Библиографический список содержит сведения о справочной литературе и дополнительных изданиях, необходимых для углубленного изучения отдельных вопросов.

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Физика» является формирование у студентов компетенций позволяющий выработать навыки физических исследований в сферах академической, профессиональной и общенаучной деятельности.

Задачи освоения дисциплины:

- изучение законов окружающего мира в их взаимосвязи;
- овладение фундаментальными принципами и методами решения научно-технических задач;
- формирование навыков по применению положений фундаментальной физики к грамотному научному анализу ситуаций, с которыми инженеру приходится сталкиваться при создании новых технологий;
- освоение основных физических теорий, позволяющих описать явления в природе, и пределов применимости этих теорий для решения современных и перспективных технологических задач.

Для оценивания контрольной работы студент должен выполнить 2 задачи: по последней цифре студенческого билета и последняя цифра студенческого билета +10.

А также привести ответы на вопросы

Законы постоянного тока.

Цель занятия. Изучить законы постоянного тока

Знания и умения, приобретаемые студентом в результате освоения темы, формируемые компетенции. Электрический ток. Сила тока. Плотность тока. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление проводников. Источники тока. Электродвижущая сила (ЭДС). Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС. Закон Ома для полной цепи. Разветвленные цепи. Законы Кирхгофа. Работа и мощность тока. Закон Джоуля - Ленца. Тепловое действие электрического тока и его применение в технике. Элементарная классическая теория электропроводности металлов. Границы применимости классической теории электропроводности. Контактные явления. Владеет способностью применять соответствующий физико-математический аппарат при решении профессиональных задач.

Актуальность темы. Основные понятия и законы постоянного тока применяется при решении инженерных задач.

Теоретическая часть.

Характеристики электрического тока и условия его существования

В электростатике изучались явления, обусловленные неподвижными зарядами. Если по какой-либо причине возникает упорядоченное движение зарядов и через поверхность переносится заряд, отличный от нуля, то говорят, что возникает электрический ток.

Количественной характеристикой электрического тока служит сила тока – величина заряда, переносимого через рассматриваемую поверхность в единицу времени. Если за время dt через поверхность переносится заряд dq , то сила тока равна:

$$I = \frac{dq}{dt}$$

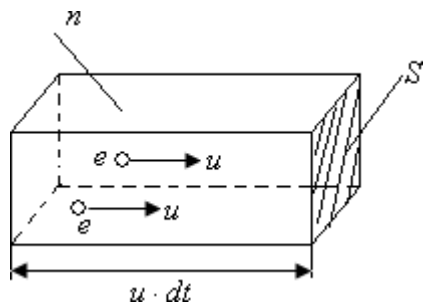
Единицей силы тока является ампер (А). За направление тока принимается направление, в котором перемещаются положительные заряды или направление, противоположное направлению движения отрицательных зарядов. Свободные заряды, которые перемещаются в среде, называются носителями тока.

Электрический ток может быть распределен неравномерно по поверхности, через которую он течет. Более детально ток можно охарактеризовать с помощью вектора плотности тока $\vec{j}$. Пусть заряженные частицы движутся в определенном направлении со скоростью $\vec{u}$. Вектором плотности тока $\vec{j}$ называется вектор, по направлению совпадающий с направлением скорости положительных зарядов (или против направления скорости отрицательных зарядов), а по абсолютной величине равный отношению силы тока dI через элементарную площадку $dS_{\perp}$, расположенную в данной точке пространства перпендикулярно к направлению движения носителей, к ее площади.

$$\vec{j} = \frac{dI}{dS_{\perp}}$$

Число носителей тока в единице объема n называется плотностью носителей тока. Заряд отдельного носителя будет обозначаться e .

Если свободными зарядами являются, например, электроны, а положительные заряды неподвижны (это имеет место в металлах), то плотность носителей будет совпадать с числом свободных электронов в единице объема.



