

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Агафонов Александр Викторович  
Должность: директор филиала  
Дата подписания: 02.04.2022 14:26:34  
Уникальный программный ключ:  
2539477a8ecf706de94ef164bc411eb083e4ab06

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ЧЕБОКСАРСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**  
**МОСКОВСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Кафедра информационных технологий, электроэнергетики и систем  
управления**



# «Физика»

(наименование дисциплины)

## Методические указания по выполнению расчетно-графической работы №2

Направление подготовки	<b>21.03.01 «Нефтегазовое дело»</b> (код и наименование направления подготовки)
Направленность (профиль) подготовки	<b>«Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки»</b> (наименование профиля подготовки)
Квалификация выпускника	<b>бакалавр</b>
Форма обучения	<b>очная, очно-заочная</b>

Чебоксары, 2019

Методические указания разработаны  
в соответствии с требованиями ФГОС ВО  
по направлению подготовки

**21.03.01 «Нефтегазовое дело»**

---

Авторы:

Лепаев Александр Николаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информационных технологий, электроэнергетики и систем управления

*ФИО, ученая степень, ученое звание или должность, наименование кафедры*

Методические указания одобрены на заседании кафедры

**Информационных технологий, электроэнергетики и систем управления**

*наименование кафедры*

протокол № 10 от 18.05.2019 года.

**1. Цель расчетно-графической работы** - выявить знания студентов основ физики, производить расчеты, привить обучающимся навыки самостоятельной работы с применением математических методов.

В ходе выполнения расчетно-графической работы обучающийся должен проявить умение самостоятельно работать с учебной литературой, применять теоретические знания для решения задач и анализа конкретных данных.

Расчетно-графическая работа должна быть выполнена и представлена в срок, установленный графиком учебного процесса.

**Выполнение расчетно-графической работы** включает следующие этапы:

- ознакомление с программой дисциплины «Физика», методическими рекомендациями по выполнению расчетно-графической работы;
- проработка соответствующих разделов физики: «*Электричество и магнетизм*» по рекомендованной учебной литературе, конспектам лекций;
- выполнение расчетов с применением освоенных методов.

Завершенная работа представляется для проверки на кафедру преподавателю в установленные учебным графиком сроки. Срок проверки не более 5-7 дней. Преподаватель проверяет качество работы, отмечает положительные стороны, недостатки работы и оценивает ее. Обучающиеся, не подготовившие расчетно-графическую работу, к зачету и экзамену не допускаются.

## **2. Выбор варианта и структура расчетно-графической работы**

Задания для расчетно-графических работ составляются преподавателем, который ведет данную дисциплину, и утверждаются кафедрой.

Номер варианта расчетно-графической работы выбирается обучающимся по последней цифре в шифре номера зачетной книжки. Так, например, если последняя цифра шифра 1, то обучающийся выполняет расчетно-графическую работу по варианту № 1.

По этому номеру и по таблице вариантов (таблицы 1 и 2) находятся задачи, которые должен решить студент.

Таблица 1

Задачи	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1</b>	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
<b>2</b>	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
<b>3</b>	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330
<b>4</b>	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340
<b>5</b>	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350
<b>6</b>	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
<b>7</b>	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370
<b>8</b>	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380

Таблица 2

Задачи	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410
2	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420
3	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430
4	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440
5	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450
6	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460
7	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470
8	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480

Например, если номер зачетной книжки 803681 и по учебному плану необходимо выполнить две контрольные работы, то по таблицам 1 и 2 находим номера задач, которые нужно решить:

– 301, 311, 321, 331, 341, 351, 361, 371;

– 401, 411, 441, 431, 441, 451, 461, 471.

Задания выполняются в течение 2-го семестра.

При выполнении расчетно-графической работы необходимо придерживаться следующей структуры:

- титульный лист;
- введение;
- расчетная часть;
- заключение;
- список использованной литературы.

**Титульный лист** является первой страницей расчетно-графической работы. Образец его оформления приведен в Приложении.

**Во введении** содержатся общие сведения о выполненной работе (0,5-1 с).

**В расчетной части** обучающийся должен показать умение применять математические методы расчетов, рассчитывать необходимые данные, делать на их основе аргументированные выводы.

Условия задач в расчетной части должны быть приведены полностью. Решение задач следует сопровождать развернутыми расчетами, ссылками на математические формулы, анализом и выводами. Задачи, в которых даны только ответы без промежуточных вычислений, считаются нерешенными.

Следует обратить особое внимание на выводы, которые должны быть обоснованными, подтверждаться предварительным анализом цифрового материала.

**В заключении** расчетно-графической работы (1 с.) в краткой форме резюмируются результаты работы.

После заключения приводится список литературы, включающий только те

источники, которые были использованы при выполнении расчетно-графической работы и на которые имеются ссылки в тексте работы.

При описании литературных источников необходимо указать:

- фамилии и инициалы авторов;
- название книги, сборника, статьи;
- место издания;
- издательство;
- год издания;
- количество страниц или конкретные страницы (последние в случае ссылки на статью или статистический сборник).

Стандартный формат описания источников приведен в списке литературы.

### **3. Требования к оформлению расчетно-графической работы**

При оформлении расчетно-графической работы необходимо руководствоваться следующими требованиями:

1. Объем работы - 5-10 страниц текста на стандартных листах формата А4, набранных на компьютере с использованием текстового редактора или вручную (письменно), табличного процессора или других программных средств (размер шрифта - 14 пунктов, интервал - 1,5).

2. Страницы должны быть пронумерованы и иметь поля слева и справа не менее 25 мм для замечаний преподавателя-консультанта.

3. В тексте не должно быть сокращений слов, кроме общепринятых.

4. Все промежуточные данные проводимых расчетов и результаты следует представлять в явном виде.

5. Все таблицы должны иметь сквозную нумерацию. Приведенные в работе иллюстрации (графики, диаграммы) должны иметь подрисуночные надписи.

6. Описание литературных источников выполняется в соответствии со стандартными требованиями, приведенными в предыдущем разделе.

## **4. Задания и методические указания для выполнения расчетно-графической работы студентами очной формы обучения**

**Электростатическое поле и его характеристики:** Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции электростатических полей. Поле диполя. Энергетическая характеристика электростатического поля. Связь между напряженностью и потенциалом. Эквипотенциальные поверхности.

**Теорема Гаусса для электростатического поля:** Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме и ее применение для расчета электрических полей. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля.

**Электрическое поле в веществе:** Типы диэлектриков и их

поляризация. Поляризованность. Напряженность поля в диэлектрике. Электрическое смещение. Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектрике. Условия на границе двух диэлектриков. Сегнетоэлектрики. Проводник в электростатическом поле. Электростатическая индукция. Емкость уединенного проводника. Конденсаторы. Пондеромоторная сила. Энергия системы неподвижных точечных зарядов, уединенного проводника и конденсатора. Энергия электростатического поля.

**Постоянный электрический ток:** Электрический ток, сила и плотность тока. Сторонние силы. Электродвижущая сила (ЭДС) и напряжение. Сопротивление проводников. Сверхпроводимость. Закон Ома для однородного и неоднородного участка цепи. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца. Правила Кирхгофа.

**Электрические токи в металлах, вакууме и газах:** Элементарная классическая теория электропроводности металлов. Работа выхода электронов из металла. Эмиссионные явления: термоэлектронная, фотоэлектронная, вторично-электронная, автоэлектронная эмиссии. Ионизация газов. Несамостоятельный и самостоятельный газы. Типы самостоятельного разряда. Плазма и ее свойства. Полупроводники.

**Магнитное поле в вакууме:** Магнитное поле и его характеристики. Магнитная постоянная. Единицы магнитной индукции и напряженности магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение к расчету магнитного поля. Принцип суперпозиции магнитных полей. Магнитное поле движущегося заряда. Закон Ампера. Взаимодействие параллельных токов. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Движение заряженных частиц в магнитном поле. Ускорители заряженных частиц. Эффект Холла. Циркуляция вектора индукции магнитного поля в вакууме. Магнитные поля соленоида и тороида. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса для поля  $\mathbf{B}$ . Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.

**Электромагнитная индукция:** Опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Вращение рамки в магнитном поле. Вихревые токи. Индуктивность контура. Самоиндукция. Токи при замыкании и размыкании цепи. Взаимная индукция. Трансформаторы. Энергия магнитного поля.

**Магнитное поле в веществе:** Магнитные моменты электронов и атомов. Диа- и парамагнетизм. Намагниченность. Магнитная восприимчивость и проницаемость среды. Магнитное поле в веществе. Условия на границе раздела двух магнетиков. Ферромагнетики. Природа ферромагнетизма.

**Основы теории Максвелла для электромагнитного поля:** Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля в интегральной и дифференциальной формах.

Материальные уравнения. Принцип относительности в электродинамике.

**Электромагнитные колебания:** Свободные гармонические колебания в колебательном контуре. Формула Томсона. Свободные затухающие колебания в колебательном контуре. Дифференциальное уравнение вынужденных электромагнитных колебаний.

