



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИДО

С.И. Качин

« ____ » _____ 2012 г.

ФИЗИКА 2

Методические указания и индивидуальные задания
для студентов ИДО, обучающихся по техническим направлениям

Составители

**Г.В. Ерофеева, Т.Н. Мельникова,
О.Ю. Петрова, Т.В. Смекалина**

Семестр	3
Кредиты	4
Лекции, часов	8(6)
Лабораторные работы, часов	6(4)
Практические занятия, часов	6(4)
Индивидуальные задания	2
Самостоятельная работа, часов	162 (114)
Формы контроля	Экзамен

Издательство

Томского политехнического университета

2012



УДК 53

Физика 2: метод. указ. и индивид. задания для студентов ИДО, обучающихся по техническим направлениям. / сост. Г.В. Ерофеева, Т.Н. Мельникова, О.Ю. Петрова, Т.В. Смекалина; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 83 с.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры общей физики ФТИ «___» _____ 2012 г., протокол № _____.

Зав. кафедрой ОФ

доцент, кандидат физ.-мат. наук

_____ А.М. Лидер

Аннотация

Методические указания и индивидуальные задания по дисциплине «Физика 2» предназначены для студентов ИДО, обучающихся по техническим направлениям. Данная дисциплина изучается в одном семестре.

Приводится содержание основных тем дисциплины, темы практических и перечень лабораторных занятий, варианты заданий для индивидуальных домашних заданий и список рекомендуемой литературы. Даны методические указания по выполнению индивидуальных домашних заданий.



ОГЛАВЛЕНИЕ

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	2
2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	3
Тема 1. Электростатика.....	3
Тема 2. Электромагнетизм	8
Тема 3. Электромагнитные колебания и волны.....	10
3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ	12
3.1. Тематика практических занятий	12
3.2. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме.....	12
3.3. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину с применением ДОТ.....	13
4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ	14
4.1. Общие методические указания	14
4.1.1. Требования к оформлению индивидуального задания	14
4.2. Варианты индивидуального задания № 1	15
4.3. Решение типового варианта и образец оформления индивидуального задания № 1.....	34
4.4. Варианты индивидуального задания № 2	45
4.5. Решение типового варианта и образец оформления индивидуального задания № 2.....	65
5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ	75
5.1. Вопросы для подготовки к экзамену	75
5.2. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме.....	77
5.3. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину дистанционно	79
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	81



1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Физика 2» изучается в первом семестре второго курса студентами технических специальностей ИДО.

Дисциплина входит в базовую часть естественнонаучного цикла. Физика является важнейшим источником знаний об окружающем мире, основой научно-технического прогресса и важнейшим компонентом человеческой культуры. Ее значение в современном образовании исключительно высоко, так как изучение физики как науки, отражающей наиболее общие закономерности в природе, формирует у студентов основные представления о естественнонаучной картине мира. Совместно с математикой физика занимает в обучении студентов одно из важных мест: курс является базовым для изучения дальнейших технических дисциплин, определяет физико-математическую подготовку студентов и, естественно, служит основой, на которой строится дальнейшее обучение студентов.

Курс «Электричество и магнетизм», «Колебания и волны» совместно с курсами высшей математики и информатики является базовым и определяет физико-математическую подготовку студентов.

Пререквизитами данной дисциплины являются «Физика 1», «Математика», «Линейная алгебра», «Математический анализ 1». Кореквизитами – «Электротехника, электроника и схемотехника», «Учебно-исследовательская работа студентов».

В результате освоения дисциплины студент **должен знать**: основные физические явления и основные законы электромагнетизма, кинематики и динамики гармонических колебаний, волновых процессов; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях (уравнения Максвелла, свойства электрического и магнитного полей в вакууме и в веществе, теорию гармонических колебаний и волн).

В результате освоения дисциплины студент **должен уметь**: применять законы электромагнетизма, кинематики и динамики гармонических колебаний, волновых процессов для объяснения физических явлений в природе и технике, решать качественные и количественные физические задачи; решать типовые задачи по основным разделам курса, используя методы математического анализа; проводить измерения физических величин, объяснение и обработку результатов эксперимента; самостоятельно работать с учебной и справочной литературой; использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности.



2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

Тема 1. Электростатика

1.1. Введение

Предмет классической электродинамики. Заряд и его дискретность. Закон сохранения заряда. Взаимодействие заряженных тел. Закон Кулона.

Характеристики электростатического поля: напряженность и потенциал. Принцип суперпозиции. Теорема Гаусса. Поток и циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Работа сил поля при перемещении зарядов. Связь потенциала с напряженностью электростатического поля.

Проводники в электрическом поле. Равновесие зарядов на проводниках. Поле вблизи поверхности заряженного проводника. Электростатическая индукция. Электроемкость проводников. Взаимная электроемкость. Конденсаторы. Плоский, цилиндрический и сферический конденсаторы. Соединения конденсаторов. Энергия электрического поля. Объемная плотность энергии электрического поля.

Рекомендуемая литература: [1, разд. 1.1–1.3], [2], [3], [18].

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислить свойства электрического заряда.
2. Записать закон Кулона в векторной форме. Пояснить обозначения.
3. Записать формулу для силы взаимодействия двух заряженных тел, если известна их объёмная плотность заряда. Пояснить обозначения.
4. Дать определение вектору напряженности электрического поля? Записать, согласно определению, формулу для вектора напряженности в заданной точке поля.
5. Чему равняется число силовых линий точечного заряда?
6. Что называется силовыми линиями электрического поля?
7. Записать формулу для напряженности электростатического поля на расстоянии r от бесконечной равномерно заряженной плоскости. Пояснить обозначения.
8. Какая связь существует между силовыми линиями электрического поля и вектором напряженности?
9. Дать определение электростатическому потенциалу.
10. Записать формулу для электростатического потенциала точечного заряда. Пояснить обозначения.



11. Чему равняется потенциал в заданной точке однородного электростатического поля? Записать формулу и дать пояснения обозначениям.
12. Записать формулу для напряженности электростатического поля на расстоянии r от бесконечной равномерно заряженной нити. Пояснить обозначения.
13. Записать формулу для напряженности электростатического поля на расстоянии r от центра равномерно заряженной сферы радиуса R при $r < R$ и $r > R$.
14. Дать определение потоку вектора через элементарную площадку. Записать теорему Остроградского – Гаусса для потока вектора через замкнутую поверхность.
15. Записать уравнение для циркуляции вектора напряженности электростатического поля. Дать пояснение обозначениям.
16. Записать формулу для вектора напряженности электрического поля, если известен электростатический потенциал? Пояснить действие оператора градиента на скалярную функцию.
17. Записать уравнение для элементарной работы электростатического поля по перемещению точечного заряда. Пояснить обозначения.
18. Записать формулу для электростатической энергии парного взаимодействия заряженных частиц. Дать пояснения обозначениям.
19. Записать уравнение для циркуляции электростатического поля. Дать пояснения обозначениям.
20. Сформулировать теорему Гаусса для вектора напряженности электростатического поля в вакууме.
21. Дать определение напряжению электростатического поля.
22. Записать формулу для напряженности электростатического поля точечного заряда в векторной форме. Дать пояснения обозначениям.
23. Какие поверхности в области электростатического поля называются эквипотенциальными. Записать уравнение эквипотенциальных поверхностей.
24. По какой формуле можно рассчитать емкость последовательно соединенных конденсаторов?
25. Куда направлен и чему равняется вектор напряженности электростатического поля на поверхности заряженного проводника?
26. Записать формулу для емкости плоского конденсатора. Дать пояснения обозначениям.
27. Записать формулу для энергии заряженного проводника, если известен заряд и потенциал на поверхности.
28. Записать формулу для энергии заряженного проводника, если известен заряд и потенциал на поверхности.



29. Дать определение и записать соответствующую формулу для емкости заряженного проводника.
30. Записать формулу для энергии плоского конденсатора, если напряжения между пластинами равно U .
31. Записать формулу для емкости заряженного шара. Пояснить обозначения.
32. Что называется конденсатором?
33. Какое явление лежит в основе электростатической защиты?
34. Дать определение и записать соответствующую формулу для емкости заряженного конденсатора.

1.2. Электрическое поле в диэлектриках

Связанные заряды в диэлектриках. Поляризация диэлектрика. Вектор поляризации. Электрическое смещение. Основные уравнения электростатики диэлектриков. Теорема Гаусса для электрического поля в диэлектриках. Диэлектрическая проницаемость. Пьезоэлектрический эффект. Электрострикция. Сегнетоэлектрики и их свойства.

Рекомендуемая литература: [1, разд. 1.4], [2], [3], [18].

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется диэлектрической восприимчивостью диэлектрика?
2. Записать теорему Гаусса для вектора электростатического смещения в диэлектрике.
3. Чему равняется напряженность и потенциал электростатического поля в проводнике и на его поверхности?
4. Какое явление называется поляризацией диэлектрика? Дать определение.
5. Какие заряды в диэлектрике называются связанными и сторонними?
6. Что называется диэлектрической проницаемостью вещества? Чему она равняется, если известна диэлектрическая восприимчивость?
7. Что называется вектором поляризованности диэлектрика. По какой формуле, согласно определению, его можно рассчитать?
8. Записать формулу для поверхностной плотности связанных зарядов диэлектрика в электрическом поле. Пояснить обозначения.
9. Какие граничные условия существуют для нормальной составляющей напряженности и индукции электростатического поля в диэлектриках?



10. Как зависит вектор поляризованности от внешнего электрического поля в нормальных диэлектриках.
11. Записать формулу для объемной плотности связанных зарядов диэлектрика в электрическом поле. Пояснить обозначения.
12. Записать граничные условия для тангенциальной составляющей напряженности и смещения электростатического поля на границе двух диэлектриков.
13. Какие молекулы называются полярными?
14. Какое явление в проводниках называется электростатической индукцией?
15. Записать формулу для плотности энергии электростатического поля в данной точке, если известны вектора \vec{E} и \vec{D} .
16. Какие ведут себя неполярные молекулы в электрическом поле?
17. Записать формулу для вектора электрического смещения в диэлектрике, помещенном в электрическое поле \vec{E} , если известен вектор поляризованности \vec{P} .
18. Чему равняется плотность энергии диэлектрика в электрическом поле? Записать формулу и дать пояснения обозначениям.

1.3. Постоянный электрический ток

Электрический ток. Условия существования тока. Сила тока. Вектор плотности тока. Уравнение непрерывности. Закон Ома для участка цепи. Закон Ома в дифференциальной форме. Сопротивление проводников. Сторонние силы. ЭДС. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Закон Ома для полной цепи. Закон Джоуля – Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Работа и мощность электрического тока. Классическая теория электропроводности металлов и ее затруднения. Электропроводность газов. Несамостоятельный и самостоятельный газовый разряд. Типы самостоятельных разрядов: тлеющий, коронный, искровой, дуговой. Понятие о плазме. Ток в вакууме. Термоэлектрические явления.

Рекомендуемая литература: [1, разд. 1.8], [2], [3], [18].

Вопросы для самоконтроля

1. Перечислить основные свойства постоянного тока.
2. Записать формулу для вектора плотности электрического тока с учетом дрейфовой скорости носителей заряда. Дать пояснения обозначениям.



3. Записать уравнение непрерывности для вектора плотности переменного тока в дифференциальной форме. Дать пояснения обозначениям.
4. По какому закону зависит удельное сопротивление металлов от температуры? Нарисовать график этой зависимости.
5. Что называется электродвижущей силой на участке цепи?
6. Сформулировать закон Ома для неоднородного участка цепи. Записать соответствующее уравнение и дать к нему пояснения.
7. Сформулировать и записать закон Джоуля – Ленца в дифференциальной форме.
8. Записать формулу для мощности постоянного тока в дифференциальной форме.
9. Записать уравнение непрерывности для постоянного тока.
10. Записать формулу для силы тока, протекающего через произвольную поверхность, если известно поле плотности тока. Дать пояснения обозначениям.
11. Записать уравнение непрерывности для плотности постоянного тока.
12. По какому закону зависит удельное сопротивление полупроводников от температуры? Нарисовать график этой зависимости.
13. Записать закон Ома для дрейфового тока в дифференциальной форме. Дать пояснения обозначениям.
14. Что называется линией тока? Какой вид имеют линии постоянного тока?
15. Согласно элементарной теории записать формулу для удельной электропроводности металла. Дать пояснения обозначениям.
16. Что называется электродвижущей силой на участке цепи?
17. Что называется подвижностью носителей заряда в проводнике?
18. Записать формулу для мощности тока в дифференциальной форме.
19. Какой участок электрической цепи называется неоднородным. Чему равняется напряжение на неоднородном участке электрической цепи?
20. Что называется энергией активации удельной проводимости полупроводника?
21. От каких параметров носителей тока в проводниках зависит подвижность? Чему она равняется?
22. Сформулировать и записать закон Джоуля – Ленца в дифференциальной форме.
23. При каком условии полезная мощность источника постоянного тока является максимальной? Чему она равняется?



24. Как определяется знак ЭДС, действующей на участке цепи?
25. Что называется дрейфовой скоростью носителей заряда?
26. Чему равняется работа по переносу пробного заряда по замкнутой цепи при постоянном токе?

Тема 2. Электромагнетизм

2.1. Магнитное поле в вакууме

Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Силовые линии магнитного поля. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса для магнитного потока в интегральной и дифференциальной формах. Закон Био – Савара – Лапласа. Применение закона Био – Савара – Лапласа для расчета магнитных полей. Вихревой характер магнитного поля. Действие магнитного поля на проводники с током. Закон Ампера. Взаимодействие параллельных токов. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле. Контур с током в магнитном поле. Магнитный момент контура с током.

Магнитное поле движущейся заряженной частицы. Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле, сила Лоренца. Ускорители заряженных частиц, принцип их действия. Эффект Холла. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. Самоиндукция и взаимоиנדукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля, плотность энергии.

Рекомендуемая литература: [1, разд. 2.1–2.4], [2], [3], [19].

Вопросы для самоконтроля

1. Записать закон Био – Савара – Лапласа для индукции магнитного поля, создаваемого бесконечно малым прямолинейным отрезком тока. Дать пояснения обозначениям.
2. Записать формулу для магнитной составляющей силы Лоренца, действующей на движущийся заряд. Дать пояснения обозначениям.
3. Записать формулу для индукции магнитного поля в центре кругового тока. Дать пояснения обозначениям.
4. Что называется циклотронной частотой. Дать определение и записать формулу.
5. Какое явление называется эффектом Холла?
6. Записать формулу для индукции магнитного поля прямого тока конечной длины. Дать пояснения обозначениям.
7. Перечислить свойства магнитного поля идеального соленоида.



8. Записать формулу для элементарной работы по перемещению контура с током в магнитном поле. Дать пояснения обозначениям.

9. По какой формуле можно рассчитать вектор индукции магнитного поля движущегося заряда в рассматриваемой точке? Записать уравнение и дать пояснения обозначениям.

10. Записать формулу для силы Лоренца. Пояснить обозначения

11. Записать формулу для вектора силы Ампера, действующей на бесконечно малый прямолинейный отрезок с током. Дать пояснения обозначениям.

12. По какой формуле можно рассчитать потенциальную энергию плоского контура с током в однородном магнитном поле? Записать формулу и дать пояснения обозначениям.

2.2. Магнитное поле в веществе

Магнитные моменты микрочастиц. Намагниченность. Диамагнетики, парамагнетики. Понятие о теории ферромагнетизма. Основные свойства ферромагнетиков: доменная структура, точка Кюри, гистерезис. Магнитострикция.

Рекомендуемая литература: [1, разд. 2.7], [2], [3], [19].

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется вектором намагниченности?
2. Какая физическая величина называется магнитной восприимчивостью вещества?
3. Какая физическая величина называется магнитной проницаемостью вещества.
4. Чем отличаются диамагнетики от парамагнетиков?
5. Какие вещества называются ферромагнетиками?
6. Какие вещества называются диамагнетиками?
7. Какие вещества называются парамагнетиками?

2.3. Уравнения Максвелла

Фарадеевская и Максвелловская трактовки явления электромагнитной индукции. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Скалярный и векторный потенциалы электромагнитного поля. Закон сохранения энергии для электромагнитного поля. Плотность энергии. Инвариантность уравнений Максвелла относительно преобразований



Лоренца. Релятивистское преобразование полей зарядов и токов. Относительность магнитных и электрических полей. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Эффект Доплера.

Рекомендуемая литература: [1, разд. 2.8], [2], [3], [19].

Вопросы для самоконтроля

1. Какие величины связывают уравнения Максвелла?
2. Запишите уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Охарактеризуйте их.
3. Что такое ток смещения?
4. Опишите принцип действия бетатрона.

Тема 3. Электромагнитные колебания и волны

Колебательный контур, индуктивное и емкостное сопротивления. Свободные, затухающие и вынужденные электромагнитные колебания (дифференциальные уравнения и их решения). Резонанс. Автоколебания.

Дифференциальное уравнение для электромагнитной волны и его решение. Плоские электромагнитные волны и их энергетические характеристики. Скорость распространения электромагнитных волн в веществах. Вектор Пойнтинга. Распространение радиоволн в атмосфере.

Рекомендуемая литература: [1, разд. 3], [2], [3].

Вопросы для самоконтроля

1. Запишите уравнения колебаний величин заряда, силы тока и напряжения в колебательном контуре. Охарактеризуйте их.
2. При каких условиях возникают колебания в системе?
3. Запишите уравнение бегущей гармонической волны.
4. Что такое интенсивность волны?
5. От чего зависит период колебаний в колебательном контуре?
6. Что такое фазовая скорость волны? От чего она зависит?
7. Перечислите характеристики затухающих электромагнитных колебаний.
8. При каких условиях возникает явление резонанса?
9. Что такое волна?
10. Запишите дифференциальное уравнение и его решение затухающих электромагнитных колебаний.



11. Запишите дифференциальное уравнение и его решение вынужденных электромагнитных колебаний
12. Запишите дифференциальное уравнение и его решение для электромагнитной волны.
13. Дайте энергетические характеристики плоских электромагнитных волн.
14. Какие волны называются сферическими.
15. Какие волны называются цилиндрическими.
16. Нарисуйте шкалу электромагнитных волн.



3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Тематика практических занятий

1. Электростатика. Постоянный электрический ток (2 часа).
2. Основные законы электромагнетизма (2 часа).
3. Электромагнитные колебания, волновые процессы (2 часа).

3.2. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

В данном разделе приведен перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме (КЗФ).

Лабораторные работы проходят во время сессии в Томске. Название лабораторных работ, их число и последовательность выполнения определяются маршрутом и календарным планом, составленным преподавателем. На каждую лабораторную работу отводится 2 часа.

К выполнению лабораторной работы студент может приступить только после того, как получит допуск у преподавателя. Допуск к выполнению лабораторной работы студент получает по результатам устного ответа на контрольные вопросы, с которыми он должен ознакомиться при изучении методических указаний к соответствующей лабораторной работе.

По результатам выполнения лабораторных работ студенты должны представить и защитить отчеты.

Студент, не получивший положительной аттестации по лабораторным работам, не допускается до сдачи экзамена.

Методические указания к выполнению лабораторных работ приведены по адресу [15].

Тематика лабораторных работ

1. Исследование электрического поля.
2. Измерение температурного коэффициента сопротивления металлов.
3. Измерение емкости с помощью мостика Соти.
4. Определение заряда иона водорода.
5. Исследование зависимости сопротивления примесного полупроводника от температуры и определение энергии активации электронов.
6. Определение удельного заряда электрона с помощью вакуумного диода.