Вектор плотности тока можно выразить через плотность носителей тока и скорость их движения. Количество заряда, перенесенного за время dt через некоторую поверхность S , перпендикулярную к вектору скорости (рис. 20.1), равно $dq = n \cdot e \cdot u \cdot dt \cdot S$. За время dt площадку S пересекут все свободные заряды в параллелепипеде с основанием S и длиной $u dt$. Если площадка S достаточно мала, то плотность

тока в её пределах можно считать постоянной и тогда:

$$j = \frac{I}{S} = \frac{dq}{Sdt} = \frac{n \cdot e \cdot u \cdot dt \cdot S}{S \cdot dt} = n \cdot e \cdot u.$$

В векторной форме:

$$\vec{j} = n \cdot e \cdot \vec{u}$$

Сила тока через произвольную поверхность

$$I = \int_S \vec{j} d\vec{S}$$

Электрический ток, обусловленный движением свободных зарядов в проводниках различной природы, называется током проводимости.

Свободные заряды в проводнике испытывают столкновения с атомами проводника. За время «свободного пробега» τ между двумя столкновениями заряд в проводнике приобретает направленную скорость вдоль внешнего электрического поля:

$$\vec{u} = w\tau = \frac{eE}{m_0} \tau$$

где $\vec{E}$ напряженность электрического поля в проводнике. После очередного столкновения скорость теряется. Затем, до следующего столкновения, происходит новое наращивание направленной скорости.

Из вышеизложенного следует, что *условиями существования тока* является:

а) Наличие свободных зарядов;

б) Наличие электрического поля внутри проводника, чтобы поддерживать перемещение зарядов.

Электродвижущая сила, напряженность

Если бы на носитель тока действовали только силы электростатического поля, то под действием этих сил положительные носители перемещались бы из места с большим потенциалом к месту с меньшим потенциалом, а отрицательные носители двигались бы в обратном направлении. Это привело бы к выравниванию потенциалов, и в результате ток бы прекратился. Чтобы этого не произошло, должны иметься участки на которых перенос положительных зарядов происходит в сторону возрастания ϕ , т.е. против сил электростатического поля. Перенос носителей на этих участках возможен лишь с помощью сил не электростатического происхождения, называемых сторонними силами. Физическая природа сторонних сил может быть различна. Например, химическая (как в аккумуляторах), механическая, магнитная и другие.

Величина, равная отношению работы сторонних сил по перенесению заряда к величине этого заряда называется электродвижущей силой (ЭДС).

ЭДС измеряется в тех же единицах что и потенциал, т.е. в вольтах (В).

Стороннюю силу, действующую на заряд, можно представить в виде

$\vec{F}_{стор} = \vec{E}_{стор} q$, где $\vec{E}_{стор}$ - напряженность поля сторонних сил. Работа сторонних сил над зарядом на некотором участке 1-2:

$$A_{стор} = q \int_1^{1-2} \vec{E}_{стор} d\vec{l}$$

Разделив обе части согласно определению ЭДС на заряд, получим:

$$\varepsilon_{12} = \frac{A_{стор}^{1-2}}{q} = \int_1^{1-2} \vec{E}_{стор} d\vec{l}$$

Для замкнутой цепи:

$$\varepsilon = \oint \vec{E}_{стор} d\vec{l}$$

ЭДС, действующая в замкнутой цепи, может быть определена как циркуляция вектора напряженности сторонних сил.

Кроме сторонних сил на заряд действуют силы электростатического поля

$\vec{F}_E = q\vec{E}$. Результирующая сила, действующая в каждой точке цепи на заряд, равна:

$$\vec{F} = \vec{F}_E + \vec{F}_{стор} = q(\vec{E} + \vec{E}_{стор})$$

Работа, совершаемая этой силой над зарядом q на участке цепи 1-2,

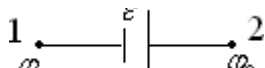
определяется выражением $A_{12} = q \int_1^{1-2} \vec{E} d\vec{l} + q \int_1^{1-2} \vec{E}_{стор} d\vec{l}$. Т.к. $q \int_1^{1-2} \vec{E} d\vec{l} = q(\varphi_1 - \varphi_2)$

, а $q \int_1^{1-2} \vec{E}_{стор} d\vec{l} = q\varepsilon_{12}$, тогда работа равна $A_{12} = q(\varphi_1 - \varphi_2) + q\varepsilon_{12}$.

Разделим обе части на q . В левой части отношение $\frac{A_{12}}{q}$ обозначим U_{12} .