**Переменный электрический ток:** Квазистационарные токи. Переменный ток. Активное, реактивное и полное сопротивление. Резонанс напряжений. Резонанс токов. Работа и мощность переменного тока. Действующее (эффективное) значения тока и напряжения.

### ***МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ***

1. Номера задач, которые студент должен включить в свою контрольную работу, определяются по таблицам вариантов.

2. Контрольные работы надо выполнять в школьной тетради, на обложке которой привести следующие сведения: номер контрольной работы, наименование дисциплины, специальность, курс и форму обучения, учебный шифр, фамилия и инициалы студента, а также фамилия ведущего преподавателя.

3. Условия задач в контрольной работе надо переписать полностью без сокращений. Каждую задачу необходимо начинать с новой страницы.

4. В конце контрольной работы следует указать учебники или учебные пособия, которые использовались студентом при решении задач.

5. Контрольную работу на проверку следует сдать в деканаты своих факультетов до начала экзаменационной сессии.

6. Если контрольная работа при проверке не зачтена, студент обязан исправить неверные решения и представить исправленную работу на повторную проверку непосредственно преподавателю. Исправления необходимо сделать в той же тетради.

7. Студент должен быть готов во время зачета или экзамена дать пояснения по существу решения задач, входящих в контрольные работы.

8. Решения задач следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями; в тех случаях, когда это, возможно, сделать схематический чертеж или рисунок, поясняющий содержание задачи.

9. Решать задачу необходимо в общем, виде, т.е. выразить искомую величину в буквенных обозначениях величин, заданных в условии задач. При таком способе решения не производится вычисления промежуточных величин.

10. После получения сложной расчетной формулы для проверки правильности ее следует подставить в правую часть формулы вместо символов величин обозначения единиц этих величин, произвести с ним необходимые действия и убедиться в том, что полученная при этом единица соответствует искомой величине. Если такого соответствия нет, то это

означает, что задача решена неверно.

11. Числовые значения величин при подставке их в расчетную формулу следует выражать только в единицах СИ. В виде исключения допускает выражать в любых, но одинаковых единицах числовые значения однородных величин, стоящих в числителе и знаменателе дроби и имеющие одинаковые степени.

12. При подстановке в расчетную формулу, а также при записи ответа числовые значения величин следует записывать как произведение десятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на соответствующую степень десяти. Например, вместо 3520 надо записать  $3,52 \cdot 10^3$ , вместо 0,00129 записать  $1,29 \cdot 10^{-3}$  и т. п.

13. Вычисления по расчетной формуле надо проводить с соблюдением правил приближенных вычислений. Как правило, окончательный ответ следует записывать с тремя значащими цифрами. Это относится к случаю, когда результат получен с применением калькулятора.

### Задачи

**301.** Сила гравитационного притяжения двух водяных капель уравновешивается кулоновской силой отталкивания. Определить заряд каплей, если их радиус 0,1 м; плотность воды 1 г/см<sup>3</sup>.

**302.** Два заряда величиной 0,5 и 2 нКл находятся на расстоянии  $r = 10$  см. На каком расстоянии от первого заряда надо поместить третий заряд, чтобы силы, действующие на него со стороны первых двух зарядов уравновешивали друг друга?

**303.** В вершинах квадрата помещены заряды по 10 нКл. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центре квадрата, чтобы вся система находилась в равновесии?

**304.** В вершинах равностороннего треугольника находятся одинаковые заряды  $q = 2$  нКл. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центр треугольника, чтобы система находилась в равновесии?

**305.** Два одинаковых заряда величиной 0,4 нКл находятся на расстоянии 2 см. Какой заряд и где надо поместить, чтобы система находилась в равновесии?

**306.** Определить расстояние  $r_2$ , между двумя одинаковыми зарядами, находящимися в масле с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 3$ , если сила взаимодействия между ними такая же, как в вакууме на расстоянии  $r_1 = 30$  см.

**307.** Расстояние между двумя точечными зарядами  $q_1 = 1$  мкКл и  $q_2 = -1$  мкКл равно 10 см. Определить силу  $F$ , действующую на заряд  $q = 0,1$  мкКл, удаленный на 6 см от первого и на 8 см от второго зарядов.

**308.** Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускаются в керосин плотностью 0,8 г/см<sup>3</sup>. какова должна быть плотность материалов шариков, чтобы угол расхождения нитей в воздухе



и керосине был один и тот же? Диэлектрическая проницаемость керосина

**309.** В центр квадрата, в каждой вершине которого находится заряд  $q = 2,33$  нКл, помещен отрицательный заряд  $q_0$ . Найти этот заряд, если на каждый заряд  $q$  действует результирующая сила  $F = 0$ .

**310.** Два шарика одинакового радиуса и массы подвешены на нитях одинаковой длины так, что их поверхности соприкасаются. Какой заряд  $q$  нужно сообщить шарикам, чтобы сила натяжения нитей стала равной  $T = 98$  мН? Расстояние от центра шарика до точки подвеса  $l = 10$  см; масса каждого шарика  $m = 5$  г.

**311.** Заряды по  $q = 10$  нКл расположены на расстоянии 6 см друг от друга. Найти напряженность поля и потенциал в точке, удаленной на 5 см от каждого заряда.

**312.** Два заряда, один из которых по модулю в 4 раза больше другого, расположены на расстоянии  $r$  друг от друга. В какой точке пространства а) напряженность поля равна нулю? б) потенциал равен нулю? Заряды считать разноименными.

**313.** В вершинах равностороннего треугольника со стороной  $a = 5$  см находятся заряды  $+q$ ,  $+q$  и  $-q$ . Найти напряженность поля  $E$  и потенциал  $\varphi$  в центре треугольника, если  $q = 5$  нКл.

**314.** Найти напряженность поля  $E$  и потенциал  $\varphi$  в центре квадрата со стороной  $a = 16$  см, если в его вершинах находятся одинаковые положительные заряды  $q = 2$  нКл.

**315.** Два шарика массой по 2 мг подвешены в общей точке на нитях длиной 0,5 м. Шарикам сообщили заряд и нити разошлись, образовав угол  $90^\circ$ . Определить напряженность и потенциал поля в точке подвеса шариков.

**316.** Два одинаковых заряда находятся в воздухе на расстоянии 0,1 м друг от друга. Напряженность поля в точке, удаленной на расстояние 6 см от одного и 8 см от другого зарядов, равна 10 кВ/м. Определить потенциал поля в этой точке и значения зарядов.

**317.** Электрическое поле создано двумя точечными зарядами  $q_1 = 10$  нКл и  $q_2 = -20$  нКл, находящимися на расстоянии  $d = 20$  см друг от друга. Определить напряженность  $E$  и потенциал  $\varphi$  поля в точке, удаленной от первого заряда на  $r_1 = 30$  см и от второго на  $r_2 = 40$  см.

**318.** Расстояние  $d$  между двумя точечными положительными зарядами  $q_1 = 9q$  и  $q_2 = q$  равно 8 см. На каком расстоянии  $r$  от первого заряда находится точка, в которой напряженность  $E$  поля зарядов равна нулю? Чему равен потенциал  $\varphi$  поля в этой точке.

**319.** Расстояние  $d$  между зарядами  $q = \pm 2$  нКл равно 20 см. Определить напряженность  $E$  и потенциал  $\varphi$  поля, созданного этими зарядами в точке, находящейся на расстоянии  $r_1 = 15$  см от первого и  $r_2 = 10$  см от второго зарядов.

**320.** В вершинах правильного шестиугольника расположены три

отрицательных и три положительных заряда. Найти напряженность  $E$  и потенциал  $\varphi$  электрического поля в центре шестиугольника при различных комбинациях в расположении этих зарядов. Каждый заряд  $q = 1,5$  нКл; сторона шестиугольника  $a = 3$  см.

**321.** Кольцо радиусом  $r = 10$  см из тонкой проволоки равномерно заряжено с линейной плотностью  $\lambda = 10$  нКл/м. Определить напряженность поля на оси, проходящей через центр кольца в точке  $A$ , удаленной на расстояние  $a = 20$  см от центра кольца.

**322.** Шар радиусом  $R = 10$  см заряжен равномерно с объемной плотностью  $\rho = 5$  нКл/м<sup>3</sup>. Определить напряженность электростатического поля: 1) на расстоянии  $r_1 = 2$  см от центра шара; 2) на расстоянии  $r_2 = 12$  см от центра шара. Постройте зависимость  $E(r)$ .

**323.** Внутренний цилиндрический проводник длинного прямолинейного коаксиального провода радиусом  $R_1 = 1,5$  мм заряжен с линейной плотностью  $\lambda_1 = 0,20$  нКл/м. Внешний цилиндрический проводник этого провода радиусом  $R_2 = 3$  мм заряжен с линейной плотностью  $\lambda_2 = -0,15$  нКл/м. Пространство между проводниками заполнено резиной ( $\epsilon = 3$ ). Определить напряженность электростатического поля в точках, лежащих от оси провода на расстояниях: 1)  $r_1 = 1$  мм; 2)  $r_1 = 2$  мм; 3)  $r_1 = 5$  мм.