7. Изучение термоэлектронной эмиссии и определение работы выхода электрона из металла.
8. Определение горизонтальной составляющей магнитного поля Земли.
9. Измерение напряженности магнитного поля соленоида.
10. Исследование намагниченности ферромагнетика.

3.3. Перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину с применением ДОТ

В данном разделе приведен перечень лабораторных работ для студентов, изучающих дисциплину с применением дистанционных образовательных технологий.

Лабораторные работы выполняются в онлайн режиме. **Виртуальный лабораторный комплекс по дисциплине размещен по адресу [16].**

Перечень лабораторных работ, их количество и последовательность выполнения представлены в календарном плане-графике изучения дисциплины на портале ИДО. Результаты выполненной лабораторной работы отправляются преподавателю по электронной почте. Оформление работы должно соответствовать требованиям, представленным в методических указаниях к лабораторной работе. Преподаватель в течение трех дней предоставляет рецензию на выполненную работу. Все лабораторные работы необходимо выполнить до сессии.

Студент не допускается к экзамену при отсутствии положительных рецензий преподавателя на все лабораторные работы.

Тематика лабораторных работ

1. Э-01. Исследование электрического поля.
2. Э-04. Градуирование амперметра и вольтметра.
3. Э-09. Изучение температурной зависимости сопротивления полупроводников и определение энергии активации проводимости.
4. Э-16. Измерение магнитного поля соленоида.
5. Э-20. Исследование распределения магнитного поля, образованного прямым и круговым токами.



4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

4.1. Общие методические указания

В соответствии с учебным графиком предусмотрено выполнение двух индивидуальных домашних заданий (ИДЗ). Выполнение этих заданий необходимо для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков решения типовых задач.

Индивидуальное задание № 1 соответствует теме «Электростатика» (см. разд. 2). Индивидуальное задание № 2 соответствует темам «Электромагнетизм» и «Электромагнитные колебания и волны» (см. разд. 2).

Номер варианта индивидуального задания определяется по последним двум цифрам номера зачетной книжки. Например, если номер зачетной книжки 3-5А11/12, то номер варианта задания равен 12. Если две последние цифры составляют число большее 20, то из этого числа вычитается число 20 столько раз, чтобы остаток стал меньше или равен 20. Например, две последние цифры составляют число 57, тогда $57 - 20 - 20 = 17$, и студент выполняет вариант № 17 индивидуального задания.

4.1.1. Требования к оформлению индивидуального задания

При оформлении индивидуального домашнего задания необходимо соблюдать следующие требования.

1. Индивидуальное задание должно иметь титульный лист, оформленный в соответствии со стандартами ТПУ [17]. На титульном листе указываются номер индивидуального задания, номер варианта, название дисциплины; фамилия, имя, отчество студента; номер группы, шифр. **Образец оформления и шаблон титульного листа** размещен на сайте ИДО (<http://portal.tpu.ru/ido-tpu>) в разделе СТУДЕНТУ → ДОКУМЕНТЫ.

2. Каждое индивидуальное задание оформляется отдельно. Студенты, изучающие дисциплину **по классической заочной форме**, оформляют индивидуальные задания в отдельных тетрадях (при этом на полях необходимо оставлять место для замечаний рецензента). Студенты, изучающие дисциплину **с применением дистанционных технологий**, оформляют индивидуальные задания в отдельных файлах.

3. Текст индивидуального задания набирается в текстовом процессоре Microsoft Word. Шрифт Times New Roman, размер 12–14 pt, фор-



мулы набираются в редакторе формул (редактор формул Microsoft Equation или MathType).

4. Решения задач следует располагать в той же последовательности, что и задания.

5. Каждая задача должна начинаться с условия задачи, ниже краткая запись задачи, если необходимо – рисунок, с условными обозначениями, которые в дальнейшем будут использованы при решении задач. Все единицы измерения должны быть переведены в систему СИ.

6. Решение должно быть подробным, с включением промежуточных расчётов и указанием использованных формул. Решать задачу рекомендуется сначала в общем виде, т.е. в буквенных обозначениях величин, приведенных в условии задачи. Решение в общем виде позволяет установить определенную закономерность, показывающую, как зависит искомая величина от заданных величин.

Получив решение в общем виде, нужно проверить, правильную ли оно имеет размерность, так как неверная размерность является признаком ошибочности решения.

Приступая к вычислениям, следует помнить правила действий с приближенными числами и, получив численный ответ, рекомендуется оценить его правдоподобность. Такая оценка может иногда обнаружить ошибочность полученного результата.

7. Страницы задания должны иметь сквозную нумерацию.

8. В задание включается список использованной литературы.

Если работа не соответствует требованиям, студент получает оценку «не зачтено». В этом случае работа должна быть исправлена и повторно предоставлена преподавателю. При доработке в текст работы необходимо включить дополнительные вопросы, полученные после проверки работы преподавателем, и ответы на эти вопросы.

Студент, не получивший положительной аттестации по индивидуальному заданию, не допускается к сдаче экзамена по данной дисциплине. Задания, выполненные не по своему варианту, не засчитываются.

4.2. Варианты индивидуального задания № 1

«Электростатика»

Методические указания

1. Для нахождения полей распределенных зарядов необходимо предварительно выделить дифференциально малые участки заряженного тела, которые можно принять за точечные заряды, и записать для них



законы взаимодействия точечных зарядов. Затем применить правило интегрирования, с учетом заданных пределов и граничных условий.

2. Основная задача электростатики заключается в расчете электрического поля, т.е. в расчете напряженности и потенциала поля по заданной конфигурации электрических зарядов. Методы расчета – принцип суперпозиции и теорема Гаусса (в интегральной форме).

3. При использовании принципа суперпозиции электрических полей, создаваемых отдельными зарядами, необходимо обратить внимание на указание направлений векторов напряженности электрического поля на схемах или рисунках к задачам: вдоль линии от точки наблюдения к данному заряду, если он отрицательный, и в противоположном направлении, если заряд положительный. Результирующий вектор напряженности электрического поля находят по правилу сложения векторов. Затем, выбрав систему координат, переходят от векторного к скалярному виду уравнений.

4. Принцип суперпозиции позволяет найти потенциал как функцию координат. Далее, используя формулы дифференциальной связи, находят напряженность поля. В ряде случаев целесообразно определять независимо друг от друга и потенциал, и напряженность поля методом суперпозиции.

5. Т.к. решение задачи для скалярной физической величины – потенциала электрического поля – более простое (нет необходимости находить проекции вектора напряженности), то в ряде случаев можно сначала найти решение для потенциала поля в заданной области, а затем использовать связь величины напряженности поля с градиентом потенциала.

6. В задачах темы «Емкость. Энергия электростатического поля» рассматриваются вопросы внешнего воздействия на конденсаторы, связанного с изменением их емкости. При этом всегда предполагается, что любое перемещение зарядов, обусловленное изменением емкости системы, происходит настолько медленно, что потерями на джоулеву теплоту можно пренебречь.

7. Для решения задач темы «Постоянный электрический ток» необходимо применять законы Ома и Джоуля – Ленца. Следует обратить внимание на различие между ЭДС, разностью потенциалов и напряжением. Например, на параллельных участках цепи, содержащих различные источники ЭДС, произведение $I \cdot R$ будет также различным. Фундаментальной величиной в явлении постоянного тока считается сила тока I . Найдя эту величину, можно определить любую другую – работу, мощность, энергию, количество теплоты и т.д.

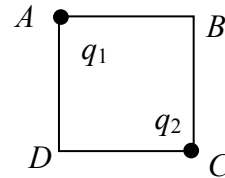
8. За основу расчета токов и падений напряжений в разветвленных цепях постоянного тока следует использовать правила Кирхгофа. Поэтому обязательно необходимо указать на схемах цепей выбранные Вами направления токов и знаки полюсов источника напряжения (ЭДС).

ВАРИАНТ № 1

1. Вычислите ускорение a , сообщаемое одним электроном другому, находящемуся от первого на расстояние $r = 1$ мм.

2. Известно, что градиент потенциала электрического поля Земли у ее поверхности направлен вертикально вниз и равен примерно 130 В/м. Найдите среднюю поверхностную плотность заряда Земли.

3. В вершинах A и C квадрата $ABCD$ со стороной $a = 15$ см находятся одноименные заряды $q_1 = 5$ мкКл и $q_2 = 7$ мкКл. Чему равна разность потенциалов между точками B и D ?



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

5. В центре куба помещен заряд 10,6 нКл. Определите поток напряженности электрического поля, проходящего через грань куба.

6. Плоский конденсатор, заполненный диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 5$, зарядили до энергии 0,2 Дж и отсоединили от источника напряжения. Из такого заряженного конденсатора вынули диэлектрик. Чему станет равной его энергия?

7. Найдите сечение медных проводов, которые используются для передачи мощности 8 кВт на расстояние 90 м при напряжении на нагрузке 110 В. потери мощности в двухпроводной линии не превышают 5 %.

8. Определите плотность тока, если за 2 с через проводник сечением $1,6 \text{ мм}^2$ прошло $2 \cdot 10^{19}$ электронов. Заряд электрона $|q_e| = 1,6 \cdot 10^{19}$ Кл.

ВАРИАНТ № 2

1. Два точечных заряда находятся в воздухе на расстоянии 0,2 м друг от друга. Заряды взаимодействуют с некоторой силой. На каком

расстоянии нужно поместить эти заряды в масле, чтобы получить ту же силу взаимодействия? Диэлектрическая проницаемость масла равна 5, диэлектрическая проницаемость воздуха 1.

2. Маленький шарик массой 0,3 г и зарядом 10 нКл подвешен на нити. К нему снизу подвели одноименный и равный ему заряд так, что сила натяжения нити уменьшилась в четыре раза. Чему равно при этом расстояние между зарядами?

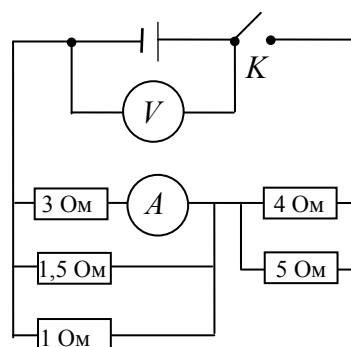
3. Тонкая длинная нить равномерно заряжена с линейной плотностью $\tau = 10$ мкКл/м. Какова сила F , действующая на точечный заряд $q = 10$ нКл, находящийся на расстоянии $a = 20$ см от нити против ее середины?

4. Найдите вектор напряженности \vec{E} электрического поля, потенциал которого имеет вид $\varphi = \vec{a}\vec{r}$, где \vec{a} – постоянный вектор.

5. От верхней пластины горизонтально расположенного заряженного плоского воздушного конденсатора падает дробинка массой m , несущая положительный заряд $q = 2$ мкКл. Напряженность электрического поля внутри конденсатора $E = 400$ В/м, а расстояние между пластинами $d = 4$ см. Скорость дробинки при подлете к нижней пластине равна $v = 4$ м/с (влиянием силы тяжести пренебречь). Чему равна масса дробинки?

6. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d = 2$ см, разность потенциалов $U = 6$ кВ. Заряд каждой пластины $q = 10^{-8}$ Кл. Вычислите энергию поля конденсатора.

7. До замыкания ключа K на схеме (см. рис.) идеальный вольтметр V показывал напряжение 32 В. Внутреннее сопротивление 0,5 Ом. Что показывает идеальный амперметр A после замыкания ключа? Сопротивления резисторов указаны на рисунке.



8. Сила тока в проводнике сопротивлением 100 Ом равномерно убывает с 10 А до 0 за 30 с. Определите количество теплоты, выделившееся в проводнике за это время.

ВАРИАНТ № 3

1. Найдите электрическую силу притяжения между ядром атома водорода и электроном. Радиус атома водорода $r = 0,5 \cdot 10^{-10}$ м (заряд ядра равен по величине и противоположен по знаку заряду электрона).

2. Два проводящих шара, радиусы которых $R_1 = 20$ мм и $R_2 = 80$ мм, находятся на большом расстоянии друг от друга. Заряд первого шара равен $q = 20$ мКл, второй шар не заряжен. Их соединили проводником. Чему станет равным заряд первого шара?

3. Медный шар радиусом $R = 0,5$ см помещен в масло, плотность которого $\rho = 0,8 \cdot 10^{-3}$ кг/м³. Найдите заряд шара, если в однородном электростатическом поле шар оказался взвешенным в масле. Поле направлено вертикально вверх и его напряженность $E = 3,6 \cdot 10^6$ В/м.

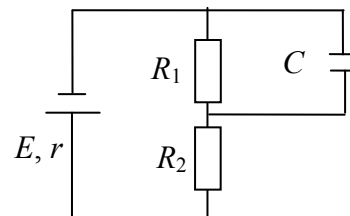
4. Известно, что градиент потенциала электрического поля Земли у ее поверхности направлен вертикально вниз и равен примерно 130 В/м. Найдите среднюю поверхностную плотность заряда Земли.

5. Установите, на каком расстоянии от заряженного цилиндра напряженность электрического поля равна $4 \cdot 10^5$ В/м. Диаметр цилиндра 4 см, поверхностная плотность заряда $8,85 \cdot 10^{-6}$ Кл/м².

6. Имеется прибор с ценой деления 5 мкА. Шкала прибора имеет 150 делений, внутреннее сопротивление прибора равно 100 Ом. Как из этого прибора сделать вольтметр для измерения напряжения 75 В?

7. Какая мощность выделяется в единице объема проводника длиной 0,2 м, если не его концах поддерживается разность потенциалов 4 В? удельное сопротивление проводника 10^{-6} Ом·м.

8. Какова должна быть ЭДС батареи в схеме, приведенной на рисунке, чтобы напряженность поля в плоском конденсаторе C была равна 2 кВ/м, если расстояние между пластинами конденсатора 5 мм, а $R_1 = R_2 = r$, где r – внутреннее сопротивление источника ЭДС?



ВАРИАНТ № 4

1. Сила взаимодействия двух точечных зарядов, находящихся на расстоянии R друг от друга, равна F . Один из зарядов увеличили в 2 раза. Как необходимо изменить расстояние между двумя точечными электрическими зарядами, чтобы сила их взаимодействия не изменилась?

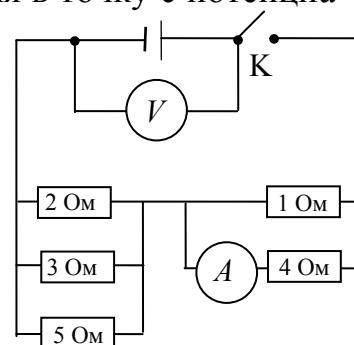
2. Расстояние l между зарядами $q_1 = 2$ нКл и $q_2 = -2$ нКл равно 5 см. Определите напряженность поля, созданного этими зарядами в точке $r_1 = 4$ см от положительного $r_2 = 3$ см от отрицательного заряда?

3. Потенциал некоторого поля имеет вид $\varphi = 1/\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$, где x, y, z – координаты точки. Найдите модуль напряженности электрического поля \vec{E} .

4. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов 600 В и приобрела скорость $5,4 \cdot 10^6$ м/с. Определите удельный заряд частицы (отношение заряда к массе). Результат представьте в ГКл/кг ($1 \text{ ГКл} = 10^9 \text{ Кл}$) и округлите до десятых.

5. При перемещении точечного заряда 20 нКл из бесконечности в данную точку поля была совершена работа 20 мкДж. Чему равна работа по перемещению этого заряда из данной точки поля в точку с потенциалом 300 В (в мкДж)?

6. До замыкания ключа K на схеме (см. рис.) идеальный вольтметр V показывал напряжение 6 В. После замыкания ключа идеальный амперметр A показывает силу тока 0,6 А. Чему равно внутреннее сопротивление батареи? Сопротивления резисторов указаны на рисунке.



7. Зазор между обкладками плоского конденсатора заполнен стеклом с удельным сопротивлением $\rho = 100$ нОм·м. Емкость конденсатора 4 нФ. Найдите силу тока утечки через конденсатор при подаче напряжения 2 кВ.

8. В струе β – радиоактивных пылинок, имеющих скорости 10^4 м/с, число электронов в единице объема 10^{20} м^{-3} . Скорость электрона относительно испустившей его пылинки 10^4 м/с и все направления скоростей равновероятны. Определите плотность электронного тока в струе. Заряд электрона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

ВАРИАНТ № 5

1. Во сколько раз сила гравитационного притяжения между двумя протонами меньше силы их кулоновского отталкивания? Заряд протона равен по модулю заряду электрона, масса протона $1,6 \cdot 10^{-27}$ кг.

2. Объемный заряд с плотностью 2 нКл/м^3 равномерно распределен между двумя концентрическими сферическими поверхностями, причем радиус внутренней поверхности 10 см, а наружной – 50 см.



Найдите напряженность поля в точках, отстоящих от центра сфер на расстояниях $r_1 = 3$ см и $r_2 = 56$ см.

3. Два конденсатора емкостью $C_1 = 3$ мкФ и $C_2 = 6$ мкФ соединены между собой параллельно. Конденсаторы подсоединены в батарее, ЭДС которой равна 120 В. Найдите заряд на каждом конденсаторе и разность потенциалов между обкладками.

4. Две непроводящие вертикально расположенные параллельные заряженные пластины находятся на расстоянии $d = 50$ см друг от друга. Напряженность поля между ними равна $E = 10^5$ В/м. Между пластинами на равном расстоянии от них помещен шарик с зарядом $q = 10^{-5}$ Кл и массой $m = 10$ г. После того, как шарик отпустили, он начинает падать. Какую скорость v шарик имел перед ударом о пластину?

5. При внесении заряда $2 \cdot 10^{-8}$ Кл из бесконечности в электрическое поле была совершена работа $6 \cdot 10^{-6}$ Дж. Определите потенциал точки поля, в которую внесен заряд.

6. Батарея состоит из пяти последовательно соединенных элементов с ЭДС 1,4 В и внутренним сопротивлением 0,3 Ом каждый. Мощность во внешней цепи равна 8 Вт. При каких значениях тока это возможно?

7. Сила тока в проводнике равномерно возрастает от 0 до 2 А в течение 5 с. Определите заряд, прошедший по проводнику за это время.

8. Определите плотность тока, если за 0,4 с через проводник сечением $1,2$ мм² прошло $6 \cdot 10^{18}$ электронов. Заряд электрона $|q| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Результат представьте в мегаамперах (1 МА = 10^6 А) на квадратный метр.

ВАРИАНТ № 6

1. Может ли заряд любой системы заряженных частиц быть равным $8,3 \cdot 10^{-20}$ Кл?

2. Два электрических заряда создают вокруг себя электрическое поле \vec{E}_1 и \vec{E}_2 . В точке A пространства векторы \vec{E}_1 и \vec{E}_2 направлены таким образом, что угол между ними равен 60° . Определите величину напряженности результирующего поля \vec{E} , если $\vec{E}_1 = 100$ В/м, $\vec{E}_2 = 200$ В/м. Округлите до целого числа.

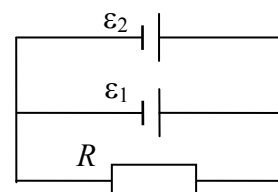
3. Поверхностная плотность заряда на поверхности металлического шара равна $0,4 \cdot 10^{-8}$ Кл/м². Определите напряженность электрического поля в точке, отстоящей от центра шара на шесть радиусов.