Величина, численно равная отношению работы и электростатических и сторонних сил по перемещению заряда к величине этого заряда называется

падением напряжения или просто напряжением на



данном участке цепи U_{12} .

Таким образом (рис. 20.2),

$$U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}$$

Рис. 20.2

Заметим, что если на участке отсутствует ЭДС, то $U_{12} = \varphi_1 - \varphi_2$. (Для замкнутой цепи точки 1 и 2 совпадают, $\varphi_1 = \varphi_2$ и, тогда $U_{12} = \varepsilon_{12}$.) Можно показать, что $U_{12} = IR$, где R - полное сопротивление цепи и тогда

$$IR = \varphi_1 - \varphi_2 + \varepsilon_{12}$$

Это уравнение выражает закон Ома для неоднородного участка цепи (с ЭДС).

Классическая электронная теория электропроводимости металлов и ее недостаточность

Внутренняя структура металлов характеризуется кристаллической решеткой. В узлах кристаллической решетки находятся положительные ионы; в пространстве между ними практически свободно движутся обобществленные электроны. Немецкий физик П. Друде предположил, что электроны ведут себя как частицы идеального газа, и предложил использовать для описания их поведения известные формулы кинетической теории газов.

Система свободных обобществленных в кристаллической решетке электронов называется электронным газом. В отличие от молекул газа, пробег которых определялся соударением молекул друг с другом, электроны сталкиваются преимущественно не между собой, а с ионами образующими кристаллическую решетку металла. Этими столкновениями обусловлено в частности, сопротивление металла электрическому току.

Хаотическое тепловое движение электронов в металлах можно характеризовать средней скоростью $\langle v \rangle = \sqrt{\frac{8kT}{\pi \cdot m_e}}$ (для комнатных температур $\langle v \rangle \sim 10^3 \text{ м/с}$). При наличии внешнего поля электроны обладают еще некоторой средней скоростью направленного движения $\vec{u}$. Обычно $u \sim 10^{-2} \div 10^{-3} \text{ м/с}$, то есть $u \ll \langle v \rangle$.

Вывод законов Ома и Джоуля-Ленца из электронных представлений

Закон Ома.

Средний путь, проходимый свободно движущимися электронами между двумя последовательными столкновениями с ионами решетки называется средней длиной свободного пробега λ . Среднее время между двумя столкновениями $\tau = \frac{\lambda}{v}$ (определяется скоростью хаотического движения). При наличии поля $E \rightarrow$ направленная скорость электронов накапливается за время

свободного пробега и к моменту следующего соударения достигает максимальной величины:

$$\vec{u}_{max} = w\tau = \frac{eE}{m\nu} \cdot \vec{\lambda}$$

Скорость $\vec{u}$ изменяется за время пробега линейно. Поэтому ее среднее за пробег значение равно половине максимального значения.

$$\vec{u} = \frac{\vec{u}_{max}}{2} = \frac{1}{2} \frac{eE}{m\nu}$$

Плотность тока:

$$\vec{j} = n \cdot e \cdot \langle \vec{u} \rangle = \frac{n \cdot e^2 \cdot \vec{\lambda}}{2m\nu} E$$

Коэффициент пропорциональности между $\vec{j}$ и $\vec{E}$ обозначим $\sigma = \frac{n \cdot e^2 \cdot \lambda}{2m\nu}$

(σ - проводимость). В результате получим закон Ома в локальной форме (параметры относятся к данной точке сечения проводника).

$$\boxed{\vec{j} = \sigma \cdot \vec{E}}$$

Плотность тока в проводнике пропорциональна напряженности электрического поля $\vec{E}$. Коэффициентом пропорциональности является проводимость. (Замечание. Сравним полученную формулу с известной $I = \frac{U}{R}$.

Проводимость σ обратно пропорциональна удельному сопротивлению ρ $\sigma = \frac{1}{\rho}$. Плотность тока $j = \frac{I}{S}$. Напряженность поля $E = \frac{U}{l}$ (l - длина проводника). Тогда $\frac{I}{S} = \frac{1}{\rho} \frac{U}{l}$, или $I = \frac{U}{\rho \cdot l} S = \frac{U}{R}$, что и требовалось.)

Закон Джоуля – Ленца.