**324.** Две концентрические металлические заряженные сферы с радиусами  $R_1 = 6$  см и  $R_2 = 10$  см несут соответственно заряды  $Q_1 = 1$  нКл  $Q_2 = -0,5$  нКл. Найти напряженность  $E$  поля в точках, отстоящих от центра сфер на расстояниях  $r_1 = 5$  см;  $r_2 = 9$  см;  $r_3 = 15$  см. Построить график зависимости  $E(r)$ .

**325.** Построить на одном графике кривые зависимости напряженности  $E$  электрического поля от расстояния  $r$  в интервале  $1 \leq r \leq 5$  см через каждый 1 см, если поле образовано: 1) точечным зарядом  $q = 33,3$  нКл; 2) бесконечно длинной заряженной нитью с линейной плотностью заряда  $\lambda = 1,67$  мкКл/м; 3) бесконечно протяженной плоскостью с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 25$  мкКл/м<sup>2</sup>.

**326.** Электростатическое поле создается двумя бесконечными параллельными плоскостями, заряженными равномерно разноименными зарядами с поверхностной плотностью  $\sigma_1 = 1$  нКл/м<sup>2</sup> и  $\sigma_2 = -2$  нКл/м<sup>2</sup>. Определить напряженность электростатического поля: 1) между плоскостями; 2) за пределами плоскостей. Построить график изменения напряженности поля вдоль линии, перпендикулярной плоскостям.

**327.** Шар радиусом  $R = 10$  см заряжен равномерно зарядом  $Q = 41,9$  пКл. Определите напряженность электростатического поля: 1) на расстоянии  $r_1 = 5$  см от центра шара; 2) на расстоянии  $r_2 = 15$  см от центра шара. Постройте зависимость  $E(r)$ .

**328.** На металлической сфере  $R = 10$  см находится заряд  $Q = 1$  нКл. Определить напряженность  $E$  электростатического поля в следующих точках: 1) на расстоянии  $r_1 = 8$  см от центра сферы; 2) на поверхности ее; 3) на расстоянии  $r_2 = 15$  см от центра сферы. Построить зависимость  $E(r)$ .

**329.** Две длинные тонкостенные коаксиальные трубки с радиусами  $R_1 = 2$  см и  $R_2 = 4$  см несут заряды, равномерно распределенные по длине с линейными плотностями  $\sigma_1 = 1$  нКл/м  $\sigma_2 = -0,5$  нКл/м. пространство между трубками заполнено эбонитом. Определить напряженность поля в точках, находящихся на расстояниях  $r_1 = 1$  см;  $r_2 = 3$  см;  $r_3 = 5$  см. Построить график зависимости  $E(r)$ .

**330.** Бесконечно длинная тонкостенная металлическая трубка с радиусом  $R = 2$  см несет равномерно распределенный по поверхности заряд ( $\sigma = 1$  нКл/м<sup>2</sup>). Определить напряженность  $E$  поля в точках, отстоящих от оси трубки на расстояниях  $r_1 = 1$  см;  $r_2 = 3$  см. Построить график зависимости  $E(r)$ .

**331.** Электростатическое поле создается сферой радиусом  $R = 4$  см, равномерно заряженной с поверхностной плотностью  $\sigma = 1$  нКл/м<sup>2</sup>. Определите разность потенциалов между двумя точками поля, лежащими на расстояниях  $r_1 = 6$  см до  $r_2 = 10$  см.

**332.** Определите линейную плотность бесконечно длинной заряженной нити, если работа сил поля по перемещению заряда  $q = 1$  нКл с расстояния  $r_1 = 10$  см до  $r_2 = 5$  см в направлении, перпендикулярном нити, равна  $0,1$  мДж.

**333.** Найти потенциал  $\phi$  точки поля, находящейся на расстоянии  $r = 10$  см от центра заряженного шара радиусом  $R = 1$  см. Задачу решить, если: 1) задана поверхностная плотность заряда на шаре  $\sigma = 0,1$  мкКл/м<sup>2</sup>; 2) задан потенциал шара  $\phi_0 = 300$  В.

**334.** Около заряженной бесконечно протяженной плоскости находится точечный заряд  $q = 0,66$  нКл. Заряд перемещается по линии напряженности поля на расстояние  $a = 2$  см; при этом совершается работа  $A = 5$  мкДж. Найти поверхностную плотность заряда  $\sigma$  на плоскости.

**335.** Электростатическое поле создается бесконечной плоскостью, равномерно заряженной с поверхностной плотностью  $\sigma = 1$  нКл/м<sup>2</sup>. Определите разность потенциалов между двумя точками этого поля, на расстоянии  $r_1 = 20$  см и  $r_2 = 50$  см от плоскости.

**336.** Электростатическое поле создается сферой радиусом  $R = 5$  см, равномерно заряженной с поверхностной плотностью  $\sigma = 1$  нКл/м<sup>2</sup>. Определите разность потенциалов между двумя точками поля, лежащими на расстояниях  $r_1 = 10$  см до  $r_2 = 15$  см.

**337.** Две бесконечные параллельные плоскости находятся на расстоянии  $d = 0,5$  см друг от друга. На плоскостях равномерно

распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1 = 0,2 \text{ мкКл/м}^2$  и  $\sigma_2 = -0,3 \text{ мкКл/м}^2$ . Определить разность потенциалов  $U$  между плоскостями.

**338.** Электростатическое поле создано бесконечно равномерно заряженной плоскостью с поверхностной плотностью заряда  $\sigma = 2 \text{ мкКл/м}^2$ . В этом поле вдоль прямой, составляющей угол  $\alpha = 60^\circ$  с плоскостью, из точки **1** в точку **2**, расстояние  $l$  между которыми равно 20 см, перемещается точечный электрический заряд  $Q = 10 \text{ нКл}$ . Определить работу  $A$  сил поля по перемещению заряда.

**339.** Две бесконечные параллельные плоскости находятся на расстоянии  $d = 1 \text{ см}$  друг от друга. На плоскостях равномерно распределены заряды с поверхностными плотностями  $\sigma_1 = 0,2 \text{ мкКл/м}^2$  и  $\sigma_2 = 0,5 \text{ мкКл/м}^2$ . Определить разность потенциалов  $U$  между плоскостями.

**340.** На отрезке тонкого прямого проводника равномерно распределен заряд с линейной плотностью  $\lambda = 10 \text{ нКл/м}$ . Вычислить потенциал  $\phi$ , создаваемый этим зарядом в точке, расположенной на оси проводника и удаленной от ближайшего конца отрезка на расстояние, равное длине этого отрезка.

**341.** Конденсатор с парафиновым диэлектриком ( $\epsilon = 2$ ) заряжен до разности потенциалов 150 В. Напряженность поля 600 кВ/м, площадь пластин 6 см<sup>2</sup>. Определить емкость конденсатора и поверхностную плотность заряда на обкладках.

**342.** Вычислить емкость батареи, состоящей из трех конденсаторов емкостью по 1 мкФ каждый, при всех возможных случаях их соединений. В каком случае будет максимальна энергия, запасаемая батареей?

**343.** Заряд на каждом из двух последовательно соединенных конденсаторов емкостью 18 и 10 пФ равен 0,09 нКл. Определить напряжение: а) на батарее конденсаторов; б) на каждом конденсаторе.

**344.** Два конденсатора одинаковой емкости по 3 мкФ заряжены один до напряжения 100 В, а другой до 200 В. Определить напряжение между обкладками конденсаторов, если их соединить параллельно: а) одноименно; б) разноименно заряженными обкладками.

**345.** Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов 300 В. Площадь пластин 2 см<sup>2</sup>, напряженность поля в зазоре между ними 300 кВ/м. Определить поверхностную плотность заряда на пластинах, емкость и энергию конденсатора.

**346.** Площадь пластин плоского слюдяного конденсатора ( $\epsilon = 6$ ) 2 см<sup>2</sup>, зазор между ними 3 мм. При разряде конденсатора выделилась энергия 1 мкДж. До какой разности потенциалов был заряжен конденсатор?

**347.** Энергия плоского воздушного конденсатора 0,4 нДж, напряжение на обкладках 600 В, площадь пластин 1 см<sup>2</sup>. Определить расстояние между обкладками и напряженность поля.

**348.** Расстояние между пластинами плоского воздушного конденсатора, присоединенного к источнику с ЭДС 12 В увеличивают от 1 до 2 см. Площадь пластин конденсатора  $100 \text{ см}^2$ . Определить работу по раздвижению пластин в случае, когда конденсатор перед раздвижением пластин отключен от источника.

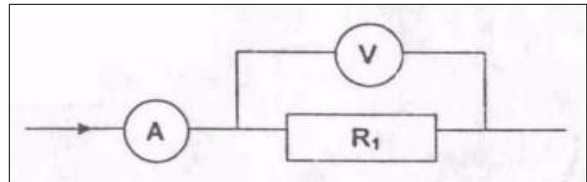
**349.** Три конденсатора емкостями 1, 2 и 3 мкФ соединены последовательно и присоединены к источнику напряжения с разностью потенциалов 220 В. Каковы заряд и напряжение на каждом конденсаторе?

**350.** Конденсатор состоит из двух круглых пластин радиусом 10 см, разделенных диэлектриком ( $\epsilon = 7$ )

толщиной 0,5 мм, разность потенциалов между обкладками 120 В.

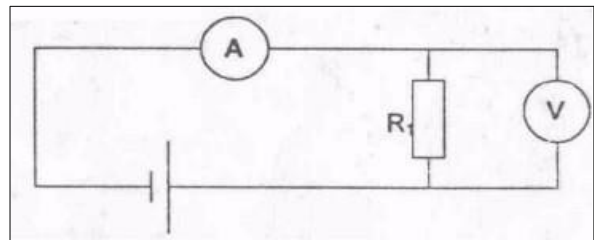
Определить заряд на пластинах и энергию конденсатора

**351.** Определить сопротивление  $R_V$  (рис. 5) если амперметр показывает ток 5 А, а вольтметр – напряжение  $U = 100 \text{ В}$ . Внутреннее сопротивление вольтметра  $R_{\text{в}} = 2500 \text{ Ом}$ . Какова ошибка в определении  $R_1$ , если в расчетах пренебречь током, текущим через вольтметр.



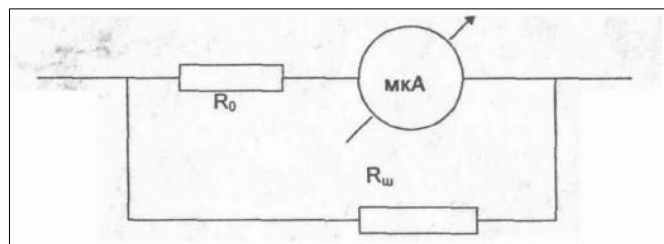
**352.**

**353.** В электрической цепи, изображенной на рис. 6, амперметр показывает ток  $I = 0,05 \text{ А}$ , а вольтметр – напряжение  $U = 20 \text{ В}$ . Определить сопротивление  $R_V$  вольтметра, если  $R_1 = 1000 \text{ Ом}$ .



**355.**

**356.** Микроамперметр имеет сопротивление  $R_0 = 200 \text{ Ом}$ , и при силе тока  $I = 100 \text{ мкА}$  стрелка отклоняется на всю шкалу. Шунт, какого сопротивления  $R_{\text{ш}}$  надо к нему подключить, чтобы его можно было использовать как миллиамперметр для измерения силы тока до 10 мА? Схема подключения шунта приведена на рис. 7.



**357.** Отклонение стрелки вольтметра до конца шкалы соответствует напряжению  $U_1 = 15 \text{ В}$ . Ток, текущий при этом через вольтметр,  $I_1 = 7,5 \text{ мА}$ . Определить ток  $I_2$ , текущий через вольтметр, когда вольтметр показывает напряжение  $U_2 = 5 \text{ В}$ , и внутреннее сопротивление вольтметра.

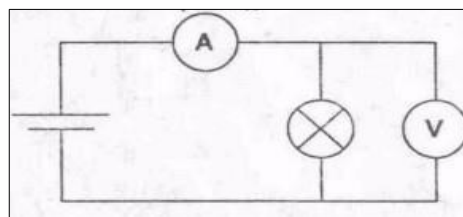
**358.** Вольтметр рассчитан на измерение максимального напряжения  $U_0 = 100 \text{ В}$ . При этом через вольтметр идет ток  $I_0 = 10 \text{ мА}$ . Какое

дополнительное сопротивление  $R_d$  нужно последовательно присоединить к вольтметру, чтобы им можно было измерять напряжение  $U_2 = 150$  В?

**359.** К источнику тока с внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом подключаются два одинаковых сопротивления по  $R = 0,5$  Ом. Один раз сопротивления подключаются последовательно друг с другом, другой раз – параллельно. Найти отношение мощностей, выделяющихся во внешней среде в первом и во втором случаях.

**360.**

**361.** Определить ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутреннее сопротивление  $r$  источника тока, если во внешней цепи при силе тока  $I_1 = 4$  А развивается мощность  $P_1 = 10$  Вт, а при силе тока  $I_2 = 2$  А мощность  $P_2 = 8$  Вт.



**362.** Сопротивление одного из последовательно включенных проводников в  $n$  раз больше другого. Во сколько раз изменится сила тока в цепи

(напряжение постоянно), если эти проводники включить параллельно?

**363.** Определить сопротивление  $R_n$  нити лампочки по показаниям вольтметра ( $U = 50$  В) и амперметра ( $I = 0,5$  А), включенные по приведенной ниже схеме (рис. 8). Сопротивление вольтметра  $R_v = 40$  кОм.

**364.** В сеть с напряжением  $U = 120$  В включены три электрические лампы, сопротивлением по  $R_0 = 240$  Ом каждая. Какой ток  $I$  пойдет через каждую лампу при параллельном, последовательном и двух вариантах смешанного их соединения?

**365.** Батареи имеют э.д.с.  $\mathcal{E}_1 = 2$  В и  $\mathcal{E}_2 = 4$  В, сопротивление  $R_1 = 0,5$  Ом (рис. 9). Падение потенциала на сопротивлении  $R_2$  равно  $U_2 = 1$  В (ток через  $R_2$  направлен справа налево). Найти показание амперметра.

**366.** Батареи имеют э.д.с.  $\mathcal{E}_1 = 2$  В и  $\mathcal{E}_2 = 3$  В, сопротивление  $R_3 = 1,5$  кОм, сопротивление амперметра  $R_A = 0,5$  кОм (рис. 10). Падение потенциала на сопротивлении  $R_2$  равно  $U_2 = 1$  В (ток через  $R_2$  направлен сверху вниз). Найти показание амперметра.

**367.** Батареи имеют э.д.с.  $\mathcal{E}_1 = 2$  В,  $\mathcal{E}_2 = 4$  В и  $\mathcal{E}_3 = 6$  В, сопротивления  $R_1 = 4$  Ом,  $R_2 = 6$  Ом и  $R_3 = 8$  Ом (рис. 11). Найти токи  $I$  во всех участках цепи.

**368.** В схеме, изображенной на рис. 11, токи  $I_1$  и  $I_3$  направлены справа налево, ток  $I_2$  – сверху вниз. Падение потенциала на сопротивлениях  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  равны  $U_1 = U_3 = 2U_2 = 10$  В. Найти э.д.с.  $\mathcal{E}_2$  и  $\mathcal{E}_3$ , если  $\mathcal{E}_1 = 25$  В.

**369.** Батареи имеют э.д.с.  $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 100$  В, сопротивления  $R_1 = 20$  Ом,  $R_2 = 10$  Ом,  $R_3 = 40$  Ом и  $R_4 = 30$  Ом (рис. 12). Найти показание амперметра.

**370.** Батареи имеют э.д.с.  $\mathcal{E}_1 = 2\mathcal{E}_2$ , сопротивления  $R_1 = R_3 = 20$  Ом,  $R_2 = 15$  Ом и  $R_4 = 30$  Ом. Через амперметр течет ток  $I = 1,5$  А, направленный снизу

вверх (рис. 13). Найти э.д.с.  $\mathcal{E}_1$  и  $\mathcal{E}_2$ , а также токи  $I_2$  и  $I_3$ , текущие через сопротивления  $R_2$  и  $R_3$ .

**371.** Два одинаковых элемента имеют э.д.с.  $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 2$  В и внутренние сопротивления  $r_1 = r_2 = 0,5$  Ом (рис. 14). Найти токи  $I_1$  и  $I_2$ , текущие через сопротивления  $R_1 = 0,5$  Ом и  $R_2 = 1,5$  Ом, а также ток  $I$  через элемент с э.д.с.  $\mathcal{E}_1$ .

**372.** Элементы имеют э.д.с.  $\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2 = 1,5$  В и внутренние сопротивления  $r_1 = r_2 = 0,5$  Ом, сопротивления  $R_1 = R_2 = 2$  Ом и  $R_3 = 1$  Ом, сопротивление амперметра  $R_A = 3$  Ом (рис. 15). Найти показание амперметра.

**373.** Три источника тока с э.д.с.  $\mathcal{E}_1 = 11$  В,  $\mathcal{E}_2 = 4$  В и  $\mathcal{E}_3 = 6$  В и три реостата с сопротивлениями  $R_1 = 5$  Ом,  $R_2 = 10$  Ом и  $R_3 = 2$  Ом соединены, как показано на рисунке (рис. 16). Определить силы токов  $I$  в реостатах. Внутренние сопротивления источников тока пренебрежимо малы.

**374.** Определить силу тока  $I_3$  в резисторе сопротивлением  $R_3$  и напряжение  $U_3$  на концах резистора, если  $\mathcal{E}_1 = 4$  В,  $\mathcal{E}_2 = 3$  В,  $R_1 = 2$  Ом,  $R_2 = 6$  Ом,  $R_3 = 1$  Ом. Внутренними сопротивлениями источников тока пренебречь (рис. 17).

**375.** Сила тока в проводнике сопротивлением 10 Ом равномерно убывает от  $I_0 = 3$  А до  $I = 0$  за 30 с. Определить выделившееся за это время в проводнике количество теплоты.

**376.** Сила тока в проводнике сопротивлением  $R = 10$  Ом равномерно убывает от  $I_0 = 0$  до  $I_{\max} = 5$  А за время  $\Delta t = 15$  с. Определить выделившееся за это время в проводнике количество теплоты.

**377.** Сила тока в проводнике равномерно увеличивается от  $I_0 = 0$  до некоторого максимального значения в течение времени  $\Delta t = 10$  с. За это время в проводнике выделилось количество теплоты  $Q = 1$  кДж. Определить скорость нарастания тока в проводнике, если сопротивление  $R$  его равно 3 Ом.

**378.** 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.

**379.** 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 параллельно.

**380.** Температура водяного термостата объемом  $V = 1$  л поддерживается постоянной при помощи нагревателя мощностью  $P = 26$  Вт. На нагревание воды тратится 80 % этой мощности. На сколько понизится температура воды в термостате за время  $\Delta t = 10$  мин, если нагреватель выключить?

**381.** Какую мощность  $P$  потребляет нагреватель электрического

чайника, если объем  $V=1$  л воды закипает через время  $\square \square 5$  мин? Каково сопротивление  $R$  нагревателя, если напряжение в сети  $U=120$  В? Начальная температура воды  $t_0 \square 13,5$  °С.

**382.** На плитке мощностью  $P=0,5$  кВт стоит чайник, в который налит объем  $V=1$  л воды при  $t_0 \square 16$  °С. Вода в чайнике закипела через время  $\square \square 20$  мин после включения плитки. Какое количество теплоты  $Q$  потеряно при этом на нагревание самого чайника, на излучение и т.д.?

**383.** Объем  $V=4,5$  л воды можно вскипятить, затратив электрическую энергию  $W=0,5$  кВт·ч. Начальная температура воды  $t_0 \square 23$  °С. Найти КПД нагревателя.

**384.** Сила тока в проводнике равномерно нарастает от  $I_0=0$  до  $I_{\max}=10$  А в течение времени  $\square \square 30$  с. Определить сопротивление  $R$  проводника, если за это время в проводнике выделяется количество теплоты  $Q = 100$  кДж.

**401.** По двум бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам, расстояние между которыми  $d = 15$  см, в одном направлении текут токи  $I_1 = 4$  и  $I_2 = 6$  А. Определить кратчайшее расстояние  $r$  от проводника с меньшим током до прямой, во всех точках в которой, напряженность магнитного поля равна нулю.

**402.** По двум бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам текут токи  $I_1 = 5$  и  $I_2 = 10$  А в одном направлении. Геометрическое место точек, в котором индукция магнитного поля равна нулю, находится на расстоянии  $d = 10$  см от проводника с меньшим током. Определить расстояние  $r$  между проводниками.

**403.** По двум бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам текут токи  $I_1 = 2$  и  $I_2 = 5$  А в одном направлении. Расстояние между проводами  $d = 5$  см. Определить величину индукции магнитного поля  $B$  на половине расстояния между проводами.

**404.** По двум бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам текут токи  $I_1 = 5$  и  $I_2 = 3$  А в разных направлениях. Расстояние между проводами  $d = 8$  см. Определить напряженность магнитного поля  $H$  на расстояниях  $r_1 = 3$  и  $r_2 = 5$  см от первого и второго проводов соответственно.

**405.** По двум бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам текут токи  $I_1 = 5$  и  $I_2 = 1$  А в разных направлениях. Расстояние между проводами  $d = 2$  см. Определить индукцию магнитного поля  $B$  в точке находящейся на расстоянии  $r_1 = 1$  см и  $r_2 = 3$  см от первого и второго провода соответственно.

**406.** По двум бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам текут токи в одном направлении. Сила тока в первом проводе  $I_1 = 1$  А, расстояние между проводами – 10 см. В точке, лежащей между проводами на расстоянии  $d = 3$  см от первого провода напряженность поля равна нулю. Найти силу тока  $I_2$  во втором проводе.



- 407.** По двум бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам текут токи  $I_1 = 5$  А и  $I_2 = 10$  А в одном направлении. Определить напряженность магнитного  $H$  поля на прямой, находящейся на расстояниях  $r_1 = 20$  и  $r_2 = 15$  см от первого и второго проводов соответственно. Расстояние между проводами  $d = 25$  см.
- 408.** По двум бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам текут токи  $I_1 = 1$  А и  $I_2 = 10$  А в разных направлениях. Расстояние между проводами  $d = 5$  см. Найти напряженность поля  $H$  на прямой, находящейся на расстоянии  $r_1 = 5$  см и  $r_2 = 8$  см от первого и второго проводов соответственно.
- 409.** По двум бесконечно длинным прямолинейным параллельным проводникам текут токи  $I_1 = 2$  А и  $I_2 = 1$  А в одном направлении. Расстояние между проводами  $d = 3$  см. Найти напряженность поля  $H$  на прямой, находящейся на расстоянии  $r = 4$  см от проводов.
- 410.** По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводниками, расстояние между которыми  $d = 15$  см, текут токи  $I_1 = 70$  А и  $I_2 = 50$  А в противоположных направлениях. Определить магнитную индукцию  $B$  в точке, удаленной от первого на  $r_1 = 20$  см и от второго на  $r_2 = 30$  см.
- 411.** Между полюсами магнита на двух тонких нитях подвешен горизонтально линейный проводник массой 1 г и длиной  $l = 10$  см. Определить напряженность однородного магнитного поля  $H$ , если проводник под действием поля отклонился на угол  $\alpha = 30^\circ$  при пропускании по нему тока  $I = 5$  А.
- 412.** Между полюсами магнита на двух тонких нитях подвешен горизонтально линейный проводник массой 10 г и длиной  $l = 0,2$  м. Напряженность однородного магнитного поля  $H = 200$  кА/м и направлена вертикально. На какой угол  $\alpha$  отклонится проводник, если по нему пропустить ток  $I = 2$  А?
- 413.** Шины генератора представляют собой две параллельные медные полосы длиной  $l = 2$  м каждая, отстоящие друг от друга на расстоянии  $d = 20$  см. Определить силу  $F$  взаимного отталкивания шин в случае короткого замыкания, когда по ним течет ток  $I_{кз} = 10$  кА.
- 414.** Определить силу взаимодействия, приходящуюся на единицу длины проводов воздушной линии электропередачи, если ток в линии  $I = 500$  А, а расстояние между проводами  $r = 50$  см.
- 415.** По прямолинейным длинным параллельным проводникам, находящимся на расстоянии  $d_1 = 2$  см друг от друга, в одном направлении текут токи по  $I = 1$  А. Какую работу на единицу длины проводников нужно совершить, чтобы раздвинуть их до расстояния  $d_2 = 4$  см?
- 416.** Два бесконечных прямолинейных параллельных проводника с одинаковыми токами, текущими в одном направлении, находятся друг от

друга на расстоянии  $a$ . Чтобы их раздвинуть до расстояния  $2a$ , на каждый сантиметр длины проводника затрачивается работа  $A = 138$  нДж. Определить силу тока в проводниках.

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

**418.** По двум параллельным прямым проводам длиной  $l = 2,5$  м каждый, находящимся на расстоянии  $d = 20$  см друг от друга, текут одинаковые токи силой  $I = 1$  кА. Вычислить силу взаимодействия токов.

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

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

**421.** Определить силу Лоренца  $F$ , действующую на электрон, влетевший со скоростью  $v = 500$  км/с в однородное магнитное поле под углом  $\alpha = 30^\circ$  к линиям индукции. Индукция магнитного поля  $B = 0,5$  Тл.

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

**423.** Определить частоту вращения электрона по круговой орбите в магнитном поле, индукция которого  $B = 0,2$  Тл.

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

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

**426.** Заряженная частица, обладающая скоростью  $v = 2 \cdot 10^7$  м/с, влетела в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,52$  Тл. Найти отношение  $Q/m$  заряда частицы к ее массе, если частица в поле описала дугу окружности радиусом  $R = 4$  см. По этому отношению определить какая это частица.

**427.** Электрон движется в магнитном поле с индукцией  $B = 0,02$  Тл по окружности радиусом  $R = 1$  см. Определить кинетическую энергию электрона.

- 428.**  $\square$ -частица движется в однородном магнитном поле напряженностью  $H = 100$  кА/м по окружности радиусом  $R = 10$  см. Определить скорость  $\square$ -частицы.
- 429.** Вычислить радиус  $R$  дуги окружности, которую описывает протон в магнитном поле с индукцией  $B = 15$  мТл, если скорость протона равна  $800$  км/с.
- 430.** Определить силу Лоренца  $F$ , действующую на электрон, влетевший со скоростью  $\square = 500$  км/с в однородное магнитное поле под углом  $\square = 30^\circ$  к линиям индукции. Индукция магнитного поля  $B = 0,5$  Тл.
- 431.** Две длинные катушки намотаны на общий сердечник, причем индуктивности этих катушек  $L_1 = 0,64$  и  $L_2 = 0,04$  Гн. Определить, во сколько раз число витков в первой катушке больше, чем во второй.
- 432.** Катушка длиной  $l = 50$  см и диаметром  $d = 5$  см содержит  $N = 200$  витков. По катушке течет ток  $I = 1$  А. Определить индуктивность катушки и магнитный поток, пронизывающий ее площадь поперечного сечения.
- 433.** Длинный соленоид индуктивностью  $L = 4$  мГн содержит  $N = 600$  витков. Площадь поперечного сечения соленоида  $S = 20$  см<sup>2</sup>. Определить магнитную индукцию поля внутри соленоида, если сила тока, протекающего по его обмотке, равна  $6$  А.
- 434.** Сколько витков проволоки диаметром  $d = 0,6$  мм имеет однослойная обмотка катушки, индуктивность которой  $L = 1$  мГн и диаметр  $D = 4$  см? Витки плотно прилегают друг к другу.
- 435.** Катушка длиной  $l = 20$  см имеет  $N = 400$  витков. Площадь поперечного сечения катушки  $S = 9$  см<sup>2</sup>. Найти индуктивность  $L_1$  катушки. Какова будет индуктивность  $L_2$  катушки, если внутрь катушки введен железный сердечник? Магнитная проницаемость материала сердечника  $\square = 400$ .
- 436.** На картонный каркас длиной  $l = 50$  см и площадью  $S$  сечения, равной  $4$  см<sup>2</sup>, намотан в один слой провод диаметром  $d = 0,2$  мм так, что витки плотно прилегают друг к другу (толщиной изоляции пренебречь). Вычислить индуктивность  $L$  получившегося соленоида.
- 437.** Индуктивность  $L$  соленоида длиной  $l = 1$  м, намотанного в один слой на немагнитный каркас, равна  $1,6$  мГн. Площадь  $S$  сечения соленоида равна  $20$  см<sup>2</sup>. Определить число  $n$  витков на каждом сантиметре длины соленоида.
- 438.** Обмотка соленоида состоит из  $N$  витков медной проволоки, поперечное сечение которой  $S = 1$  мм<sup>2</sup>. Длина соленоида  $l = 25$  см; его сопротивление  $R = 0,2$  Ом. Найти индуктивность  $L$  соленоида.
- 439.** Имеется соленоид с железным сердечником длиной  $l = 50$  см, площадью поперечного сечения  $S = 10$  см<sup>2</sup> и числом витков  $N = 1000$ . Найти индуктивность  $L$  этого соленоида, если по обмотке соленоида течёт ток  $I = 0,2$  А?
- 440.** Катушка длиной  $l = 50$  см и диаметром  $d = 5$  см содержит  $N = 200$

витков. По катушке течёт ток  $I = 1$  А. Определить индуктивность катушки и магнитный поток, пронизывающий площадь её поперечного сечения.

**441.** Определить магнитный поток сквозь площадь поперечного сечения катушки (без сердечника), с плотностью намотки  $n = 8$  витков/см. Радиус соленоида  $r = 2$  см, сила тока  $I = 2$  А.

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

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

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

**445.** В однородном магнитном поле с магнитной индукцией  $B = 0,5$  Тл находится квадратный проводящий контур со стороной  $a = 10$  см и током  $I = 10$  А. Плоскость квадрата составляет с направлением поля угол  $30^\circ$ . Определить работу удаления контура за пределы поля.

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

**447.** На длинный картонный каркас, диаметром  $D = 5$  см уложена однослойная обмотка (виток к витку) из проволоки диаметром  $d = 0,2$  мм. Определить магнитный поток, создаваемый таким соленоидом при силе тока  $I = 1$  А.

**448.** Виток, в котором поддерживается постоянная сила тока  $I = 50$  А, свободно установился в однородном магнитном поле индукцией  $B = 20$  мТл. Диаметр витка  $d = 10$  см. Какую работу  $A$  нужно совершить для того, чтобы повернуть виток относительно оси, совпадающей с диаметром на угол  $\alpha = 60^\circ$ ?

**449.** Плоский контур с током  $I = 10$  А расположен в однородном магнитном поле ( $B = 2$  Тл) так, что нормаль к контуру перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определить работу, совершаемую силами поля при медленном повороте контура около оси, лежащей в плоскости контура, на угол  $\alpha = 30^\circ$ .

**450.** Плоский контур, площадь  $S$  которого равна  $25$  см<sup>2</sup>, находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0,05$  Тл. Определить магнитный поток  $\Phi$ , пронизывающий контур, если плоскость его

составляет угол  $30^\circ$  с линиями индукции.

**451.** Рамка площадью  $S = 400 \text{ см}^2$  равномерно вращается с частотой 50 Гц относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярно силовым линиям магнитного поля ( $B = 0,5 \text{ Тл}$ ). Определить амплитудное значение ЭДС индукции, возникающее в рамке.

**452.** Магнитная индукция  $B$  поля между полюсами двухполюсного генератора равна  $0,5 \text{ Тл}$ . Ротор имеет  $N = 200$  витков площадью  $S = 400 \text{ см}^2$ . Определить частоту вращения якоря, если максимальное значение ЭДС равно  $220 \text{ В}$ .

**453.** Короткая катушка, содержащая  $N = 100$  витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле ( $B = 0,1 \text{ Тл}$ ) с угловой скоростью  $\omega = 5 \text{ рад/с}$  относительно оси, совпадающей с диаметром катушки и перпендикулярной силовым линиям магнитного поля. Определить мгновенное значение ЭДС индукции для тех моментов времени, когда плоскость катушки составляет угол  $\alpha = 60^\circ$  с линиями индукции поля. Площадь катушки  $S = 100 \text{ см}^2$ .

**454.** В однородном магнитном поле равномерно вращается прямоугольная рамка с частотой 50 Гц. Амплитуда индуцируемой ЭДС  $\mathcal{E} = 3 \text{ В}$ . Определить максимальный поток через рамку.

**455.** В однородном магнитном поле ( $B = 0,2 \text{ Тл}$ ) равномерно вращается прямоугольная рамка, содержащая  $N = 200$  витков, плотно прилегающих друг к другу. Площадь рамки  $S = 100 \text{ см}^2$ . Определить частоту вращения рамки, если максимальная ЭДС, индуцируемая в ней равна  $12,6 \text{ В}$ .

**456.** Магнитная индукция  $B$  поля между полюсами двухполюсного генератора равна  $1 \text{ Тл}$ . Ротор имеет 140 витков (площадь каждого витка  $S = 500 \text{ см}^2$ ). Определить частоту вращения якоря, если максимальное значение ЭДС индукции равно  $220 \text{ В}$ .

**457.** В однородном магнитном поле ( $B = 0,2 \text{ Тл}$ ) равномерно с частотой 20 Гц вращается рамка, содержащая  $N = 500$  витков, плотно прилегающих друг к другу. Площадь рамки  $S = 100 \text{ см}^2$ . Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям магнитной индукции. Определить максимальную ЭДС, возникающую в рамке.

**458.** В однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,4 \text{ Тл}$  помещена прямоугольная рамка с подвижной стороной, длина которой  $a = 30 \text{ см}$ . Определить ЭДС индукции, возникающей в рамке, если ее подвижная сторона перемещается перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью  $v = 10 \text{ м/с}$ .

**459.** В магнитном поле, изменяющемся со временем по закону  $B = B_0 \cos \omega t$  ( $B_0 = 0,1 \text{ Тл}$ ,  $\omega = 4 \text{ рад/с}$ ), помещена квадратная рамка со стороной  $a = 20 \text{ см}$ , причем нормаль к рамке образует с направлением поля угол  $\alpha = 45^\circ$ . Определить ЭДС индукции, возникающую в рамке в момент времени  $t = 5 \text{ сек}$ .

**460.** Соленоид диаметром  $d = 4 \text{ см}$ , имеющий  $N = 500$  витков, помещен в магнитное поле, индукция которого изменяется со временем со скоростью  $5 \text{ мТл/с}$ . Определить ЭДС индукции, возникающую в

соленоиде, если ось соленоида составляет с вектором магнитной индукции угол  $\alpha = 60^\circ$ .

**461.** Определить через сколько времени, сила тока замыкания достигнет 0,95 предельного значения, если источник тока замыкают на катушку сопротивлением  $R = 12$  Ом и индуктивностью  $L = 0,5$  Гн.

**462.** Катушку индуктивностью  $L = 0,6$  Гн подключают к источнику тока. Определить сопротивление катушки, если за время  $t = 3$  с сила тока достигла 80% предельного значения.

**463.** Источник тока замкнули на катушку сопротивлением  $R = 20$  Ом и индуктивностью  $L = 0,2$  Гн. Через какое время сила тока в цепи достигнет 50% от максимального значения?

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

**465.** Проволочное кольцо радиусом  $r = 10$  см лежит на столе. Какое количество электричества  $Q$  протечет по кольцу, если его перевернуть с одной стороны на другую? Сопротивление  $R$  кольца равно 0,05 Ом. Вертикальная составляющая индукции  $B$  магнитного поля Земли равна 50 мкТл.

**466.** Обмотка соленоида имеет сопротивление  $R = 10$  Ом. Какова его индуктивность, если при прохождении тока за 0,05 с в нем выделяется количество теплоты, эквивалентное энергии магнитного поля соленоида?

**467.** Через катушку, индуктивность  $L$  которой равна 200 мГн, протекает ток, изменяющийся по закону  $I = 2\cos 3t$ . Определить закон изменения ЭДС самоиндукции и максимальное значение ЭДС самоиндукции.

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

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

**470.** Соленоид содержит  $N = 1000$  витков. Площадь  $S$  сечения сердечника равна 10 см<sup>2</sup>. По обмотке течёт ток, создающий поле с индукцией  $B = 1,5$  Тл. Найти среднюю ЭДС индукции, возникающей в соленоиде, если ток уменьшился до нуля за время  $t = 500$  мкс.

**471.** На какой диапазон длин волн можно настроить колебательный контур, если его индуктивность  $L = 2$  мГн, а емкость может меняться от  $C_1 = 69$  пФ до  $C_2 = 533$  пФ?

**472.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C = 0,2$  мкФ и катушки с индуктивностью  $L = 5,07$  мГн. При каком

логарифмическом декременте затухания  $\Theta$  разность потенциалов на обкладках конденсатора за время  $t=1$  мс уменьшится в три раза? Каково при этом сопротивление  $R$  цепи?

**473.** Индуктивность  $L$  колебательного контура равна  $0,5$  мГн. Какова должна быть емкость  $C$  контура, чтобы он резонировал на длину волны  $\lambda=300$  нм?

**474.** Катушка длиной  $l=50$  см и площадью поперечного сечения  $S=10$  см<sup>2</sup> включена в цепь переменного тока частотой  $\nu=50$  Гц. Число витков катушки  $N=3000$ . Найти сопротивление  $R$  катушки. Если сдвиг фаз между напряжением и током  $\varphi=60^\circ$ .

**475.** Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью  $C=2,22$  нФ и катушки длиной  $l=20$  см из медной проволоки диаметром  $d=0,5$  мм. Найти логарифмический декремент  $\Delta$  затухания колебаний.

**476.** Колебательный контур содержит катушку индуктивности  $L=25$  мГн, конденсатор емкостью  $C=10$  мкФ и резистор сопротивлением  $R=1$  Ом. Конденсатор заряжен количеством электричества  $Q_m=1$  мКл. Определить период колебаний контура, логарифмический декремент затухания колебаний и уравнение зависимости изменения напряжения на обкладках конденсатора от времени.

**477.** В цепь переменного тока частотой  $\nu=50$  Гц включена катушка длиной  $l=30$  см и площадью поперечного сечения  $S=10$  см<sup>2</sup>, содержащая  $N=1000$  витков. Определить сопротивление  $R$  катушки, если сдвиг фаз между напряжением и током  $\varphi=30^\circ$ .

**478.** Колебательный контур содержит конденсатор емкостью  $C=8$  пФ и катушку индуктивностью  $L=0,5$  мГн. Каково максимальное напряжение  $U_{\max}$  на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока  $I_{\max}=4$  мА?

**479.** Катушка индуктивностью  $L=1$  мГн и воздушный конденсатор, состоящий из двух круглых пластин диаметром  $D=20$  см каждая, соединены параллельно. Расстояние  $d$  между пластинами равно  $1$  см. Определить период  $T$  колебаний.

Колебательный контур имеет индуктивность  $L=1,6$  мГн, емкость  $C=0,04$  мкФ и максимальное напряжение на зажимах  $U_{\max}=200$  В. Чему равна максимальная сила тока  $I_{\max}$  в контуре? Сопротивление контур ничтожно мало.

## **5. Критерии оценки расчетно-графической работы и типовые ошибки при ее выполнении.**

Критерии оценки расчетно-графической работы:

- оценка «зачтено» выставляется обучающемуся в том случае, если все задачи решены, к задачам приведены пояснения;
- оценка «не зачтено» ставится в том случае, если какая-либо задача отсутствует или приведены недостаточные пояснения к решению задачи.

При выполнении расчетно-графической работы по физике часто встречаются следующие ошибки:

1. Не соблюдены правила оформления расчетно-графической работы.
2. Не выдержана структура расчетно-графической работы (отсутствует библиографический список, теоретическая часть к задаче и т. д.).
3. Не указаны единицы измерения полученных результатов.
4. В задаче отсутствуют выводы или содержимое выводов к задаче неконструктивны.
5. Отсутствие готовности обучающегося отвечать на теоретические вопросы, являющиеся основой для решения задачи.
6. Задание на расчетно-графическую работу выполнено не по своему варианту.

## **6. Рекомендуемая литература**

### Основная литература

Механика, молекулярная физика и основы термодинамики : учебное пособие для выполнения лабораторных работ / В. А. Андреев [и др.] ; под ред. В. В. Самарина. - Чебоксары : ЧПИ (ф) МГОУ, 2010.

Оптика и квантовая физика : учебное пособие для выполнения лабораторных работ / В. А. Андреев [и др.] ; под ред. С. М. Казакова. - Чебоксары : ЧПИ (ф) МГОУ, 2010.

Самарин, В. В. Атомная и ядерная физика : учеб. пособие для выполнения лабораторных работ / В. В. Самарин. - Чебоксары : ЧПИ (ф) МГОУ, 2012.

Трофимова, Т. И. Курс физики [Текст] : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. - 14-е изд., стер. - М. : Академия, 2007. - 559 с.

Демидченко В. И. Физика [Электронный ресурс] : учебник / В.И. Демидченко, И.В. Демидченко. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2016. — 581 с. - Режим доступа : <http://znanium.com/bookread2.php?book=469821>



## Дополнительная литература

Чертов, А. Г. Задачник по физике : учебное пособие / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1988.

Трофимова, Т. И. Сборник задач по курсу физики с решениями : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова, З. Г. Павлова. - 7-е изд., стереотип. - М. : Высш. шк., 2006.

Хавруняк В. Г. Курс физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Г. Хавруняк. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 400 с. - Режим доступа : <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=375844>

## Периодика

Наука и Жизнь [Электронный ресурс] :научно-популярный журнал / гл. ред. Лозовская Е.Л. – М.: Наука и жизнь, 2018. – Режим доступа: [https://biblioclub.ru/index.php?page=journal\\_red&jid=430673](https://biblioclub.ru/index.php?page=journal_red&jid=430673)

Вестник БГУ. Серия 1. Физика. Математика. Информатика [Электронный ресурс] :научно-теоретический журнал / Белорусский государственный университет. - Режим доступа: [https://e.lanbook.com/journal/2495#journal\\_name](https://e.lanbook.com/journal/2495#journal_name)

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для написания РГР**

1. Znanium.com [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <http://znanium.com>.
2. «Университетская библиотека онлайн» - [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>.
3. Издательство ЛАНЬ [Электронный ресурс]: электронно-библиотечная система. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**  
(справочное)  
**Форма титульного листа**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГБОУ ВО «МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**ЧЕБОКСАРСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)**

**Кафедра информационных технологий, электроэнергетики и систем управления**

**РАСЧЁТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА №2**  
по дисциплине  
**«ФИЗИКА»**

Выполнил: студент \_\_ курса

\_\_\_\_\_  
(Ф. И. О.) очной формы обучения  
специальность \_\_\_\_\_  
уч. шифр \_\_\_\_\_  
конт. телефон \_\_\_\_\_

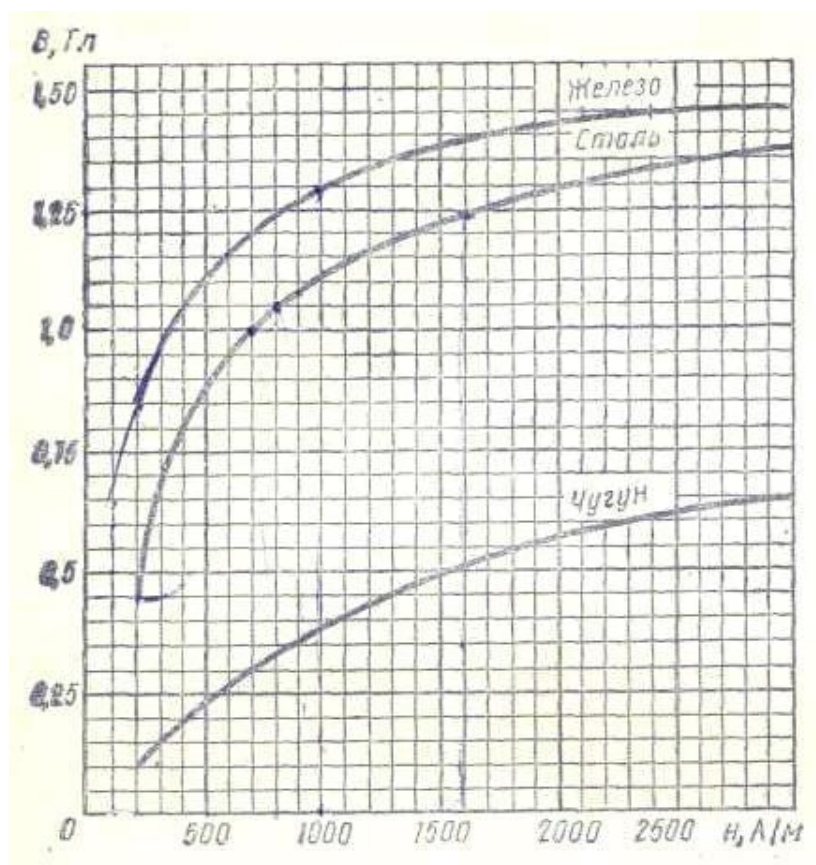
Проверил: \_\_\_\_\_

**Чебоксары 20\_\_**

I. ТАБЛИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН  
 Основные физические постоянные (округленные значения)

Таблица 1

Ускорение свободного падения	$g$	$9,81 \text{ м/с}^2$
Гравитационная постоянная	$G$	$6,67 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/(\text{кг} \cdot \text{с})$
Постоянная Авогадро	$N_A$	$6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Молярная газовая постоянная	$R$	$8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
Постоянная Больцмана	$k$	$1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Элементарный заряд	$e$	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Масса электрона	$m_e$	$9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Удельный заряд электрона	$e/m$	$1,76 \cdot 10^{11} \text{ Кл/кг}$
Постоянная Фарадея	$F$	$9,65 \cdot 10^7 \text{ Кл/моль}$
Скорость света в вакууме	$c$	$3,00 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Электрическая постоянная	$\epsilon_0$	$8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Магнитная постоянная	$\mu_0$	$4 \cdot 10^{-7} \text{ Гн/м}$
Электрон-вольт	$\text{эВ}$	$1,60 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$



Связь между магнитной индукцией  $B$  поля в ферромагнетике и напряженностью  $H$  намагничивающего поля

Таблица 2

## Диэлектрическая проницаемость □

Вода	81	Воск	7,8
Масло (трансформаторное)	2,2	Керосин	2,0
Парафин	2,0	Масло	5,0
Слюда	7,0	Фарфор	5,0
Стекло	7,0	Эбонит	3,0

## Удельное электрическое сопротивление

Таблица 3 Вещество	□, 10 <sup>-6</sup> Ом/м	Вещество	□, 10 <sup>-6</sup> Ом/м
Алюминий	0,026	Нихром	100
Графит	0,039	Ртуть	0,94
Медь	0,017	Свинец	0,22
Железо	0,098	Сталь	0,1

## II. НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ЕДИНИЦАХ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Таблица 4

**Основные и производные  
единицы электрических и магнитных  
величин в СИ**

Величина	Единица		
	определение	наименование	обозначение
Электрический заряд	$Q = I \cdot \Delta t$	кулон	Кл
Линейная плотность электрического заряда	$\square = Q/l$	кулон на метр	Кл/м
Поверхностная плотность электрического заряда	$\square = Q/S$	кулон на метр в квадрате	м
Объемная плотность электрического заряда	$\square = Q/V$	кулон на метр в кубе	Кл/м <sup>3</sup>
Напряженность электрического поля	$E = U/d$	вольт на метр	Кл/м <sup>3</sup>
Электрический момент диполя	$P = Q \cdot l$	кулон · метр	В/м
Потенциал электрического поля	$\square = A/Q$		Кл · м
Электрическое смещение	$D = \epsilon_0 \epsilon E$		
Поток электрической напряженности	$\Phi = E \cdot \Delta S$		
Поток электрического смещения	$\Psi = D \cdot \Delta$		
Поляризованность	$S P$	вольт	В
Электрическая емкость	$C = Q/U$	кулон на квадратный метр	Кл/м <sup>2</sup>
Сила тока	$I$	кулон · метр в квадрате	Кл · м <sup>2</sup>
Плотность электрического тока	$j = I/S$	кулон	Кл
Электрическое сопротивление	$R = U/I$	кулон на квадратный метр	Кл/м
	$I$	фарад	<sup>2</sup> Ф
	$\square = R \cdot S/l$	ампер	А
	$G = 1/R$	ампер на квадратный метр	А/м <sup>2</sup>
	$\square = I/\square$		
	$U = A/Q$	ом	Ом

Удельное электрическое сопротивление Электрическая проводимость Удельная электрическая проводимость Напряжение	$\rho = A_{cm}/Q$ $b = \langle v \rangle / E$ $B = M_{max} / (I \cdot S)$ )	ом·метр сименс сименс на метр вольт	Ом·м См См/м В
ЭДС (электродвижущая сила)		вольт	В
Подвижность ионов			м <sup>2</sup> /(В·с)
Магнитная индукция		тесла	Тл
Напряженность магнитного поля Намагниченность Магнитный момент	$H =$ $B/\mu_0 \mu J$ $P = I \cdot S$	ампер на метр ампер на метр ампер·метр в квадрате	А/м А/м А·м <sup>2</sup>
Магнитный поток	$\Phi = B \cdot \Delta S$	вебер	Вб
Потокоцепление	$\Psi = N \cdot \Phi$	вебер	Вб
Индуктивность	$L = \Phi / I$	генри	Гн

Таблица 5  
Коэффициенты перевода внесистемных единиц в единицы СИ

Величина	Название	Обозначение	Связь с единицами СИ
Электрический момент диполя	дебай	D	1D = 3,34 · 10 <sup>-30</sup> Кл·м
Удельное электрическое сопротивление		Ом·мм <sup>2</sup> /м	1 Ом·мм <sup>2</sup> /м = 10 <sup>-6</sup> Ом·м
Магнитная индукция	гаусс	Гс	1 Гс = 10 <sup>-4</sup> Тл
Магнитный поток	максвелл	Мкс	1 Мкс = 10 <sup>-8</sup> Вб
Напряженность магнитного поля	эрстед	Э	1Э = 10 <sup>3</sup> /μ = 79,6 А/м

Таблица 6

Приставка		Множитель	Приставка		Множитель
Наименование	Обозначение		Наименование	Обозначение	
атто	а	10 <sup>-18</sup>	дека	да	10 <sup>1</sup>
фемто	ф	10 <sup>-15</sup>	гекто	Г	10 <sup>2</sup>
пико	п	10 <sup>-12</sup>	кило	к	10 <sup>3</sup>
нано	н	10 <sup>-9</sup>	мега	М	10 <sup>6</sup>
микро	мк	10 <sup>-6</sup>	гига	Г	10 <sup>9</sup>
милли	м	10 <sup>-3</sup>	тера	Т	10 <sup>12</sup>
санти	с	10 <sup>-2</sup>	пета	П	10 <sup>15</sup>
деци	д	10 <sup>-1</sup>	экса	Э	10 <sup>18</sup>

## Рекомендуемая литература

### Основная литература

Механика, молекулярная физика и основы термодинамики : учебное пособие для выполнения лабораторных работ / В. А. Андреев [и др.] ; под ред. В. В. Самарина. - Чебоксары : ЧПИ (ф) МГОУ, 2010.

Оптика и квантовая физика : учебное пособие для выполнения лабораторных работ / В. А. Андреев [и др.] ; под ред. С. М. Казакова. - Чебоксары : ЧПИ (ф) МГОУ, 2010.

Самарин, В. В. Атомная и ядерная физика : учеб. пособие для выполнения лабораторных работ / В. В. Самарин. - Чебоксары : ЧПИ (ф) МГОУ, 2012.

Трофимова, Т. И. Курс физики [Текст] : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. - 14-е изд., стер. - М. : Академия, 2007. - 559 с.

Демидченко В. И. Физика [Электронный ресурс] : учебник / В.И. Демидченко, И.В. Демидченко. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2016. — 581 с. - Режим доступа : <http://znanium.com/bookread2.php?book=469821>

### Дополнительная литература

Чертов, А. Г. Задачник по физике : учебное пособие / А. Г. Чертов, А. А. Воробьев. - 5-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1988.

Трофимова, Т. И. Сборник задач по курсу физики с решениями : учебное пособие для вузов / Т. И. Трофимова, З. Г. Павлова. - 7-е изд., стереотип. - М. : Высш. шк., 2006.

Хавруняк В. Г. Курс физики [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Г. Хавруняк. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 400 с. - Режим доступа : <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=375844>

### Периодика

Наука и Жизнь [Электронный ресурс] :научно-популярный журнал / гл. ред. Лозовская Е.Л. – М.: Наука и жизнь, 2018. – Режим доступа: [https://biblioclub.ru/index.php?page=journal\\_red&jid=430673](https://biblioclub.ru/index.php?page=journal_red&jid=430673)

Вестник БГУ. Серия 1. Физика. Математика. Информатика [Электронный ресурс] :научно-теоретический журнал / Белорусский государственный университет. - Режим доступа: [https://e.lanbook.com/journal/2495#journal\\_name](https://e.lanbook.com/journal/2495#journal_name)