4. Электрон ускоряется разностью потенциалов 10 В. Каков прирост его кинетической энергии? Элементарный заряд $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Результат представьте в электрон-вольтах ($1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

5. Кольцо радиусом 5 см из тонкой проволоки несет равномерно распределенный заряд 10 нКл. Определите потенциал электростатического поля в центре кольца.

6. Не заряженный конденсатор емкостью 40 мкФ соединили параллельно с заряженным до напряжения 100 В конденсатором емкостью 10 мкФ. Какое напряжение в результате этого установилось на конденсаторах?

7. Два источника тока с ЭДС $\varepsilon_1 = 2$ В и $\varepsilon_2 = 1,5$ В и внутренним сопротивлением $r_1 = 0,5$ Ом и $r_2 = 0,4$ Ом включены параллельно сопротивлению $R = 2$ Ом. Определите силу тока через это сопротивление.



8. Определите минимальную скорость электрона, необходимую для ионизации атома водорода, если потенциал ионизации атома водорода равен 13,6 В.

ВАРИАНТ № 7

1. Одинаковые небольшие проводящие шарики, заряженные одноименными зарядами $q_1 = 10$ мКл и $q_2 = 40$ мКл, находятся на расстоянии L_1 друг от друга (L много больше радиуса шариков). Шарики привели в соприкосновение и развели на расстояние L_2 . Сила взаимодействия между шариками не изменилась. Определите отношение расстояний L_2/L_1 .

2. Найдите напряженность электростатического поля в точке, расположенной между зарядами $q_1 = 10$ нКл и $q_2 = -8$ нКл. Расстояние между зарядами $l = 20$ см, расстояние от отрицательного заряда $r = 8$ см.

3. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено стеклом ($\varepsilon = 7$). Расстояние между пластинами $d = 5$ мм, разность потенциалов $U = 1$ кВ. Определите напряженность поля в стекле и поверхностную плотность заряда на пластинах конденсатора.



4. Найдите работу, которую нужно совершить, чтобы перенести точечный заряд $q = 42$ нКл из точки, находящейся на расстоянии $a = 1$ м, в точку, находящуюся на расстоянии $b = 1,5$ см от поверхности шара радиусом $R = 2,3$ см с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 4,3 \cdot 10^{-11}$ Кл/м².

5. Потенциал заряженного проводника 300 В. Какой минимальной скоростью должен обладать электрон, чтобы улететь с поверхности проводника на бесконечно далекое расстояние? Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд электрона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Результат представьте в Мм/с (1 Мм/с = 10^6 м/с) и округлите до целого числа.

6. При подключении к источнику тока двух вольтметров, соединенных последовательно, показания их $U_1 = 6$ В и $U_2 = 3$ В. При подключении к источнику только первого вольтметра его показания $U_3 = 8$ В. Найдите ЭДС источника.

7. Найдите суммарный импульс электронов в прямом проводе длиной 1000 м, по которому проходит ток $I = 60$ А.

8. Потери мощности при передаче энергии в линии электропередачи (ЛЭП) составляет 0,08 передаваемой мощности при напряжении генератора 12,5 кВ. Каким должно быть напряжение генератора, чтобы потери мощности в ЛЭП уменьшились в 8 раз? Результат представьте в киловольтах (кВ) и округлите до десятых.

ВАРИАНТ № 8

1. Может ли заряд любой системы заряженных частиц быть равным $7,2 \cdot 10^{-19}$ Кл?

2. В центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды $q = 2 \cdot 10^{-19}$ Кл каждый, помещен отрицательный заряд. Найдите величину этого заряда, если результирующая сила, действующая на каждый заряд, равна нулю.

3. Шар радиусом R равномерно заряжен с объемной плотностью ω . Найдите поток вектора напряженности Φ_E электрического поля через сечение шара, которое образовано плоскостью, отстоящей от центра шара на расстояние $r_0 < R$.

4. Разность потенциалов между обкладками воздушного сферического конденсатора $\Delta\varphi = 300$ В. Радиус внутренней обкладки $R_1 = 1$ см, наружной $R_2 = 4$ см. Найдите напряженность электрического поля на расстоянии 3 см от центра сферических поверхностей.

5. Два маленьких заряженных шарика с зарядом q каждый, удерживаются в вакууме вдоль одной прямой на расстоянии a друг от друга невесомой нитью. Какую максимальную кинетическую энергию приобретет каждый шарик, если нить пережечь?

6. Электрон влетает в плоский горизонтальный конденсатор параллельно его пластинам со скоростью $1 \cdot 10^7$ м/с. Напряженность поля в конденсаторе 100 В/см. Длина пластин 5 см. Найдите величину скорости электрона при вылете его из конденсатора. Масса электрона $9,1 \cdot 10^{-31}$ кг, заряд электрона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Результат представьте в мегаметрах в секунду ($1 \text{ Мм/с} = 10^6 \text{ м/с}$) и округлите до десятых.

7. По алюминиевому проводу сечением $s = 0,2 \text{ мм}^2$ течет ток 0,2 А. Определите силу, действующую на отдельные свободные электроны со стороны электрического пол. Удельное сопротивление алюминия $26 \text{ нОм}\cdot\text{м}$.

8. Лампа накаливания потребляет ток 0,5 А. Температура накаливания вольфрамовой нити лампы диаметром 0,1 мм составляет 2200°C , ток подводится медным проводом сечением 5 мм^2 . Найдите напряженность электрического поля: а) в меди; б) в вольфраме.

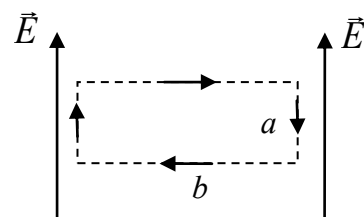
ВАРИАНТ № 9

1. Чтобы представить себе величину электрического заряда 1 Кл, подсчитайте, с какой силой отталкивались бы два одноименных заряда каждый величиной $q = 1 \text{ Кл}$, находясь на расстоянии $r = 1 \text{ км}$ друг от друга.

2. Шарик, имеющий массу 0,4 г и заряд $4,9 \cdot 10^{-7}$ Кл, подвешен на нити в однородном электрическом поле, силовые линии которого горизонтальны. На какой угол от вертикали отклонится при этом нить, если напряженность поля $8 \cdot 10^3 \text{ В/м}$? Принять $g = 9,8 \text{ м/с}^2$. Результат представьте в градусах.

3. Определите поток Φ_E вектора напряженности электростатического поля через сферическую поверхность, охватывающую точечные заряды $q_1 = 5 \text{ нКл}$ и $q_2 = -2 \text{ нКл}$.

4. Вычислите циркуляцию вектора напряженности вдоль контура, изображенного пунктиром, в случае однородного электрического поля.





5. Внутри шарового металлического слоя, внутренний и внешний радиусы которого соответственно равны $2R$ и $3R$, на расстоянии R от центра находится положительный точечный заряд q . Чему равен потенциал в центре сферы?

6. Энергия плоского воздушного ($\epsilon = 1$) конденсатора $0,4 \cdot 10^{-9}$ Дж, разность потенциалов на обкладках 60 В, площадь пластин 1 см^2 . Определите расстояние между обкладками, напряженность и объемную плотность энергии поля конденсатора.

7. Через вольтметр со шкалой на 100 В проходит ток силой $0,1$ мА, при этом стрелка отклоняется на 1 В шкалы. Какую наибольшую разность потенциалов можно будет измерить этим прибором, если подсоединить к нему добавочное сопротивление 90 кОм?

8. Определите ток короткого замыкания, если при внешнем сопротивлении $R_1 = 50$ Ом ток в цепи $I_1 = 0,2$ А, а при $R_2 = 110$ Ом ток $I_2 = 0,1$ А.

ВАРИАНТ № 10

1. Три одинаковых заряда $q = 1$ нКл каждый расположены в вершинах равностороннего треугольника. Какой отрицательный заряд q_0 нужно поместить в центре треугольника, чтобы его притяжение уравновесило силы взаимного отталкивания зарядов q ? Результат представьте в нКл ($1 \text{ нКл} = 10^{-9}$ Кл) и округлите до сотых.

2. Расстояние между точечными зарядами $q_1 = -5 \cdot 10^{-8}$ Кл и $q_2 = 8 \cdot 10^{-8}$ Кл равно 40 см. Найдите напряженность поля в точке, находящейся посередине между зарядами.

3. Два проводящих шарика массой по $0,004$ кг каждый подвешены в воздухе на непроводящих нитях длиной 205 см к одному крючку. Шарикам сообщили равные одноименные заряды, вследствие чего шарики разошлись на расстояние 90 см. Определите заряд каждого шарика.

4. Электростатическое поле создается положительно заряженной бесконечной нитью с постоянной линейной плотностью $\tau = 1$ нКл/см. Какую скорость приобретет электрон, приблизившись к нити под действием поля (вдоль линии напряженности) с расстояния $r_1 = 1,5$ см до $r_2 = 1$ см?



5. Потенциал некоторого поля имеет вид $\varphi = ay \left(\frac{y^2}{3} - x^2 \right)$, где a – некоторая константа. Найдите модуль напряженности электрического поля $|\vec{E}|$.

6. Во сколько раз изменится энергия W плоского конденсатора, подключенного к батарее, если из заполненного полностью пространства между пластинами вынуть диэлектрик с проницаемостью ϵ ?

7. Определите общее сопротивление между точками A и B в цепи, если $R_1 = 1$ Ом, $R_2 = 3$ Ом, $R_3 = R_4 = R_6 = 2$ Ом, $R_5 = 4$ Ом.

8. По проводнику сопротивлением 3 Ом течет ток, сила которого возрастает. Количество теплоты, выделившейся в проводнике за 8 с, равно 200 Дж. Определите количество электричества, протекшее за это время по проводнику. (При $t = 0$ сила тока в проводнике равна нулю).

ВАРИАНТ № 11

1. Расстояние между точечными зарядами $+100$ нКл и -50 нКл равно 10 см. Определить силу, действующую на заряд $+1$ мкКл, отстоящий от первого заряда на 12 см и от второго на 10 см.

2. Два точечных заряда, находясь в воздухе на расстоянии 20 см друг от друга, взаимодействуют с некоторой силой. На каком расстоянии нужно поместить эти заряды в масле ($\epsilon = 5$), чтобы получить ту же силу взаимодействия?

3. Определить напряженность поля, создаваемого зарядом, равномерно распределенным по тонкому стержню длиной 40 см с линейной плотностью 200 нКл/м, в точке, лежащей на продолжении оси стержня на расстоянии 20 см от ближайшего конца.

4. Точечный заряд 1 мкКл находится вблизи большой равномерно заряженной пластины против ее середины. Вычислить поверхностную плотность заряда пластины, если на точечный заряд действует сила 60 мН.

5. Парафиновый шар заряжен с объемной плотностью 10 нКл/м³. Определить напряженность и смещение электрического поля на расстоянии 3 см от поверхности шара, если его диаметр равен 2 см.

6. Заряды $q_1 = 1$ мкКл и $q_2 = -1$ мкКл находятся на расстоянии 10 см. Определить потенциал поля в точке, удаленной на расстояние



10 см от первого заряда и лежащей на линии, проходящей через первый заряд перпендикулярно направлению от q_1 к q_2 .

7. Сколько воды в литрах можно вскипятить, затратив 3 кВт/час электрической энергии? Начальная температура воды 10°C . Потерями тепла пренебречь.

8. Сила тока в проводнике равномерно увеличивается от 0 до некоторого максимального значения в течение 10 секунд. За это время в проводнике выделилось теплоты в 1 кДж. Определить скорость нарастания тока в проводнике, если сопротивление его равно 3 Ом.

ВАРИАНТ № 12

1. Определить силу взаимодействия двух точечных зарядов величиной 1 Кл каждый, находящихся в воздухе на расстоянии 1 м друг от друга.

2. Тонкий очень длинный стержень равномерно заряжен с линейной плотностью 10 мкКл/м . На перпендикуляре к оси стержня, восстановленного из его конца, находится точечный заряд 10 нКл. Найти силу взаимодействия стержня и заряда, если расстояние от конца стержня до заряда 20 см.

3. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами $+40\text{ нКл}$ и -10 нКл , находящимися на расстоянии 10 см друг от друга. Определить напряженность поля в точке, удаленной от первого заряда на 12 см и от второго на 6 см.

4. Эбонитовый шар радиусом 5 см несет равномерно распределенный по объему заряд. Напряженность поля вблизи поверхности шара вне его равна $18,8\text{ В/м}$. Найти объемную плотность заряда на шаре.

5. Плоская квадратная пластинка со стороной 10 см находится на расстоянии 10 см от бесконечной равномерно заряженной плоскости с поверхностной плотностью 1 мкКл/м^2 . Вычислить поток вектора напряженности поля через пластинку.

6. Поле создано двумя точечными зарядами $+2q$ и $-q$, находящимися на расстоянии 12 см друг от друга. Найти радиус окружности на плоскости, в точках которой потенциал равен нулю.

7. Две электрические лампочки сопротивлением 360 Ом и 240 Ом включены в сеть параллельно. Какая из лампочек поглощает большую мощность и во сколько раз?



8. Сила тока в проводнике сопротивлением 12 Ом равномерно убывает от 5 А до 0 в течение 10 секунд. Определить количество теплоты, выделившееся в проводнике за это время.

Вариант № 13

1. Два точечных заряда величиной +20 нКл и –10 нКл расположены на расстоянии 10 см. Найти расстояние от отрицательного заряда до точки, в которой напряженность электрического поля равна нулю. Точка должна быть расположена на прямой, проходящей через заряды.

2. Тонкий стержень длиной 12 см заряжен с линейной плотностью 200 нКл/м. Найти напряженность электрического поля в точке, находящейся на расстоянии 5 см от стержня против его середины.

3. Каков должен быть заряд частицы массой 2 мг, чтобы она удерживалась в равновесии в электрическом поле с напряженностью 500 В/м, направленном вертикально вниз?

4. Длинный цилиндр радиусом 2 см равномерно заряжен с линейной плотностью 2 мкКл/м. Определить напряженность поля в точке, удаленной на 3 см от поверхности цилиндра.

5. Бесконечная плоскость несет заряд, равномерно распределенный с поверхностной плотностью 1 мкКл/м². Параллельно плоскости на расстоянии 2 см расположен диск радиусом 10 см. Вычислить поток вектора напряженности через диск.

6. Определить потенциал электрического поля в точке, удаленной от зарядов $q_1 = -0,2$ мкКл и $q_2 = 0,5$ мкКл соответственно на $r_1 = 15$ см и $r_2 = 25$ см.

7. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление элемента, который обеспечивает максимальную мощность во внешней цепи 9 Вт при силе тока 3 А.

8. Две группы из трёх последовательно соединённых элементов соединены параллельно одноимёнными полюсами. ЭДС каждого элемента 1,2 В и внутреннее сопротивление 0,2 Ом. Полученная батарея замкнута на внешнее сопротивление 1,5 Ом. Найти силу тока во внешней цепи.



ВАРИАНТ № 14

1. Два одинаковых точечных заряда взаимодействуют в воздухе на расстоянии 10 см с такой же силой, как в скипидаре на расстоянии 7,1 см. Определить диэлектрическую проницаемость скипидара.

2. Тонкий стержень длиной 10 см заряжен с линейной плотностью 400 нКл/м. Найти напряженность электрического поля в точке, расположенной на перпендикуляре к стержню, проведенному через один из его концов, на расстоянии 8 см от этого конца.

3. Расстояние между двумя точечными зарядами величиной 9 мкКл и 1 мкКл равно 8 см. На каком расстоянии от первого заряда находится точка, в которой напряженность электрического поля равна нулю?

4. Две круглые пластины радиусом 10 см находятся на малом, по сравнению с радиусом, расстоянии друг от друга и заряжены одинаковыми разноименными зарядами. Определить заряд пластин, если они притягиваются с силой 2 мН.

5. Эбонитовый шар ($\epsilon = 3$) радиусом 6 см несет заряд, равномерно распределенный с объемной плотностью 5 нКл/м³. Определить напряженность поля на расстоянии 2 см от центра шара.

6. Тонкие стержни образуют квадрат со стороной длиной 5 см. стержни заряжены с линейной плотностью $\tau = 1,33$ нКл/м. Найти потенциал в центре квадрата.

7. Сколько витков нихромовой проволоки надо навить на фарфоровый цилиндр радиусом 2,5 см, чтобы получить печь сопротивлением 40 Ом. Диаметр проволоки 1 мм.

8. Найти внутреннее сопротивление генератора, если мощность, выделяемая во внешней цепи одинакова при двух значениях внешнего сопротивления 5 Ом и 0,2 Ом. Определить КПД генератора в каждом из этих случаев.

ВАРИАНТ № 15

1. Сколько электронов помещается на каждом из двух одинаковых маленьких шариков, находящихся на расстоянии 3 см друг от друга в воздухе, если они отталкиваются один от другого с силой 10^{-19} Н?

2. Тонкое кольцо радиусом 8 см несет заряд, равномерно распределенный с линейной плотностью 10 нКл/м. Определить напряженность



электрического поля в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстояние 10 см.

3. В воздухе на расстоянии 0,5 м друг от друга находятся точечные заряды $+0,5$ мкКл и $-0,4$ мкКл. Определить напряженность электрического поля в точке, удаленной на 0,4 м от первого заряда и на 0,3 м от второго заряда.

4. Две бесконечно большие параллельные пластины равномерно заряжены с поверхностной плотностью 10 нКл/м² и -30 нКл/м². Определить силу взаимодействия между пластинами, приходящуюся на площадь, равную 1 м².

5. На металлической сфере радиусом 10 см находится заряд 1 нКл. Найти напряженность поля на поверхности сферы.

6. Электрическое поле создано тонким стержнем длиной $l = 10$ см, несущим равномерно распределённый заряд $q = 1$ нКл. Определить потенциал поля в точке, удалённой от концов стержня на расстояние, равное длине стержня.

7. Сила тока в проводнике меняется по уравнению $I = 4 + 2t$. Какое количество электричества протечёт через проводник за время от 2 секунд до 6 секунд?

8. Определить общую мощность, полезную мощность и КПД батареи, ЭДС которой равна 240 В, если внешнее сопротивление 23 Ом и внутреннее 1 Ом.

ВАРИАНТ № 16

1. Расстояние между двумя точечными зарядами 1 мкКл и -1 мкКл равно 10 см. Определить силу, действующую на заряд величиной 0,1 мкКл, удаленный на расстояние 6 см от первого заряда и на расстояние 8 см от второго.

2. На отрезке тонкого прямого проводника длиной 10 см равномерно распределен заряд с линейной плотностью 3 мкКл/м. Вычислить напряженность поля, создаваемого этим зарядом, в точке, расположенной на оси проводника и удаленной на 10 см от ближайшего конца отрезка.

3. Два шарика массой 1 г каждый заряжены одинаковыми зарядами величиной 79 нКл. Шарика подвешены на нитях длиной 10 см каждая. Верхние концы нитей соединены вместе. Определить на какой угол разойдутся нити.



4. Две концентрические металлические сферы радиусами 6 см и 10 см несут соответственно заряды $+1$ нКл и $-0,5$ нКл. Найти напряженность поля в точке на расстоянии 9 см от центра сфер.

5. Электрическое поле создано двумя бесконечно большими параллельными пластинами, заряженными с поверхностными плотностями 2 нКл/м² и -5 нКл/м². Найти напряженность поля вне пластин.