К концу свободного пробега электрон приобретает дополнительную кинетическую энергию, среднее значение которой равно:

$$\langle \Delta E_k \rangle = \frac{m \cdot u_{max}^2}{2} = \frac{e^2 \lambda^2}{2m\nu^2} E^2$$

(Напомним: $u_{max} = \frac{eE\lambda}{m\nu}$).

Столкнувшись с атомом, электрон, по предположению, полностью передает приобретенную им энергию кристаллической решетке. Сообщенная решетке энергия идет на увеличение внутренней энергии металла, проявляясь в его нагревании.

Каждый электрон претерпевает за секунду в среднем $z = \frac{v}{\lambda}$ соударений.

Обозначим число электронов проводимости в единице объема n , тогда полная энергия, переданная электронами за единицу времени в единице объема будет равняться:

$$W = n \cdot z \cdot \Delta E_k = n \cdot z \cdot \frac{e^2 \lambda^2}{2m v^2} E^2 = \frac{n e^2 \lambda}{2m v} \frac{v}{\lambda} E^2 = \frac{n e^2 \lambda}{2m v} E^2.$$

Зная, что $\sigma = \frac{n e^2 \lambda}{2m v}$ в результате получим закон Джоуля – Ленца в локальной форме:

$$W = \sigma \cdot E^2$$

Тепловая мощность, выделяющаяся в единице объема при протекании электрического тока пропорциональна квадрату напряженности поля.

Переходя от σ и E к ρ и j : ($\sigma = \frac{1}{\rho}$, $E = \frac{j}{\sigma}$), получим $W = \frac{1}{\rho} \left(\frac{j}{\sigma} \right)^2 = \rho \cdot j^2$, или

$$W = \rho \cdot j^2$$

Получили другую форму закона Джоуля – Ленца. (Объемная плотность тепловой мощности равна произведению удельного сопротивления на квадрат плотности тока).

Затруднения классической электронной теории электропроводности металлов

Классическая теория смогла объяснить полученные ранее экспериментально законы Ома и Джоуля – Ленца, но есть и существенные затруднения. Основными являются следующие:

1. Теоретическое значение проводимости изменяется с температурой

$$\sigma_{теор} \sim \frac{1}{\sqrt{T}}, \text{ экспериментальная же зависимость } \sigma = \frac{1}{T}.$$

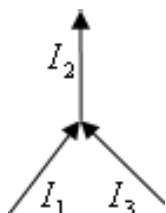
2. Классическая теория не в состоянии объяснить такое явление как сверхпроводимость.

Имеются и другие затруднения и в этом недостаточность классической теории.

Современная квантовая теория электропроводности металлов показывает, что все трудности классической теории связаны с тем, что представление об электронах как идеальном газе является грубым приближением. На самом деле электроны внутри металла не являются такими свободными, как это следует из классической теории.

В современной квантовой теории показывается, что электроны внутри металла, как и электроны в атоме не могут иметь любую энергию, а лишь вполне дискретные значения энергии – энергия электронов квантуется.

5. Законы Кирхгофа



1. Первый закон Кирхгофа:

Алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле, равна нулю.

$$\sum I_k = 0$$

При этом токи, идущие к узлу, принято считать положительными, а от узла – отрицательными (можно и наоборот – это несущественно).

Рис. 20.3

Заметим, что узел – это точка, где сходятся три и более тока. Например, для рис. 20.3 первый закон запишется так:

$$I_1 - I_2 + I_3 = 0.$$

2. Второй закон Кирхгофа (он относится к любому выделенному в цепи замкнутому контуру):

Алгебраическая сумма произведений сил токов в отдельных участках произвольного замкнутого контура на их сопротивления (сумма падений напряжений) равна алгебраической сумме ЭДС, действующих в этом контуре.

$$\sum I_k R_j = \sum \mathcal{E}_i$$

Примеры решения задач

Задача 1. Даны 12 элементов с ЭДС $\mathcal{E} = 1,5$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,4$ Ом. Как нужно соединить эти элементы, чтобы получить от собранной из них батареи наибольшую силу тока во внешней цепи, имеющей сопротивление $R = 0,3$ Ом? Определить максимальную силу тока $I_{\max}$.

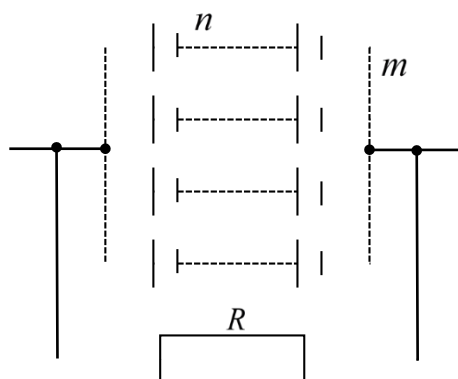
Дано:

$$N = 12$$

$$\mathcal{E} = 1,5 \text{ В}$$

$$r = 0,4 \text{ Ом}$$

$$R = 0,3 \text{ Ом}$$



$$I_{\max} = ?$$

Предположим, что соединение состоит из m параллельно соединенных ветвей по n последовательно соединенных элементов в каждой (см. рис.). Очевидно, $N = m \cdot n$, При последовательном соединении ЭДС и внутреннего сопротивления элементов складываются; поэтому ЭДС каждой ветви $E_B = nE$, а внутреннее сопротивление $r_B = n \cdot r$.

При параллельном соединении E системы равна E отдельного элемента и $\frac{1}{r_c} = \sum_{i=1}^m \frac{1}{r_i}$. Следовательно, ЭДС соединения равна ЭДС отдельной ветви

$$E_C = E_B, \text{ а внутреннее сопротивление соединения } r_c = \frac{r_B}{m}.$$

Таким образом, для батареи элементов имеем $E_C = n \cdot E$, и $r_c = \frac{nr}{m}$.

По закону Ома для замкнутой цепи получим

$$I = \frac{E_C}{r_c + R} = \frac{n \cdot E}{\frac{nr}{m} + R} = \frac{n \cdot mE}{nr + mR} = \frac{N \cdot E}{n \cdot r + mR} \quad (1)$$

Так как $N = m \cdot n$ и $n = \frac{N}{m}$, то окончательно получим

$$I = \frac{N \cdot E}{\frac{N}{m}r + mR} = \frac{NE \cdot m}{Nr + m^2R} \quad (2)$$

Исследуем на экстремум функцию $I(m)$, представленную формулой (2).

$$I'(m) = \left(\frac{NE \cdot m}{Nr + m^2R} \right)', = \frac{N \cdot E \cdot (Nr + m^2R) - N \cdot E \cdot m \cdot (2mR)}{(Nr + m^2R)^2} \quad (3)$$

Приравнявая (3) к нулю

$$\frac{NE (Nr + m^2R) - 2NE \cdot m^2R}{(Nr + m^2R)^2} = 0,$$

найдем максимальное значение m . В результате получим

$$m = \sqrt{\frac{Nr}{R}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 0,4}{0,3}} = 4, \text{ и } n = \frac{N}{m} = \frac{12}{4} = 3.$$

Таким образом:

$$I_{\max} = \frac{NE}{nr + mR} = \frac{12 \cdot 1,5}{3 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,3} = 7,5 \text{ A}.$$

Ответ: соединение состоит из четырех ветвей по 3 последовательно соединенных элементов, максимальный ток 7,5 А.

Задача 2. При силе тока $I_1=3 \text{ A}$ во внешней цепи батареи аккумуляторов выделяется мощность $P_1=18 \text{ Вт}$, при силе тока $I_2=1 \text{ A}$ – соответственно $P_2=10 \text{ Вт}$. Определить ЭДС E и внутреннее сопротивление r батареи.

Дано:

$$I_1=3 \text{ A}$$

$$P_1=18 \text{ Вт}$$

$$I_2=1 \text{ A}$$

$$P_2=10 \text{ Вт}$$

$$E = ?$$

$$r = ?$$

Так как мощность $P = I \cdot U$, то напряжение в первом случае

$$U_1 = \frac{P_1}{I_1}, \text{ а во втором } U_2 = \frac{P_2}{I_2}.$$

$$\text{Из закона Ома для замкнутой цепи - } I = \frac{E}{R + r}.$$

Из приведенных выше равенств следует

$$E = I_1 r + U_1$$

$$E = I_1 r + \frac{P_1}{I_1}$$

$\Leftrightarrow$

$$E = I_2 r + U_2$$

$$E = I_2 r + \frac{P_2}{I_2}$$

$$I_1 r + \frac{P_1}{I_1} = I_2 r + \frac{P_2}{I_2} \Rightarrow r = \frac{P_2 I_1 - P_1 I_2}{I_1 I_2 (I_1 - I_2)} = 2 \text{ Ом},$$