6. Вычислить потенциал, создаваемый тонким равномерно заряженным стержнем с линейной плотностью заряда $\tau = 10$ нКл/м в точке расположенной на оси стержня и удаленной от ближайшего конца стержня на расстояние, равное длине стержня.

7. Сила тока в проводнике равномерно возрастает от 0 до 50 А. Определить время нарастания тока, если за это время по проводнику прошёл заряд 1000 Кл.

8. Определить число электронов, проходящих в секунду через единицу площади поперечного сечения железной проволоки длиной 20 м при напряжении на её концах 16 В.

ВАРИАНТ № 17

1. Два шарика массой 1 г каждый подвешены на нитях, верхние концы которых соединены вместе. Длина каждой нити 10 см. Какие одинаковые заряды надо сообщить шарикам, чтобы нити разошлись на угол 60° ?

2. Прямой металлический стержень длиной 10 см равномерно заряжен. На продолжении оси стержня, на расстоянии 20 см от его ближайшего конца находится точечный заряд величиной 100 нКл. Определить линейную плотность заряда стержня, если сила взаимодействия стержня и заряда равна 4 мН.

3. Электрическое поле создано двумя точечными зарядами 10 нКл и -20 нКл. Расстояние между зарядами 20 см. Определить напряженность поля в точке, удаленной от первого заряда на 30 см и от второго на 50 см.

4. Две концентрические металлические сферы радиусами 6 см и 10 см несут соответственно заряды $+1$ нКл и $-0,5$ нКл. Найти напряженность поля в точке на расстоянии 9 см от центра сфер.

5. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, заряженными с поверхностными плотностями 2 нКл/м² и -5 нКл/м². Найти напряженность поля между пластинами.



6. Определить потенциал в точке, лежащей на оси кольца, на расстоянии 10 см от центра. Радиус кольца $R = 20$ см. Заряд равномерно распределён по кольцу с линейной плотностью $\tau = 10$ нКл/м.

7. Обмотка электрического кипятильника имеет две секции. Если включена одна секция, вода закипает через 10 минут, если другая, то через 20 минут. Через сколько минут закипит вода, если обе секции включить последовательно? Напряжение и КПД постоянны.

8. Два одинаковых источника с ЭДС 1,2 В и внутренним сопротивлением 0,4 Ом соединены последовательно разноимёнными полюсами. Определить силу тока в цепи.

ВАРИАНТ № 18

1. Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α . Шары погружают в масло плотностью 800 кг/м³. Определить диэлектрическую проницаемость масла, если угол расхождения нитей не изменился. Плотность шариков 1600 кг/м³.

2. Тонкий длинный стержень равномерно заряжен с линейной плотностью $1,5$ нКл/м. На продолжении оси стержня на расстоянии 12 см от его конца находится точечный заряд $0,2$ мкКл. Определить силу взаимодействия стержня и заряда.

3. Найти напряженность электрического поля на расстоянии $0,2$ нм от одновалентного иона. Заряд считать точечным.

4. Электрическое поле создано двумя бесконечными параллельными пластинами, несущими равномерно распределенный по площади заряд с поверхностными плотностями 1 нКл/м² и 3 нКл/м². Определить напряженность поля между пластинами и вне их. Построить график изменения напряженности вдоль линии, перпендикулярной пластинам.

5. На металлической сфере радиусом 10 см находится заряд 1 нКл. Определить напряженность поля на расстоянии 15 см от центра сферы.

6. Определить потенциал в центре кольца радиусом $R = 10$ см, по которому равномерно распределён заряд линейной плотностью $\tau = 10$ нКл/м.

7. К батарее аккумуляторов с ЭДС 24 В и внутренним сопротивлением 1 Ом подсоединен нагреватель, потребляющий мощность 80 Вт. Вычислить силу тока в цепи и КПД нагревателя при 20 А и при 4 А.



8. Определить общую мощность, полезную мощность и КПД батареи, ЭДС которой равна 240 В, если внешнее сопротивление равно 230 Ом, внутреннее сопротивление батареи 10 Ом.

ВАРИАНТ № 19

1. Какой заряд надо сообщить каждому шарик, чтобы сила взаимного отталкивания двух шариков уравновесила силу взаимного притяжения их по закону тяготения Ньютона? Массы шариков равны 1 г.

2. Прямая проволока длиной 10 м несет заряд, равномерно распределенный по всей ее длине. Вычислить линейную плотность заряда, если напряженность поля на расстоянии 0,5 м от проволоки против ее середины равна 200 В/м.

3. Расстояние между двумя точечными зарядами +8 нКл и -5,3 нКл равно 40 см. Вычислить напряженность поля в точке, лежащей посредине между зарядами.

4. Лист стекла толщиной 2 см равномерно заряжен с объемной плотностью 1 мкКл/м³. Определить напряженность поля на поверхности стекла. Диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 7$.

5. С какой силой (на единицу площади) отталкиваются две одноименно заряженные бесконечно протяженные плоскости с одинаковой поверхностной плотностью заряда в 300 мкКл/м²?

6. Конденсатору, электроёмкость которого равна 10 пФ, сообщён заряд $Q = 1$ пКл. Определить энергию конденсатора.

7. Определить заряд, прошедший по проводу с сопротивлением 3 Ом при равномерном нарастании напряжение на концах провода от 2 В до 4 В в течение 20 секунд.

8. ЭДС батареи аккумуляторов 12 В, сила тока короткого замыкания равна 5 А. Какую наибольшую мощность можно получить во внешней цепи, соединённой с такой батареей?

ВАРИАНТ № 20

1. Два шарика массой 0,1 г каждый подвешены в одной точке на нитях длиной 20 см каждая. Получив одинаковый заряд, шарики разошлись так, что нити образовали между собой угол 60°. Найти заряд каждого шарика.



2. Тонкий длинный стержень равномерно заряжен с линейной плотностью 10 мкКл/м . На продолжении оси стержня на расстоянии 20 см от его конца находится точечный заряд, равный 10 нКл . Определить силу взаимодействия заряженного стержня и точечного заряда.

3. Определить напряженность электрического поля, создаваемого точечным зарядом 10 нКл на расстоянии 10 см от него. Диэлектрик – масло ($\epsilon = 2.2$).

4. Бесконечно длинная тонкостенная металлическая труба радиусом 2 см равномерно заряжена с поверхностной плотностью 1 нКл/м^2 . Определить напряженность поля в точках, отстоящих от оси трубы на расстояниях 1 см и 3 см .

5. Эбонитовый шар радиусом 5 см несет заряд, равномерно распределенный с объемной плотностью 10 нКл/м^3 . Определить напряженность поля на расстоянии 3 см от центра шара. Диэлектрическая проницаемость $\epsilon = 3$. Результат округлить до сотых.

6. Две концентрические сферические поверхности, находящиеся в вакууме, заряжены одинаковым количеством электричества $q = 3 \cdot 10^{-6} \text{ Кл}$. Радиусы этих поверхностей $R_1 = 1 \text{ м}$ и $R_2 = 2 \text{ м}$. Найти энергию электрического поля, заключённого между этими сферами.

7. Сила тока в проводнике равномерно нарастает от 0 до 3 А в течение 10 с . Определить заряд, прошедший в проводнике за это время.

8. Лампочка и реостат, соединенные последовательно, присоединены к источнику тока. Напряжение на зажимах лампочки 40 В , сопротивление реостата 10 Ом . Внешняя цепь потребляет мощность 120 Вт . Найти силу тока в цепи.

4.3. Решение типового варианта и образец оформления индивидуального задания № 1

Задача № 1

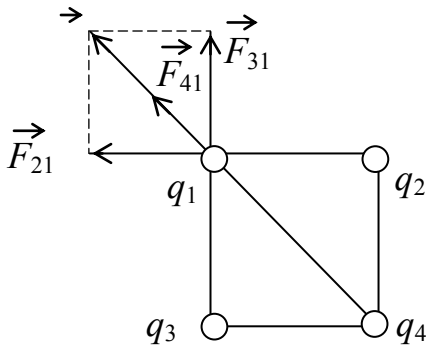
Найти силу, действующую на каждый из зарядов, помещенных в вершинах квадрата со стороной $a = 0,04 \text{ м}$. Заряды одноименны, одинаковы по величине и равны $q = 7 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$. Заряды находятся в вакууме.

Дано:

$$a = 0,04 \text{ м}$$

$$q = 7 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}$$

Найти: $F = ?$



Решение

На рисунке показаны силы, действующие на заряд q_1 со стороны q_2 , q_3 , q_4 (число сил, действующих на заряд, всегда на единицу меньше числа зарядов).

Поскольку заряды равны по величине и два из них (q_2 и q_3) находятся на одинаковом расстоянии от заряда q_1 , то модули сил F_{21} и F_{31} также равны:

$$F_{21} = F_{31} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 a^2}.$$

Расстояние между зарядами q_1 и q_4 равно $a\sqrt{2}$. Модуль силы F_{41} :

$$F_{41} = \frac{q_1 q_4}{4\pi\epsilon\epsilon_0 2a^2}.$$

Чтобы найти результирующую всех сил, надо сложить векторы:

$$\vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + \vec{F}_{41} = \vec{F}_1$$

$$\text{Обозначим: } \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} = \vec{F}'$$

$$\text{Модуль силы } \vec{F}' \text{ равен: } F' = \sqrt{(F_{21})^2 + (F_{31})^2} = \sqrt{2}F_{21},$$

$$F' = \frac{\sqrt{2} \cdot q_1 \cdot q_2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 a^2}.$$

Силы \vec{F}' и \vec{F}_{41} действуют на одной прямой и направлены в одну сторону, поэтому модуль $F_{1\text{рез}}$ найдем:

$$F_{1\text{рез}} = F' + F_{41},$$

$$F_1 = \frac{\sqrt{2}q_2 q_1}{4\pi\epsilon\epsilon_0 a^2} + \frac{q_1 q_4}{4\pi\epsilon\epsilon_0 2a^2} = \frac{q^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 a^2} \left(\sqrt{2} + \frac{1}{2} \right),$$



$$F_1 = \frac{q^2}{8\pi\epsilon\epsilon_0 a^2} (2\sqrt{2} + 1).$$

Результирующая сила $F_{1\text{рез}}$ направлена по диагонали квадрата.

Проверим размерность.

$$[F_1] = \frac{\text{Кл}^2 \times \text{Н} \times \text{м}^2}{\text{Кл}^2 \times \text{м}^2} = \text{Н}.$$

$$F_1 = \frac{49 \cdot 10^{-14} (2\sqrt{2} + 1)}{8 \cdot 3.14 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 16 \cdot 10^{-4}} \cong 5,27 \text{ Н}.$$

Аналогично можно определить силы, действующие на каждый из зарядов q_2, q_3, q_4 . Нетрудно показать, что результирующие силы $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$ равны по величине.

Ответ: $F_1 \cong 5,27 \text{ Н}$.

Задача № 2

Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α . Шарика погружаются в масло, плотностью $\rho_m = 8 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3$. Какова диэлектрическая проницаемость масла ϵ_m , если угол расхождения нитей при погружении шариков в масло остается неизменным? Плотность материала шариков $\rho_{ш} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Дано:

$$\rho_m = 8 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{ш} = 1,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

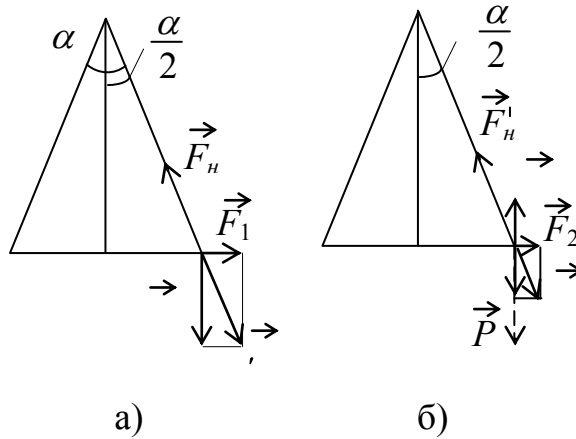
Найти: $\epsilon_m = ?$

Решение:

а) на каждый шарик, находящийся в воздухе (рис. а), действуют сила тяжести \vec{P}_1 , кулоновская сила отталкивания \vec{F}_1 , сила натяжения нитей \vec{F}_H . Шарика будут находиться в равновесии при условии равенства равнодействующей всех сил нулю. А это возможно, если численное значение силы \vec{F}' ($\vec{F}' = \vec{P}_1 + \vec{F}_1$) будет равно численному значению силы натяжения нити \vec{F}_H , т.е., когда $|\vec{F}'| = |\vec{F}_H|$.

Из рисунка видно, что $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{F_1}{F_H}$; модуль силы $F_1 = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2}$, $\epsilon = 1$,

r – расстояние между центрами шаров.



Модуль силы тяжести $P = m_{\text{ш}}g = \rho_{\text{ш}} \frac{4}{3} \pi R^3 g$ (с учетом того, что масса шарика $m_{\text{ш}} = \rho_{\text{ш}} V = \rho_{\text{ш}} \frac{4}{3} \pi R^3$).

Таким образом, для $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ получим:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2 \rho_{\text{ш}} \frac{4}{3} \pi R^3 g}.$$

б) При погружении шариков в масло кроме сил, указанных выше, на каждый шарик действует сила Архимеда \vec{F}_A (рис. б), численно равная весу жидкости, вытесненной шариком, т.е.

$$\vec{F}_A = m_{\text{м}}g = \rho_{\text{м}} \frac{4}{3} \pi R^3 g, \text{ где } m_{\text{м}} = \rho_{\text{м}} \frac{4}{3} \pi R^3.$$

В этом случае $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{F_2}{P_2}$.

Модуль силы Кулона $F_2 = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$.

Модуль силы P_2 : $P_2 = P_1 - \vec{F}_A = \rho_{\text{ш}} \frac{4}{3} \pi R^3 \cdot g - \rho_{\text{м}} \frac{4}{3} \pi R^3 g$.

Таким образом:

1) шарики в воздухе:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2 \rho_{\text{ш}} \frac{4}{3}\pi R^3 g}$$

2) шарики погружены в масло:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_{\text{м}}\epsilon_0 r^2 \frac{4}{3}\pi R^3 g(\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{м}})}$$

По условию задачи угол расхождения нитей остается неизменным, следовательно:

$$\frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2 \rho_{\text{ш}} \frac{4}{3}\pi R^3 g} = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_{\text{м}}\epsilon_0 r^2 \frac{4}{3}\pi R^3 g(\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{м}})},$$
$$\rho_{\text{ш}} = \epsilon_{\text{м}}(\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{м}}),$$

$$\epsilon_{\text{м}} = \frac{\rho_{\text{ш}}}{\rho_{\text{ш}} - \rho_{\text{м}}}.$$

Подставив числовые данные, получим:

$$\epsilon_{\text{м}} = \frac{16 \cdot 10^2}{16 \cdot 10^2 - 8 \cdot 10^2} = 2.$$

Ответ: $\epsilon_{\text{м}} = 2$.

Задача № 3

Два отрицательных заряда по 9 нКл находятся в воде на расстоянии 8 см друг от друга. Определить напряженность и потенциал поля в точке, расположенной на расстоянии 5 см от каждого заряда (рис. 1).

Дано:

$$q_1 = q_2 = 9 \text{ нКл (СИ: } 9 \cdot 10^{-9} \text{ Кл)}$$

$$r_0 = 8 \text{ см (СИ: } 8 \cdot 10^{-2} \text{ м)}$$

$$r_1 = r_2 = 5 \text{ см (СИ: } 5 \cdot 10^{-2} \text{ м)}$$

Найти: $E = ?$

Решение

Напряженность поля, создаваемого в точке A зарядами q_1 и q_2 по принципу суперпозиции полей, равна векторной сумме напряженностей, создаваемых каждым из зарядов $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$. По теореме косинусов

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 \cos 2\alpha}.$$

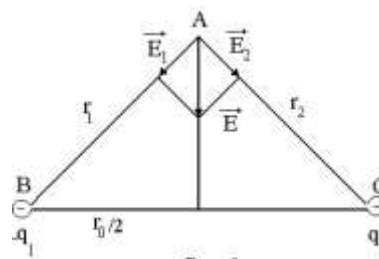


Рис. 1.

Напряженность поля, создаваемая точечным зарядом q_1 (или q_2),

$$E_1 = E_2 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_1^2} = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_2^2},$$

где $r_1 = r_2$ – расстояние от заряда до точки A ;
 ϵ – диэлектрическая проницаемость среды.

$$E = \sqrt{2E_1^2(1 + \cos 2\alpha)} = 2E_1^2 \cos \alpha,$$

Т.к. $E_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_1^2}$, то $E = \frac{q_1}{2\pi\epsilon_0\epsilon r_1^3} \sqrt{r_1^2 - r_0^2/4}$.

Подставляя числовые значения, получаем $E = 480$ В/м.

Потенциал ϕ , создаваемый системой точечных зарядов в данной точке поля, равен алгебраической сумме потенциалов создаваемых, каждым зарядом $\phi = \phi_1 + \phi_2$. Потенциал ϕ_1 поля, созданного зарядом q_1 ,

равен $\phi_1 = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_1}$, $\phi_1 = \phi_2$, следовательно $\phi = \frac{2q_1}{4\pi\epsilon_0\epsilon r_1}$, подставляя чи-

словые значения, получим $\phi = -40$ В.

Ответ: $E = 480$ В/м; $\phi = -40$ В.

Задача № 4

Тонкий стержень длиной $l_0 = 20$ см несет равномерно распределенный заряд. На продолжении оси стержня на расстоянии $a = 10$ см от ближайшего конца находится точечный заряд $q_0 = 40$ нКл, который взаимодействует со стержнем силой $F = 6$ мкН. Определить линейную плотность заряда на стержне.

Дано:

$$l_0 = 20 \text{ см (СИ: } 20 \cdot 10^{-2} \text{ м)}$$

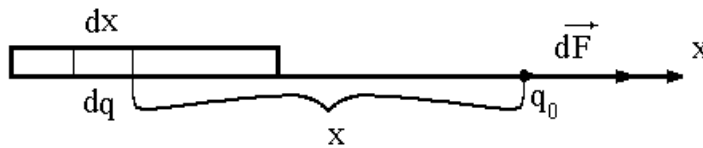
$$a = 10 \text{ см (СИ: } 10 \cdot 10^{-2} \text{ м)}$$

$$q_0 = 40 \text{ нКл (СИ: } 40 \cdot 10^{-9} \text{ м)}$$
$$F = 6 \text{ мкН (СИ: } 6 \cdot 10^{-6} \text{ Н)}$$

Найти: $\tau = ?$

Решение

Сила взаимодействия F заряженного стержня с точечным зарядом q_0 зависит от линейной плотности заряда на стержне. При вычислении силы F следует помнить, что заряд на стержне не является точечным, поэтому закон Кулона непосредственно применить нельзя.



В этом случае можно поступить следующим образом. Выделить на стержне бесконечно малый участок длиной dx с зарядом $dq = \tau \cdot dx$. Этот заряд можно рассматривать как точечный.

Тогда согласно закону Кулона

$$dF = \frac{q_0 \tau dx}{4\pi\epsilon_0 x^2}.$$

Интегрируя выражение от a до $a + l_0$, получим

$$F = \frac{q_0 \tau}{4\pi\epsilon_0} \int_a^{a+l_0} \frac{dx}{x} = \frac{q_0 \tau}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{a+l_0} \right) = \frac{q_0 \tau l_0}{4\pi\epsilon_0 a(a+l_0)}.$$

Отсюда

$$\tau = \frac{4\pi\epsilon_0 a(a+l_0)F}{q_0 l_0}.$$

Подставляя числовые значения в единицах СИ, получим $\tau = 2,5 \text{ мКл/м}$.