$$\text{и } E = I_1 r + \frac{P_1}{I_1} = 12 \text{ В}.$$

Задача 3. По железному проводнику, диаметром $d = 0,6 \text{ мм}$, течет ток 16 А . Определить среднюю скорость $\langle v \rangle$ направленного движения электронов, считая, что концентрация n свободных электронов равна концентрации n' атомов проводника.

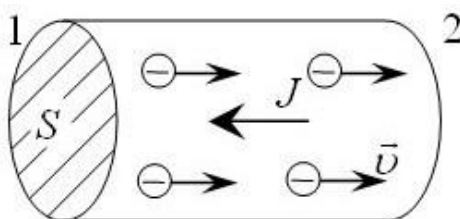
Дано:

$$d = 0,6 \text{ мм} = 6 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

$$I = 16 \text{ А}$$

$$n = n'$$

$$\langle v \rangle = ?$$



Средняя скорость упорядоченного движения электронов

$$v = \frac{l}{t} \quad (1)$$

где t – время, в течение которого все свободные электроны, находящиеся между сечениями 1 и 2, пройдя сечение 2 (см. рис.), перенесут заряд $Q = e \cdot N$, создавая ток силой

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{eN}{t} \quad (2)$$

где e – элементарный заряд, N – число электронов проводника, l – его длина.

Очевидно число электронов $N = n \cdot V = n \cdot l \cdot S$

(3)

где V – объем, а S – площадь сечения проводника. По условию, $n = n'$, следовательно

$$n = n' = \frac{N_A}{V_m} = \frac{N_A}{M / \rho} = \frac{N_A \cdot \rho}{M}, \quad (4)$$

где N_A – число Авогадро, ρ – плотность железа $\left(\rho = 7,87 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right)$,

M – молярная масса железа $\left(M = 56 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right)$.

Подставляя (4) в (3), а затем в (2), окончательно получим

$$I = \frac{N_A \cdot \rho \cdot l \cdot S \cdot e}{M \cdot t},$$

откуда

$$l = \frac{IMt}{N_A \rho S e}.$$

Подставим полученное выражение в (1), считая, что $S = \frac{\pi d^2}{4}$,

После преобразования найдем, что

$$v = \frac{4IM}{\pi d^2 N_A \cdot \rho \cdot e} = \frac{4 \cdot 16 \cdot 56 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot (6 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 6,0 \cdot 10^{23} \cdot 7,87 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}} = 4,2 \cdot 10^{-3} \text{ м/с} = 4,2 \text{ мм/с}$$

Вопросы и задания.

1. Постоянный электрический ток и его характеристики. Закон Ома для участка цепи.

2. Сторонние силы. Электродвижущая сила (ЭДС). Закон Ома для замкнутой цепи.

3. Работа и мощность тока. Закон Джоуля - Ленца.

4. Классическая электронная теория электропроводимости металлов и ее недостаточность

5. Обобщенный закон Ома. Правила Кирхгофа.

6. Электрический ток в металлах. Объяснить как протекает ток в металлах

Задачи для самостоятельного решения

1. Три батареи с ЭДС $E_1 = 12$ В, $E_2 = 5$ В и $E_3 = 10$ В и одинаковыми внутренними сопротивлениями r , равными 1 Ом, соединены между собой одноименными полюсами. Сопротивление соединительных проводов ничтожно мало. Определить силы токов I , идущих через каждую батарею.

2. Две группы из трех последовательно соединенных элементов соединены параллельно. ЭДС E каждого элемента равна 1,2 В, внутреннее сопротивление $r = 0,2$ Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление $R = 1,5$ Ом. Найти силу тока I во внешней цепи.

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

4. Зашунтированный амперметр измеряет токи силой до $I = 10$ А. Какую наибольшую силу тока может измерить этот амперметр без шунта, если сопротивление R_a амперметра равно 0,02 Ом и сопротивление $R_{ш}$ шунта равно 5 мОм?