Ответ: $\tau = 2,5 \text{ мКл/м}$.



Задача № 5

Заряд 1 нКл переносится в воздухе из точки, находящейся на расстоянии 1 м от бесконечно длинной равномерно заряженной нити, в точку на расстоянии 10 см от нее. Определить работу, совершаемую против сил поля, если линейная плотность заряда нити 1 мкКл/м . Какая работа совершается на последних 10 см пути?

Дано:

$$q = 1 \text{ нКл (СИ: } 1 \cdot 10^{-9} \text{ Кл)}$$

$$\tau = 1 \text{ мкКл/м (СИ: } 1 \cdot 10^{-6} \text{ Кл/м)}$$

$$r = 1 \text{ м}$$

Найти: $A_1=?$, $A_2=?$

Решение

Работа внешней силы по перемещению заряда q из точки с потенциалом φ_1 в точку с потенциалом φ_2 равна

$$A = q(\varphi_1 - \varphi_2). \quad (1)$$

Бесконечная равномерно заряженная нить с линейной плотностью заряда τ создает аксиально-симметричное поле напряженностью

$$E = \frac{\tau}{2\pi\epsilon\epsilon_0 r}.$$

Напряженность и потенциал поля связаны соотношением $E = -\frac{d\varphi}{dr}$, откуда $d\varphi = -E dr$. Разность потенциалов точек поля на расстоянии r_1 и r_2 от нити

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\int_{r_1}^{r_2} E dr = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = -\frac{\tau}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1}$$

или

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{\tau}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1}. \quad (2)$$

Подставляем в формулу (1) выражение (2). Получим

$$A_1 = q \frac{\tau}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1} = -4,1 \cdot 10^{-5} \text{ Дж (} r_1 = 1 \text{ м; } r_2 = 0,1 \text{ м)}.$$

Работа отрицательна, т.к. совершена внешними силами по перемещению заряда.

Работа по перемещению заряда на последних 10 см пути равна



$$A_2 = q \frac{\tau}{2\pi\epsilon\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_3} \quad (r_2 = 0,1 \text{ м}; r_3 = 0,2 \text{ м}).$$

Подставляя числовое значение, получим $A_2 = -1,25 \cdot 10^{-5}$ Дж.

Ответ: $A_1 = -4,1 \cdot 10^{-5}$ Дж; $A_2 = -1,25 \cdot 10^{-5}$ Дж.

Задача № 6

Сила тока в проводнике сопротивлением $R = 20$ Ом нарастает в течение времени $\Delta t = 2$ с по линейному закону от $I_0 = 0$ до $I = 6$ А. Определить количество теплоты, выделившейся в проводнике за первую Q_1 и за вторую Q_2 секунды. Найти отношение Q_2/Q_1 .

Дано:

$$R = 20 \text{ Ом}$$

$$\Delta t = 2 \text{ с}$$

$$I_0 = 0$$

$$I = 6 \text{ А}$$

Найти: $Q_2/Q_1 = ?$

Решение

Закон Джоуля – Ленца в виде $Q = I^2 R t$ справедлив только в случае постоянного тока (I_{const}). Если же сила тока в проводнике изменяется, то закон справедлив только для бесконечно малого промежутка времени и может быть записан в виде

$$\Delta Q = I^2 R dt. \quad (1)$$

Сила тока I является некоторой функцией времени, т.е.

$$I = kt, \quad (2)$$

где k – коэффициент пропорциональности, численно равный

$$k = \frac{\Delta I}{\Delta t}, \quad k = 3 \text{ А/с}.$$

Подставим (2) в (1), получим

$$\Delta Q = t^2 k^2 R dt. \quad (3)$$

Для определения теплоты, выделившейся за конечный промежуток (t_1-t_2) времени, проинтегрируем выражение (3):

$$Q = k^2 R \int t^2 dt = \frac{1}{3} k^2 R (t_2^3 - t_1^3).$$



Количество теплоты Q_1 ($t_1 = 0$; $t_2 = 1$), выделившейся за первую секунду, равно $Q_1 = 60$ Дж.

Количество теплоты Q_2 ($t_1 = 1$; $t_2 = 2$), выделившейся за вторую секунду, равно $Q_2 = 420$ Дж.

Отношение $Q_2/Q_1 = 420/60 = 7$, т.е. за вторую секунду выделится теплоты в 7 раз больше, чем за первую.

Ответ: $Q_1 = 60$ Дж, $Q_2 = 420$ Дж, $Q_2/Q_1 = 7$.

Задача № 7

Лампа накаливания потребляет ток, равный 0,6 А. Температура вольфрамовой нити диаметром 0,1 мм равна 2200°C. Ток подводится медным проводом сечением 6 мм². Определите напряженность электрического поля:

- 1) в вольфраме (удельное сопротивление при 0°C $\rho_{\text{В}} = 55$ нОм·м, температурный коэффициент сопротивления $\alpha = 0,0045^\circ\text{C}^{-1}$);
- 2) в меди ($\rho_{\text{М}} = 17$ нОм·м).

Дано:

$$I = 0,6 \text{ А}$$

$$d = 0,1 \text{ мм (СИ: } 10^{-4} \text{ м)}$$

$$t = 2200^\circ \text{ С}$$

$$s = 6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$t_0 = 0^\circ \text{ С}$$

$$\rho_{\text{В}0} = 55 \text{ нОм} \cdot \text{м (СИ: } 55 \cdot 10^{-9} \text{ Ом} \cdot \text{м)}$$

$$\alpha = 0,0045^\circ \text{ С}^{-1}$$

$$\rho_{\text{М}0} = 17 \text{ нОм} \cdot \text{м (СИ: } 17 \cdot 10^{-9} \text{ Ом} \cdot \text{м)}$$

Найти: $E = ?$

Решение

Напряженность поля в проводниках можно найти из закона Ома в дифференциальной форме:

$$\vec{j} = \gamma \vec{E},$$

здесь \vec{E} – напряженность электрического поля, \vec{j} – вектор плотности тока, γ – удельная электропроводность проводника, $\gamma = 1/\rho$, где ρ – удельное сопротивление проводника.

Для вольфрама удельное сопротивление указано в условии задачи при температуре 0°C . но поскольку температура равна 2200°C , то его удельное сопротивление находится из соотношения:

$$\rho_t = \rho_0(1 + \alpha t).$$

Таким образом, для вольфрама $E_{\text{В}} = j_{\text{В}}\rho_{\text{тВ}}$, для меди $E_{\text{М}} = j_{\text{М}}\rho_{\text{тМ}}$.

Плотность тока найдем по известной силе тока (одинаковой для меди и вольфрама) и площади поперечного сечения проводников:

$$j = I/S.$$

Для вольфрама $j_{\text{В}} = 4I / \pi d_{\text{В}}^2$, для меди $j_{\text{М}} = I/S_{\text{М}}$.

Окончательно получим:

$$E_{\text{В}} = \frac{4I}{\pi d_{\text{В}}^2} \cdot \rho_{\text{В}0}(1 + \alpha t).$$

$$E_{\text{В}} = \frac{4 \cdot 0,6}{3,14 \cdot 10^{-8}} \cdot 55 \cdot 10^{-9} (1 + 0,0045 \cdot 2200) = 45,8 \text{ (В/м)} - \text{ для вольфрама.}$$

$$E_{\text{М}} = \frac{I}{S_{\text{М}}} \cdot \rho_{\text{М}};$$

$$E_{\text{М}} = \frac{0,6}{6 \cdot 10^{-6}} \cdot 17 \cdot 10^{-9} = 1,7 \cdot 10^{-3} \text{ (В/м)} = 1,7 \text{ (мВ/м)} - \text{ для меди.}$$

Ответ: $E_{\text{В}} = 45,8 \text{ В/м}$, $E_{\text{М}} = 1,7 \text{ мВ/м}$

Задача № 8

Сопротивление электрической линии передачи 150 Ом . Какое напряжение U_1 должен иметь генератор, чтобы при передаче потребителю мощности $P_1 = 50 \text{ кВт}$ по этой линии потери в ней не превышали $\delta = 3 \%$ передаваемой мощности?

Дано:

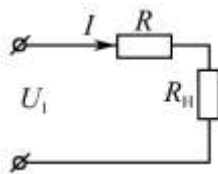
$$R = 150 \text{ Ом}$$

$$P_1 = 50 \cdot 10^3 \text{ Вт}$$

$$\delta = \Delta P / P_1 = 0,03$$

Найти: $U_1 - ?$

Решение



Потери мощности в линии передачи составляют

$$\Delta P = P_1 \cdot \delta,$$

$$\Delta P = 50 \cdot 10^3 \cdot 0,03 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ Вт.}$$

Мощность, передаваемая потребителю, $P_1 = I \cdot U_1$, откуда $U_1 = P_1 / I$.

Используя заданное сопротивление линии передачи, $\Delta P = I^2 \cdot R$.

Откуда

$$I = \sqrt{\frac{\Delta P}{R}},$$

тогда

$$U_1 = \frac{P_1}{I} = \frac{P_1 \sqrt{R}}{\sqrt{\Delta P}} = \frac{P_1 \sqrt{R}}{\sqrt{P_1 \cdot \delta}} = \sqrt{\frac{P_1 R}{\delta}}$$

$$U_1 = \sqrt{\frac{50 \cdot 10^3 \cdot 150}{0,03}} = 15,8 \cdot 10^3 \text{ В} \approx 15,8 \text{ кВ.}$$

4.4. Варианты индивидуального задания № 2

«Электромагнетизм», «Электромагнитные колебания и волны»

Задачи охватывают следующие темы: расчет магнитного поля в вакууме; расчет магнитного потока; действие магнитного поля на проводники с током и движущиеся заряды; магнитное поле в веществе; энергия магнитного поля; работа при повороте контура с током в магнитном поле.

Расчет индукции магнитного производится на основании закона Био – Савара – Лапласа и принципа суперпозиции полей либо с применением теоремы о циркуляции вектора магнитной индукции \vec{B} . Во многих задачах от векторных соотношений надо перейти к скалярным, выбрав предварительно систему координат. Проводник условно разбивается на участки, которые можно представить отрезком прямой линии



либо дугой окружности. Для них выполняется интегрирование в соответствующих пределах.

При решении задач, связанных с движением заряженных частиц в магнитном поле, нужно вспомнить правило векторного произведения. Здесь необходим рисунок, где были бы указаны направление вектора \vec{B} , вектора скорости \vec{v} , направление силы Лоренца. Если скорости частиц соизмеримы со скоростью света в вакууме, то следует учесть релятивистский эффект возрастания массы со скоростью и неприменимость формул классической механики.

Физический анализ задач на электромагнитную индукцию уместно начинать с выяснения причин, вызывающих изменение магнитного потока, причин возникновения направленного движения зарядов. Это позволит найти знак ЭДС индукции с помощью правила Ленца. Далее следует выяснить, в каком проводнике возникает ЭДС индукции. Если проводник замкнутый, магнитный поток сквозь который изменяется, то его целесообразно выразить как функцию времени. И тогда ЭДС находится дифференцированием этой функции. Если проводник движется в магнитном поле, то под изменением магнитного потока $d\Phi$ следует понимать абсолютное значение магнитного потока, пересеченного проводником за время dt его движения.

В задачах, где рассматриваются явления самоиндукции и взаимной индукции, следует обращать внимание на то, что индуктивность L и взаимная индуктивность M зависят от геометрии проводников, их взаимного расположения и магнитных свойств среды.

Решение задач на расчет магнитного поля в ферромагнетиках возможно при наличии графика (или таблиц) зависимости B от H для данного ферромагнетика, которые обычно приведены в справочных материалах задачников по курсу общей физики.

ВАРИАНТ № 1

1. Два круговых витка, диаметром 4 см каждый, расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях так, что центры этих витков совпадают. По виткам текут токи $I_1 = I_2 = 5$ А. Найдите напряженность магнитного поля в центре витков.

2. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,2$ Тл находится прямой проводник длиной $l = 15$ см, по которому течет ток силой $I = 5$ А. На проводник действует сила $F = 0,13$ Н. Определите угол α между направлением тока и вектором магнитной индукции.



3. По тонкому проводу в виде кольца радиусом $R = 20$ см течет ток $I = 100$ А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией 20 мТл. Найдите силу F , растягивающую кольцо.

4. Нормаль к круглому витку провода образует угол $\alpha = 30^\circ$ с направлением однородного магнитного поля, индукция которого $B = 0,1$ Тл. Виток движется так, что его нормаль вращается вокруг направления магнитного поля с постоянной скоростью, соответствующей 100 об/мин, причем угол α остается неизменным. Чему равна ЭДС индукции в витке?

5. Соленоид имеет длину 1 м, площадь поперечного сечения 25 см^2 , число витков 1000. Энергия поля соленоида при силе тока 1 А равна 1,9 Дж. Определите магнитную проницаемость сердечника.

6. Зависимость напряжения на обкладках конденсатора емкостью $2,6 \cdot 10^{-2}$ мкФ в колебательном контуре изменяется по закону $U(t) = 10 \cos(2 \cdot 10^3 \pi t)$, где U – в вольтах, t – в секундах. Найдите индуктивность катушки контура. Результат округлите до целого числа.

7. В идеальном колебательном контуре амплитуда колебаний силы тока в катушке индуктивности 5 мА, а амплитуда колебаний заряда конденсатора 2,5 нКл. В момент времени t сила тока в катушке равна 3 мА. Найдите заряд конденсатора в этот момент.

8. За какое время происходит одно полное колебание в контуре, излучающем электромагнитную волну $\lambda = 240$ м в вакууме?

ВАРИАНТ № 2

1. Два длинных прямолинейных проводника расположены под прямым углом друг к другу. По одному проводнику течет ток 80 А, по другому ток 6 А. Расстояние между проводниками равно $d = 10$ см. Определите индукцию магнитного поля в точке, лежащей на середине общего перпендикуляра к проводникам. Покажите на рисунке направление вектора магнитной индукции.

2. Протон движется по окружности радиуса $r = 80$ см в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,3$ Тл перпендикулярно линиям индукции. Чему равна скорость протона?

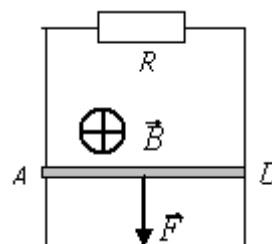
3. Однородное электрическое поле напряженностью 20 кВ/м и однородное магнитное поле напряженностью 3200 А/м взаимно перпенди-

кулярны. В этих полях прямолинейно движется электрон. Определите скорость электрона.

4. По катушке индуктивностью 5 мкГн течет ток силой 3 А . При выключении ток уменьшился до нуля за время $\Delta t = 8 \text{ мс}$. Определите среднее ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре

5. Рамка вращается в однородном магнитном поле и содержит 100 витков медного провода сечением $0,5 \text{ мм}^2$. Длина одного витка $0,4 \text{ м}$. Определите величину действующего тока в проводнике сопротивлением $5,64 \text{ Ом}$, присоединенным к концам рамки. Максимальная ЭДС, возникающая в рамке, равна 2 В . Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

6. Проводящая перемычка AD длиной 1 м скользит в однородном магнитном поле с индукцией 10 Тл по проводящим рельсам, замкнутым на резистор сопротивлением 1 Ом . Какую силу \vec{F} нужно приложить к перемычке, чтобы двигать ее с постоянной скоростью $v = 1 \text{ м/с}$?



7. В идеальном колебательном контуре в момент времени t напряжение на конденсаторе равно $1,2 \text{ В}$, а сила тока в катушке индуктивности равна 4 мА . Амплитуда колебаний напряжения на конденсаторе $2,0 \text{ В}$. Найдите амплитуду колебаний силы тока в катушке.

8. В колебательном контуре емкость конденсатора 2 мкФ , а максимальное напряжение на нем 5 В . Найдите максимальную энергию магнитного поля катушки. Ответ представьте в микроджоулях ($1 \text{ мкДж} = 10^{-6} \text{ Дж}$).

ВАРИАНТ № 3

1. Два круговых витка, диаметром 4 см каждый, расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях так, что центры этих витков совпадают. По виткам текут токи $I_1 = I_2 = 5 \text{ А}$. Найдите напряженность магнитного поля в центре витков.

2. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $0,5 \text{ кВ}$, движется параллельно прямолинейному длинному проводнику на расстоянии 1 см от него. Определите силу, действующую на электрон, если через проводник пропускать ток силой 10 А .

3. В однородном магнитном поле с магнитной индукцией $0,2 \text{ Тл}$ находится квадратный проводящий контур со стороной 20 см и силой



тока 10 А. Плоскость квадрата составляет с направлением поля угол 30° . Определите работу удаления провода за пределы поля.

4. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов $U = 100$ В и влетела в направленные под прямым углом электрическое ($E = 10$ кВ/м) и магнитное ($B = 0,1$ Тл) поля. Найдите отношение заряда частицы к ее массе q/m , если, двигаясь перпендикулярно обоим полям, частица не испытывает отклонения от прямолинейной траектории.

5. Проволочный виток диаметром 8 см и сопротивлением 0,01 Ом находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,04 Тл. Плоскость рамки составляет угол 30° с линиями поля. Какое количество электричества протечет по витку, если магнитное поле выключить? Собственный магнитный поток витка не учитывать. Результат представьте в милликулонах.

6. В катушке с индуктивностью $L = 10$ Гн при протекании тока силой I_0 запасена энергия $E = 20$ Дж. При линейном увеличении силы тока в катушке в семь раз за промежуток времени t , величина ЭДС самоиндукции, возникающая в катушке, будет равна 20 В. Чему равен этот промежуток времени?

7. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью $C = 8 \cdot 10^{-12}$ Ф и катушку индуктивностью $L = 0,5$ мГн. Каково максимальное напряжение U_{\max} на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока $I_{\max} = 40$ мА?

8. Плоская электромагнитная волна распространяется в однородной изотропной среде с $\epsilon = 2$ и $\mu = 1$. Амплитуда напряженности электрического поля волны $E_0 = 12$ В/м. Определите фазовую скорость волны.

ВАРИАНТ № 4

1. По круговому проволочному витку радиусом 10 см течет постоянный электрический ток 1 А. Найдите магнитную индукцию в центре витка.

2. По прямому горизонтальному проводнику сечением $0,2$ мм² течет ток 10 А. Проводник находится в магнитном поле с индукцией 1 мТл. Силовые линии магнитного поля имеют такое направление, что сила Ампера уравновешивает силу тяжести. Определите плотность вещества, из которого сделан проводник. Принять $g = 10$ м/с².



3. Максимальный вращающий момент, действующий на рамку площадью 1 см^2 , находящуюся в магнитном поле, равен $2 \cdot 10^{-6} \text{ Н}\cdot\text{м}$. Сила тока, текущая в рамке, $0,5 \text{ А}$. Определите индукцию магнитного поля.

4. Найдите напряженность E однородного электрического поля, если известно, что оно обладает той же плотностью энергии, что и магнитное поле с индукцией $B = 0,5 \text{ Тл}$.

5. Горизонтальный стержень длиной l вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. Ось вращения параллельна линиям поля, индукция которого $B = 50 \text{ мкТл}$. При каком числе оборотов в секунду разность потенциалов на концах стержня будет равна 1 мВ ?