5. Сила тока в проводнике равномерно нарастает от $I_0 = 0$ до $I = 3$ А в течение времени $t = 10$ с. Определить заряд Q , прошедший в проводнике.

6. Даны 12 элементов с ЭДС $E = 1,5$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,4$ Ом. Как нужно соединить эти элементы, чтобы получить от собранной из них батареи наибольшую силу тока во внешней цепи, имеющей сопротивление $R = 0,3$ Ом? Определить максимальную силу тока $I_{\max}$.

7. Два элемента ($E_1 = 1,2$ В, $r_1 = 0,1$ Ом; $E_2 = 0,9$ В, $r_2 = 0,3$ Ом) соединены одноименными полюсами. Сопротивление R соединительных проводов равно 0,2 Ом. Определить силу тока I в цепи.

8. Определить силу тока короткого замыкания источника тока, если при внешнем сопротивлении $R_1 = 50$ Ом сила тока в цепи $I_1 = 0,2$ А, а при $R_2 = 110$ Ом сила тока в цепи $I_2 = 0,1$ А.

9. Катушка и амперметр соединены последовательно и подключены к источнику тока. К зажимам катушки присоединен вольтметр сопротивлением $R_B = 1$ кОм. Показания амперметра $I = 0,5$ А, вольтметра $U = 100$ В. Определить сопротивление R катушки. Сколько процентов от точного значения сопротивления катушки составит погрешность, если не учитывать сопротивления вольтметра?

10. К источнику тока с ЭДС $E = 1,5$ В присоединили катушку с сопротивлением $R = 0,1$ Ом. Амперметр показал силу тока, равную $I_1 = 0,5$ А. Когда к источнику тока присоединили последовательно еще один источник

тока с такой же ЭДС, то сила тока I в той же катушке оказалась равной 0,4 А. Определить внутренние сопротивления r_1 и r_2 первого и второго источников тока.

11. По проводнику сопротивлением $R = 3$ Ом течет ток, сила которого возрастает. Количество теплоты Q , выделившееся в проводнике за время $\tau = 8$ с, равно 200 Дж. Определить количество электричества q , протекшее за это время по проводнику. В начальный момент времени сила тока в проводнике равна нулю.

12. Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 12$ Ом равномерно убывает от $I_0 = 5$ А до $I = 0$ в течение времени $t = 10$ с. Какое количество теплоты Q выделяется в этом проводнике за указанный промежуток времени?

13. Сила тока в проводнике сопротивлением $r = 100$ Ом равномерно нарастает от $I_0 = 0$ до $I_{\max} = 10$ А в течение времени $\tau = 30$ с. Определить количество теплоты Q , выделившееся за это время в проводнике.

14. При силе тока $I_1 = 3$ А во внешней цепи батареи аккумуляторов выделяется мощность $P_1 = 18$ Вт, при силе тока $I_2 = 1$ А – соответственно $P_2 = 10$ Вт. Определить ЭДС E и внутреннее сопротивление r батареи.

15. Обмотка электрического кипятильника имеет две секции. Если включена только первая секция, то вода закипает через $t_1 = 15$ мин, если только вторая, то через $t_2 = 30$ мин. Через сколько минут закипит вода, если обе секции включить последовательно? Параллельно?

16. К зажимам батареи аккумуляторов присоединен нагреватель. ЭДС E батареи равна 24 В, внутреннее сопротивление $r = 1$ Ом. Нагреватель, включенный в цепь, потребляет мощность $P = 80$ Вт. Вычислить силу тока I в цепи и КПД η нагревателя.

17. ЭДС E батареи равна 20 В. Сопротивление R внешней цепи равно 2 Ом, сила тока $I = 4$ А. Найти КПД батареи. При каком значении внешнего сопротивления R_1 КПД будет равен 99%?

18. К батарее аккумуляторов, ЭДС E которой равна 2 В и внутреннее сопротивление r равно 0,5 Ом, присоединен проводник. Определить:

1) сопротивление R проводника, при котором мощность, выделяемая в нем, максимальна; 2) мощность P , которая при этом выделяется в проводнике.

19. ЭДС батареи аккумуляторов $E = 12$ В, сила тока I короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность $P_{\max}$ можно получить во внешней цепи, соединенной с такой батареей?