6. Если сила тока, проходящего в соленоиде, изменяется на 50 А в секунду, то на концах соленоида возникает среднее значение ЭДС самоиндукции, равное $0,08 \text{ В}$. Найдите индуктивность соленоида. Результат представьте в миллигенри ($1 \text{ мГн} = 10^{-3} \text{ Гн}$).

7. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 2,2 \cdot 10^{-9} \text{ Ф}$ и катушка длиной $l = 20 \text{ см}$ из медной проволоки диаметром $d = 0,5 \text{ мм}$. Найдите логарифмический декремент затухания колебаний.

8. За какое время происходит одно полное колебание в контуре, излучающем электромагнитную волну $\lambda = 240 \text{ м}$ в вакууме?

ВАРИАНТ № 5

1. По контуру в виде квадрата течет ток 50 А . Длина стороны квадрата равна 20 см . Определите магнитную индукцию в точке пересечения диагоналей.

2. Электрон в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,2 \text{ Тл}$ движется по окружности. Найдите силу эквивалентного кругового тока, создаваемого движением электрона.

3. Найдите магнитный поток, создаваемый соленоидом сечением $s = 10 \text{ см}^2$, если он имеет $n = 10$ витков на каждый сантиметр его длины при силе тока 20 А .

4. Во сколько раз увеличится радиус траектории движения заряженной частицы, движущейся в однородном магнитном поле перпендикулярно вектору индукции \vec{B} , при увеличении энергии частицы в 4 раза. Масса частицы не изменяется.



5. Электрон с начальной скоростью $v_0 = 10^6$ м/с влетает в однородное электрическое поле напряженностью $E = 100$ В/м перпендикулярно силовым линиям магнитного поля. Через время $t = 10^{-6}$ с электрическое поле выключают и включают однородное магнитное поле с индукцией $B = 10^{-4}$ Тл, силовые линии которого перпендикулярны вектору скорости \vec{v} электрона. Определите радиус окружности, по которой будет двигаться электрон в магнитном поле.

6. Проволочное кольцо радиусом 0,1 м лежит на столе. Какая величина заряда протечет по кольцу, если его повернуть с одной стороны на другую? Сопротивление кольца 1 Ом, вертикальная составляющая индукции магнитного поля Земли $5 \cdot 10^{-5}$ Тл. Принять $\pi = 3,14$. Результат представьте в микрокулонах (1 мкКл = 10^{-6} Кл).

7. Колебательный контур содержит конденсатор емкостью $C = 8 \cdot 10^{-12}$ Ф и катушку индуктивностью $L = 0,5$ мГн. Каково максимальное напряжение U_{\max} на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока $I_{\max} = 40$ мА?

8. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости $C = 2 \cdot 10^{-6}$ Ф получить частоту $\nu = 10^3$ Гц?

ВАРИАНТ № 6

1. В прямоугольной рамке со сторонами 4 см и 6 см сила тока равна 5 А. Определите напряженность магнитного поля в центре рамки.

2. По прямому бесконечно длинному проводу проходит ток силой $I = 5$ А. Найдите магнитную индукцию B поля в точке, удаленной на расстояние $r = 25$ мм от провода.

3. Ион, несущий один элементарный заряд, движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,01$ Тл по окружности радиусом $r = 10$ см. Чему равен импульс иона?

4. Заряженная частица, обладающая скоростью $v = 10^6$ м/с, влетела в однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,52$ Тл. Найдите отношение заряда частицы к ее массе q/m , если частица в поле описала дугу окружности радиусом $R = 4$ см. Определите какая это частица.

5. Квадратная рамка из медной проволоки, площадь которой 25 см^2 , помещена в однородное магнитное поле с индукцией 0,1 Тл. Нормаль к плоскости рамки параллельна вектору индукции магнитного поля. Площадь сечения проволоки рамки 1 мм^2 . Какой заряд пойдет по



рамке после выключения поля? Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8}$ Ом·м.

6. Длинный соленоид сечением $s = 2,5 \text{ см}^2$ содержит 2400 витков. По виткам проходит ток 2 А. Индукция магнитного поля в центре соленоида равна 20 мТл. Найдите индуктивность соленоида.

7. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью C и катушки индуктивностью L . Как изменится период свободных электромагнитных колебаний в этом контуре, если и емкость конденсатора, и индуктивность катушки уменьшить в 5 раз?

8. Электромагнитная волна с частотой 59 МГц распространяется в немагнитной среде с показателем преломления $n = 5,1$. Определите длину волны λ в среде.

ВАРИАНТ № 7

1. На проволочный виток радиусом 10 см, помещенный между полюсами магнита, действует максимальный механический момент $M = 6,5 \text{ мкН} \cdot \text{м}$, сила тока в витке 2 А. Определите магнитную индукцию поля между полюсами магнита. Магнитным полем Земли можно пренебречь.

2. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток 10 А. Определите, пользуясь теоремой о циркуляции вектора \vec{B} , магнитную индукцию B в точке, расположенной на расстоянии 10 см от проводника.

3. По прямому горизонтально расположенному проводу пропускают ток $I_1 = 10 \text{ А}$. Под ним на расстоянии $r = 1,5 \text{ см}$ находится параллельно ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток $I_2 = 1,5 \text{ А}$. Определите, чему равна площадь поперечного сечения алюминиевого провода, при которой он будет удерживаться незакрепленным. Плотность алюминия $\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$.

4. Электрон движется в однородном магнитном поле с индукцией $B = 9 \text{ мТл}$ по винтовой линии, радиус которой 1 см, шаг 7,8 см. Определите период обращения электрона и его скорость.

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

6. За время 0,1 с магнитный поток, пронизывающий замкнутый контур, равномерно уменьшился до 1,5 Вб. При этом в нем возникла



ЭДС индукции, равная 15 В. Определите первоначальную величину магнитного потока.

7. Длина электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, равна 12 м. Пренебрегая активным сопротивлением контура, определите максимальный заряд q_m на пластинах конденсатора, если максимальная сила тока в контуре $I_m = 1$ А.

8. Электромагнитная волна с частотой $\nu = 5$ МГц переходит из немагнитной среды с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2$ в вакуум. Определите изменение ее длины волны.

ВАРИАНТ № 8

1. Определите силу электрического взаимодействия электрона с ядром в атоме водорода. Среднее расстояние электрона от ядра равно $0,5 \cdot 10^{-10}$ м.

2. По тонкому проводу в виде кольца радиусом 20 см течет ток 100 А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено однородное магнитное поле с индукцией $B = 20$ мТл. Найдите силу, растягивающую кольцо.

3. Напряженность магнитного поля в центре кругового витка равна 1000 А/м. Магнитный момент витка $p_m = 6,58$ А·м². Вычислите силу тока в витке и радиус витка.

4. Электрон, обладая скоростью $v = 10^6$ м/с, влетел в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. $B = 0,1$ мТл. Определите нормальное и тангенциальное ускорение электрона.

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

6. С помощью реостата равномерно увеличивают силу тока в катушке на $\Delta I = 0,1$ А в одну секунду. Индуктивность катушки равна $L = 0,01$ Гн. Найдите среднее значение ЭДС самоиндукции.

7. В идеальном колебательном контуре, состоящем из конденсатора и катушки индуктивности, период колебаний равен 6,3 мкс. Амплитуда колебаний заряда равна $5 \cdot 10^{-9}$ Кл. В момент времени t заряд кон-



денсатора равен $4 \cdot 10^{-9}$ Кл. Найдите силу тока в катушке в этот момент времени.

8. В вакууме вдоль оси x распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности магнитного поля волны 1 мА/м. Определите амплитуду напряженности электрического поля волны.

ВАРИАНТ № 9

1. По бесконечному длинному проводу, согнутому под углом $\alpha = 120^\circ$ течет ток $I = 50$ А. Найдите магнитную индукцию в точках, лежащих на биссектрисе угла и удаленных от вершины его на расстоянии 5 см.

2. Заряженная частица с энергией 1 кэВ движется в однородном магнитном поле по окружности радиусом 1 мм. Найдите силу, действующую на частицу со стороны поля.

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

4. В плоскости, перпендикулярной магнитному полю напряженностью 100 А/м, вращается прямолинейный проводник длиной 1 м относительно оси, проходящей через конец проводника. По проводнику течет ток силой 10 А, угловая скорость вращения проводника 50 с^{-1} . Определите работу вращения проводника за 10 минут.

5. Найдите величину ЭДС самоиндукции в неподвижной катушке, если за 0,2 с энергия магнитного поля равномерно уменьшилась в 4 раза. Индуктивность катушки 0,1 Гн, начальный ток, протекающий через катушку, равен 8 А.

6. Сила тока в колебательном контуре изменяется по закону $I = 0,1 \sin^3 t$ (А). Индуктивность контура 0,1 Гн. Найдите закон изменения напряжения на конденсаторе и его емкость.

7. В идеальном колебательном контуре в некоторый момент времени напряжение на конденсаторе равно 1,2 В, сила тока в катушке индуктивности 4 мА. Амплитуда колебаний силы тока в катушке равна 5 мА. Найдите амплитуду колебаний напряжения на конденсаторе.

8. В однородной изотропной среде с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$ и магнитной проницаемостью $\mu = 1$ распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрическо-



го поля волны равна 50 В/м . Найдите: 1) амплитуду напряженности магнитного поля; 2) фазовую скорость волны.

ВАРИАНТ № 10

1. По двум параллельным проводам длиной $l = 1 \text{ м}$ каждый текут одинаковые токи. Расстояние d между проводами равно 1 см . Токи взаимодействуют с силой $F = 1 \text{ мН}$. Найдите силу тока в проводах.

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

3. Отрицательно заряженная частица влетает в область однородного магнитного поля с индукцией $0,001 \text{ Тл}$, где движется по дуге окружности радиусом $0,2 \text{ м}$. Затем частица попадает в однородное электрическое поле, где пролетает участок с разностью потенциалов 10^3 В , при этом ее скорость уменьшается в три раза. Определите конечную скорость частицы.

4. Положительно заряженный грузик массой 2 г подвешен на нити длиной 10 см в горизонтальном магнитном поле с индукцией $0,5 \text{ Тл}$. Нить с грузом отклоняют в горизонтальное положение в плоскости, перпендикулярной полю, и отпускают. Чему равен заряд грузика, если сила натяжения нити в нижней точке равна $51,8 \text{ Н}$?

5. Скорость изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную замкнутым контуром, равна 10 Вб/с . Определите заряд на конденсаторе емкостью 1 мкФ , который включен в этот контур.

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

7. Емкость конденсатора в колебательном контуре 8 пФ , а индуктивность $0,5 \text{ мГн}$. Найдите максимальное напряжение на обкладках конденсатора, если максимальная сила тока в контуре равна 40 А ?

8. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 25 \text{ мГн}$, конденсатора емкостью $C = 10 \text{ мкФ}$ и резистора сопротивлением $R = 1 \text{ Ом}$. Заряд конденсатора $q = 10^{-3} \text{ Кл}$. Определите: 1) период колебаний контура; 2) логарифмический декремент затухания колебаний; 3) уравнение зависимости изменения напряжения на пластинах конденсатора от времени.



ВАРИАНТ № 11

1. Бесконечно длинный провод образует круговую петлю касательную к проводу. По проводу течёт ток силой 5 А. Найти радиус петли, если известно, что индукция магнитного поля в центре петли равна 51,2 мкТл.

2. Прямой провод длиной 20 см, по которому течет ток 30 А, находится в однородном магнитном поле с индукцией 0,01 Тл. Найти силу, действующую на провод, если угол между направлением тока и вектором индукции равен 45° .

3. По кольцу радиусом R течет ток. На оси кольца на расстоянии 1 м от его плоскости магнитная индукция равна 10 нТл. Определить магнитный момент кольца с током, если радиус много меньше расстояния 1 м.

4. Определить кинетическую энергию электрона, движущегося в магнитном поле с индукцией 0,1 Тл по окружности радиусом 2 см с учетом изменения массы со скоростью.

5. Индукция магнитного поля между полюсами двухполюсного генератора равна 0,8 Тл. Ротор содержит 100 витков площадью 400 см^2 . Определить частоту вращения ротора, если максимальное значение ЭДС индукции равно 200 В.

6. Индуктивность катушки без сердечника равна 0,02 Гн. Определить потокосцепление при токе в катушке силой 5 А.

7. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 8/9 \cdot 10^{-11} \text{ Ф}$ и катушки, индуктивность которой $L = 2 \text{ мГн}$. На какую длину волны настроен контур? Сопротивлением контура пренебречь.

8. Колебательный контур, активное сопротивление которого 40 Ом, состоит из конденсатора емкостью 7 мкФ и катушки индуктивностью 0,23 Гн. Определите логарифмический декремент k затухающих электромагнитных колебаний в этом контуре.

ВАРИАНТ № 12

1. В соленоиде длиной 20 см и диаметром 5 см индукция магнитного поля $1,25 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$. Найти: 1) число ампервитков, необходимое для этого соленоида; 2) разность потенциалов, которую нужно приложить к концам обмотки из медной проволоки диаметром 0,5 мм. Считать поле соленоида однородным.



2. Три параллельных прямых провода расположены на одинаковом расстоянии 10 см друг от друга. Определить силу, действующую на отрезок длиной 1 м каждого провода, если по ним текут одинаковые токи 100 А, причем направления токов в двух проводах совпадают.
3. Напряженность магнитного поля в центре кругового тока равна 200 А/м. Магнитный момент витка равен $1 \text{ А} \cdot \text{м}^2$. Вычислить силу тока в витке и радиус витка.
4. Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле со скоростью 0,8 с ($c = 300 \text{ Мм/с}$). Индукция магнитного поля равна 0,01 Тл. Определить радиус окружности, учитывая увеличение массы электрона со скоростью и без учета этого эффекта.
5. Рамка, содержащая 1000 витков площадью 100 см^2 , равномерно вращается с частотой 10 об/с в магнитном поле напряженностью 10 кА/м. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям напряженности. Определить максимальную ЭДС индукции, возникающую в рамке.
6. Соленоид содержит 1200 витков площадью 5 см^2 . Определить индуктивность соленоида, если при токе силой 2 А индукция магнитного поля в соленоиде равна 0,01 Тл.
7. Найдите скорость распространения электромагнитной волны ν (в м/с) в изотропной диэлектрической среде с относительными диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 9$ и магнитной проницаемостью $\mu = 1$.
8. Уравнение изменения со временем разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре имеет вид: $U = 50 \cos 10^4 \pi t$, где U – в вольтах, t – в секундах. Емкость конденсатора $C = 0,1 \text{ мкФ}$. Найдите период колебаний T , индуктивность контура L , длину волны λ , соответствующую этому контуру.

ВАРИАНТ № 13

1. По тонкому проводящему кольцу радиусом $R = 10 \text{ см}$ течёт ток силой $I = 80 \text{ А}$. Найти магнитную индукцию B в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстоянии $r = 20 \text{ см}$.
2. Катушка длиной 30 см состоит из 1000 витков. Найти индукцию магнитного поля внутри катушки, если ток, проходящий по катушке, равен 2 А. Диаметр катушки считать малым по сравнению с её длиной.
3. Два параллельных провода взаимодействуют с силой 1 мН. Найти силу тока в проводах, если длина их 1 м и расстояние между ними 1 см.



4. Короткая катушка имеет квадратное сечение со стороной 10 см и имеет 1000 витков тонкого провода. Найти магнитный момент, если по катушке течет ток силой 1 А.

5. Какое число оборотов должен сделать протон в магнитном поле циклотрона, чтобы его энергия была равна 10 МэВ, если разность потенциалов между дуантами 30 кВ.

6. Рамка площадью 50 см^2 , содержащая 100 витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле с индукцией 40 мТл. Определить максимальное значение ЭДС индукции, если рамка вращается с частотой 96 об/с и ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции.

7. Конденсатор емкостью $C = 1 \text{ мкФ}$ и реостат с активным сопротивлением $R = 3 \text{ кОм}$ включены в цепь переменного тока частотой 50 Гц. Найдите полное сопротивление Z цепи, если конденсатор и реостат включены последовательно, а индуктивность реостата ничтожно мала.

8. Какую индуктивность L надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости 2 мкФ получить звуковую частоту 1000 Гц? Сопротивлением контура пренебречь.

ВАРИАНТ № 14

1. По двум длинным прямолинейным проводам, находящимися на расстоянии $r = 5 \text{ см}$ друг от друга в воздухе, текут токи силой $I = 10 \text{ А}$ каждый. Определить магнитную индукцию B , поля, создаваемого токами в точке, лежащей посередине между проводами для случаев: 1) провода параллельны, токи текут в одном направлении; 2) провода параллельны, токи текут в противоположных направлениях; 3) провода перпендикулярны.

2. Определить силу отталкивания двух параллельных проводов, находящихся на расстоянии 20 см друг от друга, если их длина 2 м и по ним текут токи 10 кА.

3. По витку радиусом 5 см течет ток 10 А. Определить магнитный момент кругового тока.

4. В циклотроне ускоряются двухзарядные ионы гелия. Какова индукция магнитного поля, если частота переменной разности потенциалов, приложенной к дуантам, равна 10 МГц (период обращения ионов должен совпадать с периодом изменения разности потенциалов).



5. Проводник длиной 1 м движется со скоростью 5 м/с перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Определить индукцию магнитного поля, если на концах проводника возникает разность потенциалов 0,02 В.

6. На картонный каркас длиной 50 см и площадью сечения 4 см^2 намотан в один слой провод диаметром 0,2 мм так, что витки плотно прилегают друг к другу. Определить индуктивность соленоида.

7. Колебательный контур содержит конденсатор ёмкостью C , катушку индуктивностью L и активное сопротивление R . Найдите отношение энергии магнитного поля к энергии электрического поля в контуре в момент максимального значения силы тока.

8. В однородной и изотропной среде с $\epsilon = 3,00$ и $\mu = 1,00$ распространяется плоская электромагнитная волна. Найдите фазовую скорость волны.

ВАРИАНТ № 15

1. Длинный прямой соленоид из проволоки диаметром $d = 0,5$ мм намотан так, что витки плотно прилегают друг к другу. Какова индукция магнитного поля внутри соленоида при силе тока $I = 4$ А? Толщиной изоляции пренебречь.

2. По тонкому проводу в виде кольца радиусом 20 см течет ток 200 А. Перпендикулярно плоскости кольца возбуждено магнитное поле с индукцией 20 мТл. Определить силу, растягивающую кольцо.

3. Рамка гальванометра площадью 1 см^2 , содержащая 200 витков тонкого провода, подвешена на упругой нити в магнитном поле с индукцией 5 мТл, так, что нормаль к плоскости рамки перпендикулярна линиям магнитной индукции. Найти постоянную кручения нити, если при пропускании по рамке тока 2 мкА рамка поворачивается на угол 30° .

4. Какова частота ускоряющего поля между дуантами циклотрона при ускорении в нем дейтонов, если индукция магнитного поля равна 1 Тл.

5. Стержень длиной 10 см вращается относительно оси, проходящей через один из его концов, в однородном магнитном поле с индукцией 0,4 Тл. Плоскость вращения перпендикулярна силовым линиям поля. Определить разность потенциалов на концах стержня при частоте вращения 16 об/с.

6. В однородном магнитном поле с индукцией 0,04 Тл находится проволочное кольцо радиусом 4 см, имеющее сопротивление 0,01 Ом.



Плоскость кольца составляет угол 30° с линиями индукции. Какое количество электричества протечет по кольцу при изменении поля до нуля.

7. Найдите промежуток времени, за который амплитуда колебаний силы тока в контуре с добротностью $Q = 5000$ уменьшается в 2 раза, если частота свободных колебаний в контуре $\nu = 2,2$ МГц.

8. Электромагнитная волна с частотой $\nu = 3,0$ МГц переходит из вакуума в немагнитную среду с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 4,0$. Найти приращение ее длины волны.

ВАРИАНТ № 16

1. Два прямолинейных длинных проводника расположены параллельно на расстоянии 10 см друг от друга. По проводникам текут токи $I_1 = I_2 = 5$ А в противоположных направлениях. Найти индукцию магнитного поля в точке находящейся на расстоянии 10 см от каждого проводника.

2. Напряжённость магнитного поля в центре кругового витка радиусом 11 см равна 64 А/м. Найти индукцию магнитного поля на оси витка на расстоянии 10 см от его плоскости.

3. Определить силу взаимодействия шин генератора, находящихся на расстоянии 4 мм друг от друга, если по ним течет ток 50 А и их длина равна 1 м.

4. Виток диаметром 20 см может вращаться около вертикальной оси, совпадающей с одним из диаметров витка. Виток установили в плоскости магнитного меридиана и пустили по нему ток 10 А. Найти момент сил, действующий на виток, если горизонтальная составляющая магнитной индукции поля Земли равна 20 мкТл.

5. Вычислить скорость и энергию α -частиц, вылетающих из циклотрона, если перед выходом они движутся по окружности радиусом 50 см. Индукция магнитного поля 1,7 Тл.

6. По двум параллельным стержням, расположенным горизонтально и находящимся на расстоянии 20 см друг от друга, скользит перемычка со скоростью 1 м/с, так как стержни находятся в вертикальном магнитном поле с индукцией 1,5 Тл и к стержням приложена ЭДС, равная 0,5 В. Сопротивление перемычки 0,02 Ом. Определить ЭДС индукции, возникающей в перемычке.

7. катушка, индуктивность которой $L = 30$ мкГн, присоединена к плоскому конденсатору с площадью пластин $S = 100$ см², расстояние



между которыми $d = 0,1$ мм. Чему равна относительная диэлектрическая проницаемость среды ϵ , заполняющей пространство между пластинами, если контур резонирует на волну длиной 750 м?

8. Плоский воздушный конденсатор, обкладки которого имеют форму дисков радиуса $R = 6,0$ см, подключен к переменному синусоидальному напряжению частоты $\omega = 1000$ рад/с. Найти отношение амплитудных значений магнитной и электрической энергий внутри конденсатора.

ВАРИАНТ № 17

1. Ток 20 А идёт по длинному проводнику, согнутому под прямым углом. Найти индукцию магнитного поля в точке, лежащей на биссектрисе этого угла и отстоящей от вершины угла на расстоянии 10 см.

2. На длинный соленоид виток к витку намотан провод, диаметром $d = 1$ мм. По проводнику течёт ток силой $I = 5$ А. Найти индукцию магнитного поля в центре соленоида и на его концах.

3. Определить силу, действующую на тонкий провод в виде дуги, составляющей треть кольца радиусом 15 см, если по проводу течет ток 30 А и провод находится в магнитном поле индукцией 20 мТл. Плоскость, в которой лежит дуга, перпендикулярна линиям магнитной индукции.

4. Проволочный виток радиусом 5 см находится в однородном магнитном поле напряженностью 2 кА/м. Плоскость витка образует угол 60° с направлением поля. По витку течет ток 4 А. Найти механический момент, действующий на виток.

5. Определить скорость и энергию протона, сделавшего 40 оборотов в циклотроне, если максимальное значение разности потенциалов между дуантами равно 60 кВ.

6. Определить мощность, которую необходимо затратить для движения прямого провода длиной 10 см в магнитном поле с индукцией 1 Тл со скоростью 20 м/с перпендикулярно силовым линиям. Сопротивление всей цепи равно 0,4 Ом.

7. Электромагнитная волна с частотой $\nu = 100$ МГц переходит из вакуума в немагнитную среду с показателем преломления $n = 2,45$. Определите длину волны в среде.

8. Катушка с индуктивностью $L = 0,70$ Гн и активным сопротивлением $R = 20$ Ом соединена последовательно с безындукционным со-



противлением R , и между концами этой цепи приложено переменное напряжение с действующим значением $U = 220$ В и частотой $\omega = 314$ рад/с. При каком значении сопротивления R в цепи будет выделяться максимальная тепловая мощность? Чему она равна?

ВАРИАНТ № 18

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

2. По тонкому проводящему кольцу радиусом $R = 10$ см течёт ток. Чему равна сила тока в кольце, если магнитная индукция в точке, равноудаленной от всех точек кольца на расстоянии $r = 20$ см равна $62,8$ мкТл.

3. Обмотка катушки сделана из проволоки диаметром $0,8$ мм. Витки плотно прилегают друг к другу. Считая катушку достаточно длинной, найти напряжённость магнитного поля внутри катушки при силе тока 7 А.

4. Прямой длинный провод расположен в одной плоскости с квадратной рамкой так, что две ее стороны параллельны проводу. По рамке и проводу течет ток 1 кА. Определить силу, действующую на рамку, если ближайшая сторона рамки находится от провода на расстоянии, равном ее длине.

5. Короткая катушка содержит 200 витков провода, по которому течет ток 4 А. Площадь поперечного сечения катушки 150 см². Катушка помещена в однородно магнитное поле напряженностью 8 кА/м так, что ее ось составляет угол 60° с линиями индукции. Определить магнитный момент катушки.

6. Электрон влетает в магнитное поле напряженностью 16 кА/м со скоростью 8 Мм/с под углом 60° к направлению линий индукции. Определить радиус и шаг винтовой линии, по которой будет двигаться электрон.

7. Определите длину электромагнитной волны λ (в метрах) в трансформаторном масле ($\epsilon=2,2$; $\mu=1$), если частота волны $\nu=50$ МГц.

8. Колебательный контур имеет емкость $C = 10$ мкФ, индуктивность $L = 25$ мГ и активное сопротивление $R = 1,0$ Ом. Через сколько колебаний амплитуда тока в этом контуре уменьшится в e раз?



ВАРИАНТ № 19

1. Два круговых витка радиусом 4 см каждый расположены в параллельных плоскостях на расстоянии 0,1 м друг от друга. Магнитная индукция на оси витков в точке, находящейся на равном расстоянии от них $B = 15,3$ мкТл. Найти точки в витках при условии, что они равны и текут в одном направлении.

2. Найти угол между направлениями вектора индукции и тока, если на провод действует сила 10 мН. Длина провода 10 см, ток 20 А и индукция магнитного поля 0,01 Тл.

3. Найти механический момент, действующий на рамку с током, помещенную в магнитное поле с индукцией 0,1 Тл, если по рамке течет ток 1 мА, и рамка содержит 200 витков тонкого провода и имеет длину 4 см и ширину 1,5 см.

4. В однородном магнитном поле с индукцией 2 Тл движется протон по винтовой линии радиусом 10 см и шагом 60 см. Определить кинетическую энергию протона.

5. Определить индукцию магнитного поля, если при движении прямого провода длиной 40 см перпендикулярно силовым линиям поля со скоростью 5 м/с между его концами возникает разность потенциалов 0,6 В.

6. Индуктивность соленоида длиной 1 м, намотанного на немагнитный каркас, равна 1,6 мГн. Определить число витков на каждом сантиметре длины, если сечение соленоида равно 20 см^2 .

7. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 405 \text{ нФ}$ ($\text{н} = 10^{-9}$), катушки с индуктивностью $L = 10 \text{ мГн}$ и сопротивления $R = 2 \text{ Ом}$. Во сколько раз уменьшится разность потенциалов на обкладках конденсатора за один период колебаний? Ответ округлите до сотых.

8. Контур радиоприемника настроен на частоту $\nu_1 = 9 \text{ МГц}$. Как нужно изменить электроемкость переменного конденсатора этого контура, чтобы приемник был настроен на длину волны $\lambda_2 = 50 \text{ м}$? Скорость электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.



ВАРИАНТ № 20

1. Ток 20 А идёт по длинному проводнику, согнутому под прямым углом. Найти магнитную индукцию поля в точке, лежащей на биссектрисе этого угла и отстоящей от вершины угла на расстоянии 10 см.

2. В соленоиде длиной 20 см и диаметром 5 см индукция магнитного поля $1,25 \cdot 10^{-3}$ Тл. Обмотка соленоида изготовлена из медной проволоки диаметром 0,5 мм. Найти ток, проходящий через обмотку и разность потенциалов, прикладываемую к концам обмотки. Считать поле соленоида однородным.

3. Рамка гальванометра длиной 4 см и шириной 1,5 см содержит 200 витков тонкого провода. Рамка помещена в магнитное поле с индукцией 0,1 Тл так, что плоскость рамки параллельна линиям индукции. Найти магнитный момент рамки, если по рамке течет ток 1 мА.

4. Определить период вращения и скорость электрона при его движении по винтовой линии в однородном магнитном поле с индукцией 9 мТл. Радиус винтовой линии 1 см и ее шаг 7,8 см.

5. Определить среднее значение ЭДС индукции в контуре, если магнитный поток, пронизывающий контур, изменяется от 0 до 40 мВб за время 2 мс.

6. На картонный каркас длиной 50 см и площадью поперечного сечения 8 см намотан тонкий провод в один слой так, что витки плотно прилегают друг к другу. Индуктивность соленоида равна 12,56 мГн. Каков диаметр провода?

7. Уравнения изменения со временем разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре дано в виде $U = 50 \cos(10^4 \pi t)$, где U – в вольтах, t – в секундах. Емкость конденсатора равна 10^{-7} Ф. Найдите период колебаний и индуктивность контура. Активным сопротивлением контура пренебречь.

8. Определить длину волны, на которую настроен приемник, если его приемный контур обладает индуктивностью $L = 0,003$ Гн и емкостью $C = 10$ мкФ. Скорость электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

**4.5. Решение типового варианта и образец оформления
индивидуального задания № 2****Задача № 1**

По проводу, согнутому в виде квадрата со стороной 10 см, течет ток 10 А. Найти величину магнитной индукции в точке пересечения диагоналей квадрата.

Дано:

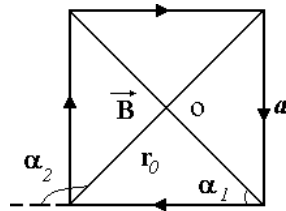
$$a = 10 \text{ см (СИ: } 10 \cdot 10^{-2} \text{ м)}$$

$$I = 10 \text{ А}$$

Найти: $B = ?$

Решение

По проводу, согнутому в виде квадрата со стороной 10 см, течет ток 10 А. Найти величину магнитной индукции в точке пересечения диагоналей квадрата.



Согласно принципу суперпозиции полей магнитная индукция \vec{B} поля квадратного витка равна геометрической сумме магнитных индукций полей, создаваемой каждой стороной квадрата в отдельности:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4.$$

Так как в точке O все векторы $\vec{B}_1, \vec{B}_2, \vec{B}_3, \vec{B}_4$ направлены перпендикулярно чертежу (от нас), то $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 + \vec{B}_4 = 4\vec{B}_1$.

Магнитная индукция \vec{B}_1 поля, создаваемого отрезком прямолинейного проводника с током, определяется формулой



$$\vec{B}_1 = \frac{\mu_0 I}{4\pi r_0} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2),$$

то, учитывая, что $\alpha_2 = \pi - \alpha_1$ и $\cos \alpha_2 = -\cos \alpha_1$,

$$\vec{B}_1 = \frac{2\mu_0 I}{4\pi r_0} \cos \alpha_1 \quad \text{или} \quad \vec{B} = 4 \frac{2\mu_0 I}{4\pi r_0} \cos \alpha_1 = \frac{2\mu_0 I}{\pi r_0} \cos \alpha_1.$$

Из рисунка 4 следует, что $r = a/2$, $\cos \alpha_1 = \frac{\sqrt{2}}{2}$, т.к. $\alpha_1 = \frac{\pi}{4}$.

Тогда $\vec{B} = \frac{2\sqrt{2}\mu_0 I}{\pi a}$.

Подставляя числовые значения, получим $B = 1,13$ мТл.

Ответ: $\vec{B} = 1,13$ мТл.

Задача № 2

Тонкая лента шириной l свернута в трубку радиусом R (см. рис.). По ленте течет равномерно распределенный по ее ширине ток I . Определить модуль вектора магнитной индукции в произвольной точке на оси трубки.

Дано:

l

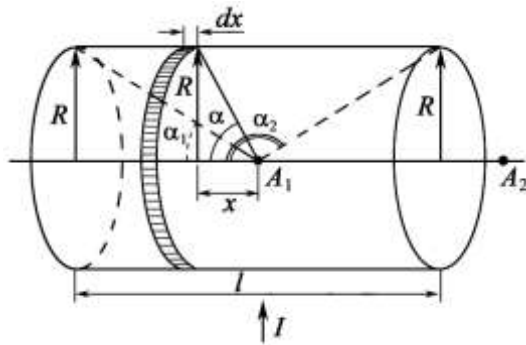
R

I

Найти: $B = ?$

Решение:

Проводник нельзя считать ни тонким, ни элементом тока, поэтому непосредственное применение закона Био – Савара – Лапласа запрещено. Трудно здесь использовать теорему о циркуляции, т.к. магнитное поле лишено симметрии. Для решения разделим трубку на столь узкие кольца, чтобы каждое из них можно было считать за тонкий круговой проводник. Рассмотрим одно такое узкое кольцо шириной dx , находящееся на расстоянии x от произвольной точки A_1 .



Элементарный ток этого узкого кольца $dl = \frac{dx}{l} I$ создает в точке A_1 элементарную магнитную индукцию $dB = \frac{\mu_0 I R^2 dx}{2l(R^2 + x^2)^{3/2}}$ (магнитное поле кругового тока).

Удобнее выбрать за переменную интегрирования угол α , под которым радиус каждого узкого кольца виден из точки A_1 . Т.к.

$$x = R \operatorname{ctg} \alpha, \quad dx = -\frac{R d\alpha}{\sin^2 \alpha}, \quad R^2 + x^2 = \frac{R^2}{\sin^2 \alpha},$$

то

$$dB = \frac{\mu_0 I \sin \alpha d\alpha}{2l}.$$

Отсюда после интегрирования получаем

$$B = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \frac{\mu_0 I \sin \alpha d\alpha}{2l} = \frac{\mu_0 I}{2l} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2). \quad (1)$$

Если ввести ток на единичную длину трубки

$$I_0 = I / l, \quad (2)$$

то (1) примет вид

$$B = \frac{\mu_0 I_0}{2} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2). \quad (3)$$

Формула (3) справедлива и для соленоида, если учесть соотношение

$$I_0 = n I_1,$$

где n – число витков на единичную длину соленоида; I_1 – сила тока в соленоиде. Итак, для конечного соленоида

$$B = \frac{\mu_0 n I_1}{2} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2). \quad (4)$$

Полученные формулы (1), (3) и (4) справедливы и для точки A_2 , находящейся на оси трубки вне ее. Заметим, что для точки A_1 угол α_2

всегда тупой, а для точки A_2 – всегда острый (исключая точки на торцах трубки). Полезно исследовать различные частные случаи: точка A_1 расположена в середине трубки, на ее концах и т.д., а также случай бесконечной трубки или соленоида ($l \rightarrow \infty$).

Ответ: $B = \frac{\mu_0 n I_1}{2} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$.

Задача № 3

Электрон влетает в однородное магнитное поле, индукция которого 2 мТл, со скоростью 7,6 Мм/с под углом 60° к вектору индукции. Определить радиус витка и шаг спирали, по которой будет двигаться электрон.

Дано:

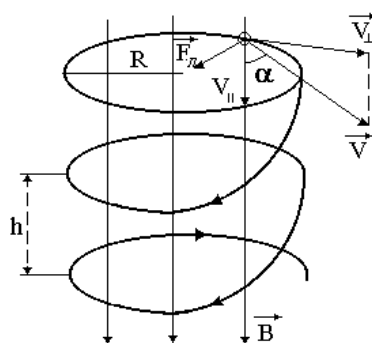
$B = 2$ мТл (СИ: $2 \cdot 10^{-3}$ м)

$V = 7,6$ Мм/с (СИ: $7,6 \cdot 10^6$ м/с)

$\alpha = 60^\circ$

Найти: $R = ?$

$h = ?$



Решение

Если скорость электрона направлена под углом α к вектору \vec{B} , то его движение можно представить как совокупность двух движений: равномерного прямолинейного движения вдоль вектора \vec{B} со скоростью $V_{\parallel} = V \cos \alpha$ и равномерного движения по окружности со скоростью $V_{\perp} = V \sin \alpha$. В результате сложения движений возникает движение по спирали. Сила Лоренца действует на электрон в плоскости, перпендику-



лярной \vec{B} , сообщая ему нормальное ускорение. Согласно закону Ньютона $eV_{\perp}B = \frac{mV_{\perp}^2}{R}$ или $eVB\sin\alpha = \frac{mV^2\sin^2\alpha}{R}$. Отсюда

$$R = \frac{mV\sin\alpha}{eB}. \quad (1)$$

Шаг спирали равен расстоянию h , на которое смещается электрон вдоль \vec{B} , за один оборот $h = V_{\parallel}T = VT\cos\alpha$. Т.к. $TV_{\perp} = 2\pi R$, то $T = \frac{2\pi R}{V\sin\alpha}$.

Тогда

$$h = \frac{2\pi RV\cos\alpha}{V\sin\alpha} = \frac{V2\pi m\cos\alpha}{eB}. \quad (2)$$

Подставив числовые значения в (1) и (2), получим $R = 18,7$ мм, $h = 6,79$ см.

Ответ: $R = 18,7$ мм; $h = 6,79$ см.

Задача 4

Квадратная проволочная рамка со стороной a и прямой проводник с током I лежат в одной плоскости. Вычислить магнитный поток Φ через поверхность рамки. $I = 6$ А, $a = 20$ см, $b = 40$ см.

Дано:

$$I = 6 \text{ А}$$

$$a = 20 \text{ см (СИ: } 20 \cdot 10^{-2} \text{ м)}$$

$$b = 40 \text{ см (СИ: } 40 \cdot 10^{-2} \text{ м)}$$

Найти: $R=?$

$h=?$

Решение

Магнитный поток Φ определяется по формуле $\Phi = \int B dS$, причем $B = B(x)$.

Выделим полоску шириной dx и длиной a . Поле B можно считать однородным по всей поверхности полоски $dS = a \cdot dx$.

Площадь полоски равна $dS = a \cdot dx$.

Магнитное поле проводника с током I равно $B = \frac{\mu_0}{2\pi x} I$, следовательно, $d\Phi = \frac{\mu_0}{2\pi x} I \cdot a dx \cdot \cos \theta$, т.к. $n \uparrow \uparrow B$.

$$\text{Интегрирование дает } \Phi = \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \int_{b-a}^b \frac{dx}{x} = \frac{\mu_0 I a}{2\pi} \ln \frac{b}{b-a}.$$

$$\text{Вычисляем } \Phi = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 6 \cdot 0,2}{2\pi} \ln 2 \cong 52 \cdot 10^{-8} \text{ Вб.}$$

Ответ: 0,52 мкВб.