20. Лампочка и реостат, соединенные последовательно, присоединены к источнику тока. Напряжение U на зажимах лампочки равно 40 В, сопротивление R реостата равно 10 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность $P = 120$ Вт. Найти силу тока в цепи.

21. В медном проводнике длиной $l = 2$ м и площадью S поперечного сечения, равной $0,4 \text{ мм}^2$, идет ток. При этом каждую секунду выделяется количество теплоты $Q = 0,35$ Дж. Сколько электронов N проходит за 1 секунду через поперечное сечение этого проводника?

22. Плотность тока j в медном проводнике равна 3 А/мм^2 . Найти напряженность E электрического поля в проводнике.
23. Плотность тока j в алюминиевом проводе равна 1 А/мм^2 . Найти среднюю скорость $\langle v \rangle$ упорядоченного движения электронов, предполагая, что число свободных электронов, предполагая, что число свободных электронов в 1 см^3 алюминия равно числу атомов.
24. Определить среднюю скорость $\langle v \rangle$ упорядоченного движения электронов в медном проводнике при силе тока $I = 10 \text{ А}$ и сечении S проводника, равном 1 мм^2 . Принять, что каждый атом меди приходится два электрона проводимости.
25. Сила тока I в металлическом проводнике равна $0,8 \text{ А}$, сечение проводника $S = 4 \text{ мм}^2$. Принимая, что в каждом кубическом сантиметре металла содержится $n = 22,5 \cdot 10^{22}$ свободных электронов, определить среднюю скорость $\langle v \rangle$ их упорядоченного движения.
26. В медном проводнике объемом $V = 6 \text{ см}^3$ при прохождении по нему постоянного тока за время $t = 1$ мин выделилось количество теплоты $Q = 216 \text{ Дж}$. Вычислить напряженность E электрического поля в проводнике.
27. Металлический проводник движется с ускорением $a = 100 \text{ м/с}^2$. Используя классическую теорию электропроводности металлов, определить напряженность E электрического поля в проводнике.
28. Медный диск радиусом $R = 0,5 \text{ м}$ равномерно вращается ($\omega = 10^4 \text{ рад/с}$) относительно оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр. Определить разность потенциалов U между центром диска и его крайними точками.
29. Металлический стержень движется вдоль своей оси со скоростью $v = 200 \text{ м/с}$. Определить заряд Q , который протечет через гальванометр, подключаемый к концам стержня, при резком его торможении, если длина l стержня равна 10 м , а сопротивление R всей цепи (включая цепь гальванометра) равно 10 МОм .
30. Удельная проводимость γ металла равна 10 МСм/м . Вычислить среднюю длину $\langle l \rangle$ свободного пробега электронов в металле, если концентрация n свободных электронов равна 10^{28} м^{-3} . Среднюю скорость u хаотического движения электронов принять равной 10^6 м/с .

Рекомендуемая литература

Основная литература:

1. Физика для вузов: механика и молекулярная физика [Электронный ресурс]: учебник / В.А. Никеров. - Москва: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2017. - 136 с. : табл., граф., схем. - ISBN 978-5-394-00691-3; -URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=450772>
2. Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Физика: в 2 ч. / И.И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск : Вышэйшая школа, 2014. – Ч. 1. Механика. Молекулярная

физика и термодинамика. Электричество и магнетизм. – 304 с. : ил., схем. –
Режим доступа: по подписке. –
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235732>

3. Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Физика: в 2 ч. / И.И. Ташлыкова-Бушкевич. – 2-е изд., испр. – Минск: Вышэйшая школа, 2014. – Ч. 2. Оптика. Квантовая физика. Строение и физические свойства вещества. – 232 с. : ил., схем., табл. –
Режим доступа: по подписке. –
URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=460883>

Дополнительная литература:

1. Лекции по учебной дисциплине «Основы теоретической физики». Электродинамика. [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.И. Кухарь. — Электрон. текстовые данные. — Волгоград: Волгоградский государственный социально-педагогический университет, 2017. — 57 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/70731.html>
2. Никеров, В.А. Физика: современный курс / В.А. Никеров. – 2-е изд. – Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2016. – 452 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=453287>.