Задача № 5

Квадратная проволочная рамка со стороной 5 см и сопротивлением 10 мОм находится в однородном магнитном поле с индукцией 40 мТл. Нормаль к плоскости рамки составляет угол 30° с линиями магнитной индукции. Найдите заряд q , который протечет по рамке при выключении магнитного поля.

Дано:

$$x = 5 \text{ см (СИ: } 5 \cdot 10^{-2} \text{ м)}$$

$$R = 10 \text{ мОм (СИ: } 10^{-2} \text{ Ом)}$$

$$B = 40 \text{ мТл (СИ: } 4 \cdot 10^{-2} \text{ Тл)}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

Найти: $q = ?$

Решение

При выключении магнитного поля происходит изменение магнитного потока. В рамке возникает ЭДС индукции

$$\varepsilon_i = - \frac{d\Phi}{dt}, \quad (1)$$

приводящая к появлению в рамке индукционного тока. Мгновенное значение этого тока можно определить из закона Ома:

$$I = \frac{\varepsilon_i}{R}. \quad (2)$$

Подставив (2) в (1), получим



$$IR = -\frac{d\Phi}{dt}. \quad (3)$$

Мгновенное значение силы индукционного тока

$$I = \frac{dq}{dt}. \quad (4)$$

Тогда выражение (3) примет вид

$$R \frac{dq}{dt} = -\frac{d\Phi}{dt} \quad \text{или} \quad dq = -\frac{d\Phi}{R}. \quad (5)$$

Проинтегрировав полученное выражение, найдем

$$q = \frac{\Phi_1 - \Phi_2}{R}. \quad (6)$$

При выключенном поле $\Phi_2 = 0$, поэтому формула (6) запишется как

$$q = \frac{\Phi_1}{R} \quad (7)$$

По определению магнитного потока $\Phi_1 = Bs \cdot \cos\alpha$, где $s = x^2$ – площадь рамки. Тогда

$$\Phi_1 = Bx^2 \cdot \cos\alpha. \quad (8)$$

Подставляя (8) в (7), получим

$$q = \frac{B \cdot x^2}{R} \cos\alpha = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 25 \cdot 10^{-4} \cdot \sqrt{3}}{10^{-2} \cdot 2} = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ (Кл)}.$$

Ответ: $8,5 \cdot 10^{-3}$ Кл.

Задача №6

В однородное магнитное поле с напряженностью 150 кА/м перпендикулярно линиям поля помещен плоский круговой проволочный контур. По контуру течет ток 2 А. Радиус контура 0,02 м. Найти работу, которую необходимо совершить для поворота контура на угол 90° вокруг оси, совпадающей с его диаметром.



Дано:

$$H = 150 \text{ кА/м (СИ: } 150 \cdot 10^3 \text{ А/м)}$$

$$I = 2 \text{ А}$$

$$R = 0,02 \text{ м}$$

$$\varphi_1 = 0$$

$$\varphi_2 = 90^\circ$$

Найти: $A = ?$

Решение

Работа по перемещению контура с током в однородном магнитном поле равна

$$A = I \cdot \Delta \Phi = I \cdot (\Phi_2 - \Phi_1),$$

где $\Phi_2 = B \cdot S \cdot \cos \varphi_2 = 0$; $\Phi_1 = B \cdot S \cdot \cos \varphi_1 = B \cdot S$.

Площадь контура $S = \pi R^2$. Окончательно получаем

$$A = I \cdot B \cdot \pi \cdot R^2 = I \cdot \mu_0 \cdot H \cdot \pi \cdot R^2 = 0,5 \text{ мДж.}$$

Ответ: 0,5 мДж.

Задача №7

Если сила тока, проходящего в некотором соленоиде, изменяется на 50 А в секунду, то на концах соленоида возникает среднее значение ЭДС самоиндукции $\varepsilon = 0,08 \text{ В}$. Найти индуктивность соленоида.

Дано:

$$\Delta I = 50 \text{ А}$$

$$\Delta t = 1 \text{ с}$$

$$\varepsilon = 0,08 \text{ В}$$

Найти: L

Решение:

Применим закон электромагнитной индукции:

$$\langle \varepsilon_i \rangle = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}.$$



Т.к. в условиях нашей задачи за любой промежуток времени $\Delta t = 1$ с ток изменяется на одну и ту же величину $\Delta I = 50$ А, то можно записать: $dI/dt \equiv \Delta I/\Delta t$. При расчете константы, которая зависит от материала и конфигурации соленоида знак можно опустить (знак имеет значение в задаче определения направлений тока и (или) силовых линий индукции).

$$L = \frac{\Delta t \langle \varepsilon_c \rangle}{\Delta I} \quad (1)$$

Размерность индуктивности L (Гн) как раз и определяется из соотношения (1): $[L] = \frac{с \cdot В}{А} = Гн$.

Найдем численное значение индуктивности:

$$L = 0,08/50 = 1,6 \cdot 10^{-1} Гн = 1,6 мГн.$$

Ответ: $L = 1,6$ мГн.

Задача №8

В колебательном контуре максимальная сила тока 0,2 А, максимальное напряжение на обкладках конденсатора 40 В. Найдите энергию колебательного контура, если период колебаний равен $15,7 \cdot 10^{-6}$ с.

Дано:

$$I_m = 0,2 \text{ А}$$

$$U_m = 40 \text{ В}$$

$$T = 15,7 \cdot 10^{-6} \text{ с}$$

Найти: $W = ?$

Решение

Энергия колебательного контура равна максимальной энергии магнитного поля или максимальной энергии электрического поля контура

$$W = \frac{L \cdot I_m^2}{2} = \frac{CU_m^2}{2},$$

отсюда

$$W = \frac{I_m U_m \sqrt{LC}}{2}.$$

Период колебаний в контуре

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \text{ и } \sqrt{LC} = \frac{T}{2\pi}.$$

Тогда



$$W = \frac{II_m U_m}{4\pi} = \frac{1,57 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2 \cdot 40}{4\pi} = 10^{-5} \text{ (Дж)}.$$

Ответ: $W = 10^{-5}$ Дж



5. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

После завершения изучения дисциплины студенты сдают экзамен.

К экзамену допускаются только те студенты, у которых зачтены индивидуальные задания и лабораторные работы.

Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме, приведен в разделе 5.2.

Образец билета для студентов, изучающих дисциплину с применением дистанционных технологий, приведен в разделе 5.3.

5.1. Вопросы для подготовки к экзамену

1. Электрический заряд и его свойства.
2. Закон Кулона. Напряженность электростатического поля. Поток силовых линий напряженности.
3. Поле диполя.
4. Теорема Гаусса и ее доказательство.
5. Применение теоремы Гаусса к расчету полей. Поле сферы и шара.
6. Применение теоремы Гаусса к расчету полей. Поле цилиндра и нити.
7. Применение теоремы Гаусса к расчету полей. Поле плоскости и конденсатора.
8. Теорема Гаусса в дифференциальной форме.
9. Работа в электрическом поле. Потенциал.
10. Признак потенциальности поля. Связь напряженности и потенциала.
11. Проводники в электрическом поле.
12. Ёмкость проводника. Ёмкость конденсаторов.
13. Диэлектрики в электрическом поле. Электронные диэлектрики.
14. Диполь в электрическом поле.
15. Полярные, сегнето- и пьезоэлектрики.
16. Конденсатор, заполненный диэлектриком.
17. Теорема Гаусса для диэлектриков.
18. Поле на границе раздела диэлектриков. Вектор электростатического смещения.
19. Потенциальная энергия системы зарядов. Энергия, связанная с полем.
20. Пондеромоторные силы.
21. Характеристики постоянного тока.
22. Закон Ома для участка цепи.
23. Закон Ома для полной цепи.



24. Закон Джоуля – Ленца.
25. Законы Кирхгофа.
26. Экспериментальное подтверждение электронной теории проводимости металлов. (Опыты Рикке, Милликена, Папалекси).
27. Закон Ома с точки зрения электронной теории.
28. Закон Джоуля – Ленца с точки зрения электронной теории.
29. Закон Видемана – Франца.
30. Недостатки электронной теории проводимости металлов.
31. Термоэлектронные явления. Термоэлектронная эмиссия. Зависимость тока насыщения от температуры накала катода.
32. Контактная разность потенциалов. Внешняя и внутренняя контактная разность потенциалов.
33. Законы Вольта. Термоэлектронные явления (эффект Зеебека, Пельтье, Томсона).
34. Ток в электролитах. Законы электролиза.
35. Ток в газах. Самостоятельный и несамостоятельный разряд.
36. Закон Био – Савара – Лапласа. Применение закона к расчету полей.
37. Поле кругового тока.
38. Поле соленоида.
39. Закон полного тока и его применение.
40. Сила Лоренца и ее применение.
41. Сила Ампера и ее применение. Работа силы Ампера.
42. Поток вектора магнитной индукции. Рамка с током в магнитном поле.
43. Магнитное поле движущегося заряда.
44. Электромагнитная индукция. Взаимная индукция. Самоиндукция. Индуктивность.
45. Ток замыкания.
46. Ток размыкания. Применение явления электромагнитной индукции.
47. Энергия магнитного поля.
48. Диамагнетики.
49. Пара- и ферромагнетики.
50. Магнитное поле в однородном магнетике. Связь \vec{B} и \vec{H} .
51. Магнитомеханические явления.
52. Уравнения Максвелла.
53. Колебательный контур.
54. Энергия гармонического осциллятора.
55. Затухающие колебания. Декремент затухания.



56. Сложение одинаково направленных колебаний с равными T .
57. Сложение одинаково направленных колебаний с близкими T .
58. Сложение одинаково направленных колебаний с кратными T .
59. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний с одинаковыми T .
60. Сложение взаимно перпендикулярных колебаний с кратными T .

5.2. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину по классической заочной форме

Билет содержит теоретические вопросы и задачи. Экзамен считается сданным, если выполнено более 55 % заданий из билета.

1. В центре сферы радиусом $R = 20$ см находится точечный заряд $q = 10$ нКл. Определите поток Φ вектора напряженности электрического поля через часть сферической поверхности площадью $S = 20$ см².

2. Электрон движется вдоль линии напряженности однородного электрического поля. В некоторой точке поля с потенциалом $\varphi_1 = 100$ В электрон имел скорости $v_1 = 6$ Мм/с. Определите потенциал φ_2 точки поля, в которой скорость v_2 электрона равна $0,5 v_1$.

3. Поместим диэлектрик во внешнее однородное электрическое поле напряженностью \vec{E}_0 . Поляризационные заряды создают в диэлектрике макроскопическое поле напряженностью \vec{E}_1 . Чему равно результирующее поле внутри диэлектрика с диэлектрической проницаемостью ε ?

- 1) $\vec{E}_0 + \vec{E}_1$
- 2) $\vec{E}_0 - \vec{E}_1$
- 3) $\varepsilon \vec{E}_1 - \vec{E}_0$
- 4) $\vec{E}_0 + \varepsilon \vec{E}_1$

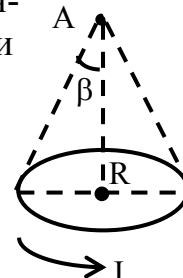
4. Как изменится сила тока короткого замыкания, если два одинаковых источника тока пересоединить из параллельного соединения в последовательное?

- 1) увеличится в 1,5 раза
- 2) увеличится в 2 раза
- 3) уменьшится в 2 раза
- 4) не изменится

5. Сопротивление проводника. Удельное сопротивление. От чего зависит сопротивление проводника? Какова связь между сопротивлением и проводимостью?

6. Что называют индукцией магнитного поля? Что такое линии магнитной индукции? Чем они отличаются от линий напряженности электрического поля? Принцип суперпозиции магнитных полей.

7. По проводнику в виде тонкого кольца радиусом $R = 10$ см течет ток. Чему равна сила тока I , если магнитная индукция B поля в точке A равна 1 мкТл ? Угол $\beta = 10^\circ$.



8. Среди приведенных утверждений, касающихся явления электромагнитной индукции, укажите правильные.

1) При любом изменении магнитного потока через катушку неизменной формы, замкнутую на гальванометр, последний регистрирует электрический ток во время изменения потока.

2) Если индукция вызывается перемещением, то важно лишь относительное перемещение – можно двигать либо источник поля, либо катушку.

3) Если ЭДС создается в замкнутом проводящем контуре с сопротивлением R , то в нем не возникает ток.

4) Для электромагнитной индукции не обязательно наличие проводника.

9. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 89 \cdot 10^{-11}$ Ф и катушки, индуктивность которой $L = 2$ мГн. На какую длину волны настроен контур? Сопротивлением контура пренебречь.

10. Как связаны между собой амплитуды векторов напряженностей электрического \vec{E} и магнитного \vec{H} полей в плоской электромагнитной волне, распространяющейся в нейтральной непроводящей среде?

1) $E_{\max} = H_{\max}$

2) $E_{\max} \sqrt{\epsilon\epsilon_0} = H_{\max} \sqrt{\mu\mu_0}$

3) $E_{\max} \sqrt{\epsilon\epsilon_0} = H_{\max}$

4) $E_{\max} / \sqrt{\epsilon\epsilon_0} = H_{\max} / \sqrt{\mu\mu_0}$



5.3. Образец экзаменационного билета для студентов, изучающих дисциплину дистанционно

В данном разделе приведены примеры вопросов из экзаменационного билета для студентов, сдающих экзамен в онлайн режиме (через Интернет на сайте ИДО). Экзаменационный билет включает в себя 20 заданий: задания на выбор единственного ответа (8); задания на выбор множественных ответов (4); задания на установление последовательности (4); задания на установление соответствия (2); задания для краткого ответа (2).

1. Задания на выбор единственного ответа

В однородном магнитном поле \vec{B} находится прямоугольная рамка с током I . В каком случае вращательный момент, действующий на рамку, будет максимальный?

- 1) плоскость рамки параллельна \vec{B}
- 2) плоскость рамки перпендикулярна \vec{B}
- 3) плоскость рамки расположена под углом 45° к \vec{B}

2. Задания на выбор множественных ответов

Укажите формулу(ы), по которой можно определить напряженность электростатического поля, созданного равномерно заряженной с поверхностной плотностью σ сферой радиуса R , находящейся в вакууме в точке внутри сферы на расстоянии r от центра сферы. Q – суммарный заряд сферы.

- | | |
|---|---|
| 1. $\oint_S (\vec{E} d\vec{S}) = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$ | 5. $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\sigma 4\pi R^2}{r^2}$ |
| 2. $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}$ | 6. $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^3} r$ |
| 3. $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ | 7. $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ |
| 4. $E = 0$ | 8. $E = \frac{\sigma R}{\epsilon_0 r}$ |

3. Задания на установление последовательности

Потенциал ϕ в какой-либо точке электростатического поля –



- | | |
|------------------------|----------------------------|
| 1) определяемая | 6) положительного |
| 2) это | 7) отрицательного |
| 3) физическая величина | 8) заряда |
| 4) помещенного | 9) в эту точку |
| 5) единичного | 10) потенциальной энергией |

4. Задания на установление соответствия

Установить соответствие между законами физики и их открывателями

- | | |
|-----------------------------|------------------|
| а) $j = \sigma E$ | 1) Ом |
| б) $\dot{Q} = jE$ | 2) Кирхгоф |
| в) $\sum I_i = 0$ | 3) Джоуль и Ленц |
| г) $F = IlB$ | 4) Био и Савар |
| д) $B = \mu_0 I / (2\pi R)$ | 5) Ампер |

5. Задания для краткого ответа

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 I в цепи.



6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Кузнецов С.И., Поздеева Э.В., Антропов Н.А. Физика. Часть 2. Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм. Электромагнитные колебания и волны: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2011. – 212 с.
2. Тюрин Ю.И., Чернов И.П., Крючков Ю.Ю. Физика. ч.2. Электричество и магнетизм: учебное пособие для технических университетов. – Томск: Изд-во ТГУ, 2003. – 738 с.
3. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. – М.: Высшая школа, 2002. – 718 с.
4. Матвеев А.И. Электричество и магнетизм: учебное пособие. – М.: Высш. школа, 1983. – 463 с.
5. Трофимова Т.И. Курс физики. – М.: Оникс 21 век, 2003. – 384 с.
6. Яворский Б.М., Пинский А.А. Основы физики, том 2. – М.: Наука, 1972. – 736 с.

Дополнительная литература

7. Трофимова Т.И. Справочник по физике для студентов и абитуриентов. – М.: АСТ: Астроль: Профиздат, 2005. – 400 с.
8. Фирганг Е.В. Руководство к решению задач по курсу общей физики: учебное пособие. 2-е изд., испр. – СПб: Лань, 2008. – 352 с.
9. Чертов А.Г., Воробьев А.А. Задачник по физике. – М.: Интеграл-Пресс, 1997. – 544 с.
10. Трофимова Т.И., Павлова З.Г. Сборник задач по курсу физики с решениями. – М.: Высшая школа, 2003. – 592 с.

Учебно-методические пособия

11. Мамонтов А.П., Поздеева Э.В., Ульянов В.Л. Физика. Электричество и магнетизм. Электромагнитные колебания и волны: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 1998. – 110 с.
12. Ботаки А.А., Ларионов В.В., Поздеева Э.В. Физика: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2007. – 120 с.
13. Ларионов В.В., Веретельник В.И., Тюрин Ю.И., Чернов И.П. Физический практикум. Часть 2. Электричество и магнетизм. Колебания и волны: учебное пособие. – Томск. Изд-во Том. ун-та, 2005. – 256 с.



14. Тюрин Ю.И., Ларионов В.В., Чернов И.П. Физика. Сборник задач (с решениями). Часть 2. Электричество и магнетизм: учебное пособие, – Томск: Изд-во Том. ун-та. 2004. – 448 с.

Internet-ресурсы

15. Методические указания для выполнения лабораторных работ. – Режим доступа <http://portal.tpu.ru/departments/kafedra/of/methodic/methodic1/lab2/Tab1>, свободный.

16. Виртуальный лабораторный комплекс по дисциплине «Физика 2». – Режим доступа <http://lms.tpu.ru/course/view.php?id=8343>, свободный.

17. СТО ТПУ 2.5.01–2006. Система образовательных стандартов. Работы выпускные, квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления / ТПУ [Электронный ресурс] – Томск, 2006. – Режим доступа <http://portal.tpu.ru/departments/head/methodic/standart>, свободный

18. Кузнецов С.И. Электростатика. Постоянный ток [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – Режим доступа <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2006/m3.pdf>, свободный.

19. Кузнецов С.И. Электромагнетизм [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – Режим доступа <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2006/m4.pdf>, свободный.



Учебное издание

ФИЗИКА 2

Методические указания и индивидуальные задания

Составители

**ЕРОФЕЕВА Галина Васильевна
МЕЛЬНИКОВА Тамара Николаевна
ПЕТРОВА Ольга Юрьевна
СМЕКАЛИНА Татьяна Владимировна**

Рецензент

*доктор физико-математических наук,
профессор кафедры ОФ ФТИ*

Ю.Ю.Крючков

Компьютерная верстка *М.Ю. Дорофеева*

Подписано к печати . Формат 60×84/16. Бумага «Снегурочка».

Печать Хероx. Усл.печ.л. 5,29. Уч.-изд.л. 4,79.


Заказ . Тираж экз.



Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Система менеджмента качества

Издательства Томского политехнического университета сертифицирована
NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008



ИЗДАТЕЛЬСТВО  **ТПУ**. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru