

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УДМУРТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт математики, информационных технологий и физики
Кафедра общей физики

С. Н. Костенков

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

СБОРНИК
задач по общей физике



Ижевск
2021

УДК 378.02:37.016
ББК 74.480.262.23-275
Э – 345

*Рекомендовано к изданию
Учебно-методическим советом УдГУ*

Рецензенты: кандидат физико-математических наук, доцент
Сергей Викторович Бузилов,
доктор физико-математических наук, профессор
Оксана Владиславовна Карбань
Составитель: кандидат физико-математических наук, доцент
Сергей Николаевич Костенков

Э – 345 **Электромагнетизм:** сборник задач по физике / сост. С. Н. Костенков. –
Ижевск: Издательский центр «Удмуртский университет», 2021. – 28 с.

Сборник задач предназначен для студентов направления подготовки бакалавров «Физика». Он включает в себя задачи, предлагаемые для решения на практических занятиях и дома самостоятельно, по дисциплине «Электричество и магнетизм», являющейся одним из разделов курса общей физики. Сборник задач может быть использован в рамках работы по другим дисциплинам близким по своему программному содержанию.

Пособие пригодится студентом направлений подготовки бакалавров «Прикладные математика и физика» при освоении курса общей физики.

УДК 378.02:37.016
ББК 74.480.262.23-275

© С. Н. Костенков, сост., 2021
© ФГБОУ ВО «Удмуртский
государственный университет», 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	4
Общие методические указания.....	4
§ 1. Электростатическое поле в вакууме.....	6
§ 2. Проводник в электростатическом поле.....	8
§ 3. Электрическое поле в диэлектрике.....	10
§ 4. Энергия электрического поля.....	12
§ 5. Магнитное поле в вакууме.....	15
§ 6. Магнитное поле в веществе.....	16
§ 7. Электромагнитная индукция.....	17
§ 8. Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля.....	19
§ 9. Электрические колебания. Переменный ток.....	20
§ 10. Варианты контрольных аудиторных работ.....	22

Предисловие.

Данное пособие подготовлено в соответствии с требованиями действующих федеральных образовательных стандартов высшего образования бакалавриата по направлению подготовки «Физика». При его составлении были использованы задачи различных сборников, но большая часть была позаимствована из книг А. М. Зайцева «Задачник практикум по общей физике. Механика» под редакцией-Н. В. Александрова, И. Е. Иродов «Задачи по общей физике». И поэтому для решения задач находящихся в данном пособии желательно использовать методические пособия под редакцией этих авторов.

Сборник задач включает в себя задачи, предлагаемые для решения на практических занятиях и для решения самостоятельно дома по дисциплине «Электричество и магнетизм». Содержание данного пособия структурировано по разделам курса общей физики «Электричество и магнетизм» и включает в себя основные темы программы этой дисциплины.

Общие методические указания.

Изучение общей физики студентами высших учебных заведений, складывается из трех основных элементов: **1)** работы с учебными пособиями (с литературой) содержащими программные вопросы курса физики; **2)** решения задач; **3)** выполнения лабораторных работ.

Без прочного и глубокого усвоения основных теоретических положений общей физики невозможно применение полученных знаний на практике при решении задач. Поэтому большой объем самостоятельной работы с учебниками и учебными пособиями является необходимым условием успешной подготовки студентов к зачету и экзаменам. Чтение только лекций, как правило, бывает недостаточно, поскольку в лекционном курсе начитывается идея вопроса. Рекомендуется студентам заниматься изучением курса физики систематически в течение всего учебного периода. Повторение в сжатые сроки перед семестровыми экзаменами, как показывает практика, не дает глубоких и прочных знаний. Чтение и заучивание любого учебника или учебного пособия, даже самого хорошего, без конспектирования, т.е. без записи главного из того, что Вы поняли, - занятие весьма утомительное и бесполезное.

Вы должны учиться размышлять, ибо только уровень Вашего мышления определяет способность применять Ваши знания к решению задач. Выбрав какое-либо учебное пособие в качестве основного, старайтесь придерживаться именно его, так как замена одного пособия другим в процессе изучения курса физики может привести к утрате логических связей между отдельными вопросами. Однако, если в выбранном учебнике Вы не найдете полного ответа на тот или иной вопрос программы, можете обратиться к другим учебным

пособиям. Самостоятельную работу по изучению курса физики подвергайте систематическому самоконтролю.

Опыт работы со студентами со всей очевидностью показал, что нет единого пути восприятия основ физики. Учитывая разные пути восприятия основ физики. Образное мышление, модельные представления, представления математическими символами, воображая физический закон в виде математических формул. Связывание физических законов с опытами, процессами, которые удалось наблюдать. Следует напомнить, что в конечном итоге студентам требуется понять и усвоить законы физики, а как Вы будете себе представлять их и как Вы будете в них ориентироваться - это дело Вашего вкуса.

Задачей преподавателей является предоставление студентам полной свободы выбора воспринять основы физики так, как любому из Вас проще, доступнее, всесторонне помогая в этом.

Нередко приходится сталкиваться с ситуацией, когда студент, неплохо ориентируется в теоретических вопросах курса физики, умеющие записать и объяснить физический смысл практически любой формулы или закона, становятся совершенно беспомощными при решении задач. И это не случайно. Для успешного решения задач знание теории необходимо, но еще не достаточно.

Решение физической задачи предполагает установление неизвестных связей между заданными и искомыми физическими величинами и определение последних. Установление же необходимых связей между величинами предполагает умение анализировать физическую ситуацию, изложенную в условии задачи.

В условии задачи всегда отражено какое-то физическое явление, и для ее решения необходимо не только знать теорию этого явления, но и уметь анализировать заданную в условии задачи физическую ситуацию, связанную с этим явлением.

Это умение приобретается на опыте в процессе решения задач. Помните, решение задач - это творческий процесс. Подходов к той или иной задаче значительно больше, чем самих задач.

Для того чтобы научиться решать задачи, следует придерживаться более или менее систематического порядка действий.

Предлагается такой порядок:

а) Внимательно прочитайте задачу и запишите условие, записать математически данные, проследить, чтобы все заданные величины были выражены в СИ или СГС системе.

б) Обдумайте условие задачи. Выясните, о каких физических процессах (явлениях) в ней идет речь, каким закономерностям эти процессы (явления) подчиняются. Наметьте примерный путь решения, определите табличные величины.

в) Сделайте чертеж, схему, рисунок с обозначением данных и искоемых величин, помните при этом, что любое построение - это не самоцель, а помощь в

решении задачи. Ошибка в построении неизбежно ведет к ошибке в решении задачи.

г) Используя математические записи физических законов, отвечающих содержанию конкретных задач, запишите уравнение или систему уравнений, содержащих явно искомую или искомые физические величины. Помните, что решение задач следует сопровождать кратким, но исчерпывающим пояснением.

д) Решите задачу в общем, виде, т.е. получите математическое выражение, рабочую формулу, в левой части которого находится искомая величина, а в правой - заданные в условии задачи и взятые из таблиц величины.

е) Произведите проверку размерности искомой величины. Если в результате получена верная размерность, то это, конечно, не гарантия верного решения, однако неверная размерность - прямое указание на допущенную ошибку.

ж) Подставьте в рабочую формулу числовые значения заданных и табличных величин, выраженные в СИ или СГС, и произведите вычисления, руководствуясь правилами приближенных вычислений.

з) Оцените правдоподобность числового ответа. В ряде случаев такая оценка поможет Вам обнаружить ошибочность полученного результата.

Умение решать задачи приобретается длительными и систематическими упражнениями.

§ 1. Электростатическое поле в вакууме.

Задача 1. Заряд q равномерно распределен по тонкому кольцу радиусом R . Найти напряженность электрического поля на оси кольца как функцию расстояния z от его центра.

Задача 2. Тонкая прямая нить длиной $2L$ заряжена равномерно зарядом q . Найти напряженность поля в точке, отстоящей на расстоянии x от центра нити и расположенной симметрично относительно ее концов.

Задача 3. Пусть в вакууме имеется система неподвижных точечных зарядов, находящихся в равновесии. Рассмотрим один из этих зарядов q . Может ли состояние его равновесия быть устойчивым?

Задача 4. Определить поле равномерно заряженной плоскости. Поверхностная плотность заряда равна σ .

Задача 5. Определить поле двух параллельных плоскостей, заряженных равномерно зарядами с плотностями σ и $-\sigma$.

Задача 6. Определить поле круглого бесконечного цилиндра, заряженного равномерно по поверхности. На единицу его длины приходится заряд τ .

Задача 7. Определить поле сферической поверхности, заряженной равномерно зарядом q .

Задача 8. Определить поле равномерно заряженного шара. Заряд q равномерно распределен по шару радиусом R .

Задача 9. Доказать, что линии электростатического поля не могут быть замкнутыми.

Задача 10. Возможна ли конфигурация электростатического поля, которая представляет собой параллельные горизонтальные линии с уменьшающейся плотностью вертикально вниз? Почему?

Задача 11. Найти напряженность поля, потенциал которого имеет вид: 1) $\varphi(x,y) = -axy$, a -постоянная, 2) $\varphi(\mathbf{r}) = -a\mathbf{r}$, a -постоянный вектор, \mathbf{r} -радиус-вектор интересующей нас точки поля.

Задача 12. Заряд q распределен по тонкому кольцу радиусом R . Найти работу сил поля при перемещении точечного заряда q_0 из центра кольца на бесконечность.

Задача 13. Очень тонкий диск равномерно заряжен с поверхностной плотностью σ . Найти напряженность электрического поля на оси этого диска в точке, из которой диск виден под телесным углом Ω .

Задача 14. Тонкое непроводящее кольцо радиусом R заряжено с линейной плотностью по закону $\tau = \tau_0 \cos \varphi$, где τ_0 – положительная величина, φ – азимутальный угол. Найти напряженность электрического поля в центре кольца.

Задача 15. Полубесканечная прямая равномерно заряженная нить имеет заряд τ , на единицу длины нити. Найти модуль и направление напряженности поля в точке, которая отстоит от нити на расстоянии y и находится на перпендикуляре к нити, проходящем через ее конец.

Задача 16. Напряженность электрического поля зависит только от координат x и y как $\mathbf{E} = a(x\mathbf{i} + y\mathbf{j})/(x^2 + y^2)$. Найти заряд внутри сферы радиусом R с центром в начале координат.

Задача 17. Система состоит из равномерно заряженной сферы радиусом R и окружающей среды, заполненной зарядом с объемной плотностью $\rho = a/r$, где a – положительная постоянная, r – расстояние от центра сферы. Найти за-

ряд сферы, при котором напряженность электрического поля вне сферы не будет зависеть от r . Чему равно E ?

Задача 18. Найти напряженность электрического поля в области пересечения двух шаров, равномерно заряженных разноименными по знаку зарядами с объемной плотностью ρ и $-\rho$, если расстояние между центрами шаров определяется вектором l .

Задача 19. Найти напряженность поля внутри сферы, по которой распределен заряд с поверхностной плотностью $\sigma = \sigma_0 \cos \varphi$, σ_0 – положительная постоянная, φ – полярный угол.

Задача 20. Потенциал некоторого поля имеет вид $\varphi = a(\mathbf{x}\mathbf{y} - z^2)$. Найти проекцию вектора напряженности на направление вектора $\mathbf{a} = \mathbf{i} + 3\mathbf{k}$ в точке $M(2, 1, -3)$.

Задача 21. Найти потенциал на краю тонкого диска, по одной стороне которого равномерного распределен заряд с поверхностной плотностью σ . Радиус диска R .

Задача 22. Потенциал поля внутри заряженного шара зависит только от расстояния r до его центра по закону $\varphi = ar^2 + b$, где a и b постоянные. Найти распределение объемного заряда внутри шара.

Задача 23. Найти силу взаимодействия двух точечных диполей с моментами \mathbf{p}_1 и \mathbf{p}_2 . Если векторы моментов направлены вдоль прямой, соединяющей диполи, и расстояние между последними равно l .

§ 2. Проводник в электростатическом поле.

Задача 24. Найти потенциал незаряженного проводящего шара, на расстоянии r от центра которого расположен точечный заряд q .

Задача 25. Найти выражение для электрической силы, действующей в вакууме на проводник в целом, полагая, что известна напряженность поля во всех точках у поверхности проводника.

Задача 26. Точечный заряд q находится внутри электрически нейтральной оболочки, наружной поверхностью которой является сфера. Найти потенциал в точке, находящейся вне оболочки на расстоянии r от центра наружной поверхности.

Задача 27. Показать, что поле внутри полости проводника отсутствует.

Задача 28. Точечный заряд q находится между двумя проводящими взаимно перпендикулярными полуплоскостями. Найти расположение точечных фиктивных зарядов, действие которых на заряд q будет эквивалентно действию всех индуцированных зарядов на данных полуплоскостях.

Задача 29. Найти емкость уединенного проводника, имеющего форму шара радиусом R .

Задача 30. Точечный заряд q находится на расстоянии r от центра O незаряженного сферического проводящего слоя, внутренний и наружный радиусы которого равны соответственно a и b . Найти потенциал в точке O , если $r < a$.

Задача 31. Система состоит из двух концентрических проводящих сфер, причем на внутренней сфере радиусом R_1 находится заряд q_1 . Какой заряд следует поместить на внешнюю сферу радиусом R_2 , чтобы потенциал внутренней сферы стал равен нулю? Как будет зависеть при этом потенциал от расстояния до центра системы? Изобразить примерный график этой зависимости.

Задача 32. Незаряженный металлический шар радиусом R поместили в однородное внешнее поле, в результате чего на поверхности шара появился индуцированный заряд с поверхностной плотностью $\sigma = \sigma_0 \cos \varphi$, где σ_0 – положительная постоянная, φ – полярный угол. Найти модуль результирующей электрической силы, которая действует на заряд одного знака.

Задача 33. Точечный заряд q находится на расстоянии l от безграничной проводящей плоскости. Определить поверхностную плотность зарядов, индуцированных на плоскости как функцию расстояния от основания перпендикуляра, опущенного из заряда q на плоскость.

Задача 34. Точечный заряд q находится на расстоянии l от безграничной проводящей плоскости. Найти работу, которую совершит электрическая сила, действующая на заряд q при его медленном удалении на очень большое расстояние от плоскости.

Задача 35. Тонкое проводящее кольцо радиусом R , имеющее заряд q , расположено параллельно проводящей безграничной плоскости на расстоянии l от нее. Найти поверхностную плотность заряда в точке плоскости, расположенной симметрично относительно кольца и потенциал электрического поля в центре кольца.

Задача 36. Два длинных прямых провода с одинаковыми сечениями расположены в воздухе параллельно друг другу. Расстояние между осями проводов в

n раз больше радиуса сечения каждого провода. Найти емкость проводов на единицу длины при условии, что $n \gg 1$.

Задача 37. Четыре одинаковые металлические пластины расположены в воздухе на одинаковом расстоянии h друг от друга, причем наружные пластины соединены между собой проводником. Площадь каждой пластины S . Найти емкость этой системы между точками **1** и **2**.

§ 3. Электрическое поле в диэлектрике.

Задача 38. Сторонний точечный заряд q находится в центре шара радиусом R из однородного изотропного диэлектрика проницаемостью ϵ . Найти напряженность поля как функцию расстояния от центра шара.

Задача 39. Пусть система состоит из точечного заряда q и произвольного куска однородного изотропного диэлектрика, как показано на рисунке. Объяснить, что произойдет с полем векторов \mathbf{E} и \mathbf{D} , а также с их потоками сквозь некоторую замкнутую поверхность S , если диэлектрик удалить.

Задача 40. Рассмотрим систему, в которой нет сторонних зарядов, но имеются только связанные заряды. Такой системой может быть, шар из электрета. Какой вид имеет поле \mathbf{E} и поле \mathbf{D} такой системы и почему?

Задача 41. Изобразить графически поля \mathbf{E} и \mathbf{D} у границы раздела двух однородных диэлектриков **1** и **2**, считая, что $\epsilon_2 > \epsilon_1$ и что стороннего заряда на этой поверхности нет.

Задача 42. Сторонний точечный заряд q находится в центре сферического слоя неоднородного изотропного диэлектрика, проницаемость которого изменяется только в радиальном направлении по закону $\epsilon = \alpha/r$, где α - постоянная, r - расстояние от центра системы. Найти объемную плотность зарядов как функцию r внутри слоя.

Задача 43. Бесконечно большая пластина из однородного диэлектрика с проницаемостью ϵ заряжена равномерно сторонним зарядом с объемной плотностью ρ . Толщина пластины $2a$. Найти: 1) модуль вектора \mathbf{E} и потенциал ϕ как функцию расстояния x от середины пластины; 2) изобразить примерные графики зависимостей; 3) поверхностную и объемную плотности связанного заряда.

Задача 44. Однородный диэлектрик имеет вид сферического слоя, внутренний и внешний радиусы которого a и b . Изобразить примерные графики напряженности и потенциала электрического поля как функцию расстояния от центра системы, если диэлектрику сообщили положительный сторонний за-

ряд, распределенный равномерно: 1) по внутренней поверхности слоя; 2) по объему слоя.

Задача 45. Сторонние заряды равномерно распределены с объемной плотностью ρ по шару радиусом R из однородного диэлектрика с проницаемостью ϵ . Найти: 1) модуль вектора \mathbf{E} как функцию расстояния r от центра шара, изобразить примерные функции $\mathbf{E}(r)$ и потенциала $\phi(r)$; 2) поверхностную и объемную плотность связанных зарядов.

Задача 46. Найти емкость шарового проводника радиусом R , окруженного примыкающим к нему слоем однородного диэлектрика с наружным радиусом b и проницаемостью ϵ . Изобразить примерные графики зависимостей поля $\mathbf{E}(r)$ и потенциала $\phi(r)$, если проводник заряжен положительно.

Задача 47. Сферический конденсатор с радиусами оболочек a и b , заполнен изотропным, но неоднородным диэлектриком, проницаемость которого зависит от расстояния r до центра системы как $\epsilon = \alpha/r$, где α – постоянная. Найти емкость такого конденсатора.

Задача 48. Имеется диэлектрический шар, который сохраняет состояние поляризации после выключения внешнего электрического поля. Если шар поляризован однородно, то напряженность поля внутри него равна $\mathbf{E}^* = -\mathbf{P}/3\epsilon_0$. Получить эту формулу, считая, что так поляризованный шар есть результат малого сдвига всех положительных зарядов диэлектрика относительно всех отрицательных зарядов.

Задача 49. Имеется диэлектрический шар, который сохраняет состояние поляризации после выключения внешнего электрического поля. Если шар поляризован однородно, то напряженность поля внутри него равна $\mathbf{E}^* = -\mathbf{P}/3\epsilon_0$. Воспользовавшись этой формулой, найти напряженность поля в сферической полости внутри однородного безграничного диэлектрика с проницаемостью ϵ , если вдали от полости напряженность в диэлектрике равна \mathbf{E} .

Задача 50. Вблизи точки A границы раздела диэлектрик – вакуум напряженность электрического поля в вакууме равна \mathbf{E}_0 , причем вектор \mathbf{E}_0 составляет угол α_0 с нормалью к поверхности раздела в данной точке. Проницаемость диэлектрика ϵ . Найти отношение \mathbf{E}/E_0 , где \mathbf{E} – напряженность поля внутри диэлектрика вблизи точки A .

Задача 51. Точечный заряд q находится на расстоянии l от плоской поверхности однородного диэлектрика, заполняющего все полупространство. Проницаемость диэлектрика ϵ . Найти: 1) поверхностную плотность связанных зарядов как функцию расстояния r от точечного заряда q , исследовать полу-

ченный результат; 2) суммарный связанный заряд на поверхности диэлектрика.

Задача 52. Точечный заряд q находится на плоскости, отделяющей вакуум от однородного безграничного диэлектрика с проницаемостью ϵ . Найти модуль векторов \mathbf{D} и \mathbf{E} во всем пространстве.

§ 4. Энергия электрического поля.

Задача 53. Четыре одинаковых точечных заряда q находятся в вершинах тетраэдра с ребром a . Найти энергию взаимодействия зарядов этой системы.

Задача 54. Точечный заряд q находится в центре шарового слоя из однородного диэлектрика с проницаемостью ϵ . Внутренний и наружный радиусы слоя равны соответственно a и b . Найти электрическую энергию, заключенную в данном диэлектрическом слое.

Задача 55. Найти работу, которую надо совершить против электрических сил, чтобы удалить диэлектрическую пластину из плоского заряженного конденсатора. Предполагается, что заряд q конденсатора остается неизменным и диэлектрик заполняет все пространство между обкладками. Емкость конденсатора без диэлектрика равна C .

Задача 56. Найти силу, действующую на одну из обкладок плоского конденсатора в жидком диэлектрике, если расстояние между обкладками h , емкость конденсатора в этих условиях C и на нем поддерживается напряжение U .

Задача 57. Точечный заряд q находится на расстоянии l от безграничной проводящей плоскости. Найти энергию взаимодействия этого заряда с зарядами, индуцированными на плоскости.

Задача 58. Система состоит из двух concentрических металлических оболочек радиусами R_1 и R_2 с соответствующими зарядами q_1 и q_2 . Найти собственную энергию каждой оболочки, энергию взаимодействия оболочек и полную электрическую энергию данной системы, если $R_1 > R_2$.

Задача 59. Два небольших металлических шарика радиусами R_1 и R_2 находятся в вакууме на расстоянии, значительно превышающем их размеры, и имеют некоторый определенный суммарный заряд. При каком отношении зарядов q_1 / q_2 на шариках электрическая энергия системы будет минимальной? Какова при этом разность потенциалов между шариками?

Задача 60. Заряд q распределен равномерно по объему шара радиусом R . Принимая диэлектрическую проницаемость во всем пространстве равной

единице. Найти собственную электрическую энергию шара и отношение энергии локализованной внутри шара, к энергии в окружающем пространстве.

Задача 61. Имеется сферическая оболочка, заряженная равномерно зарядом q . В центре ее расположен точечный заряд q_0 . Найти работу электрических сил этой системы при расширении оболочки – увеличении ее радиуса от R_1 до R_2 .

Задача 62. Точечный заряд q находится в центре проводящего слоя, внутренний и наружный радиусы которого равны соответственно a и b . Какую работу произведут электрические силы в данной системе, если заряд q переместить из его первоначального положения через малое отверстие на очень большое расстояние от сферического слоя?

Задача 63. Имеется плоский воздушный конденсатор, площадь каждой обкладки которого равна S . Какую работу против электрических сил надо совершить, чтобы увеличить расстояние между обкладками от x_1 до x_2 , если при этом поддерживается неизменным: 1) заряд конденсатора, равный q ; 2) напряжение на конденсаторе, равное U ? Чему равно приращение электрической энергии конденсатора в обоих случаях?

Задача 64. Плоский конденсатор опустили в горизонтальном положении в жидкий диэлектрик с проницаемостью ϵ , который заполнил зазор между пластинами. Ширина зазора h . Затем конденсатор подключили к постоянному напряжению. Найти силу, действующую на единицу поверхности пластины со стороны диэлектрика.

Задача 65. В цилиндрический конденсатор вводят цилиндрический слой однородного диэлектрика с проницаемостью ϵ , который заполняет практически все пространство между обкладками. Средний радиус обкладок R , зазор между ними d , причем $d \ll R$. Конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения U . Найти силу, втягивающую диэлектрик в конденсатор.

Задача 66. Конденсатор состоит из двух неподвижных пластин, имеющих форму полукруга радиусом R , и расположенной между ними подвижной пластины из диэлектрика с проницаемостью ϵ . Пластина может свободно вращаться вокруг оси проходящей через центр полукруга, ее толщина h , что практически равно расстоянию между неподвижными пластинами. Между пластинами конденсатора поддерживается постоянное напряжение U . Найти момент сил относительно оси, действующий на подвижную пластину в положении, показанном на рисунке.

Задача 67. Металлический шар радиусом R окружен тонкой concentрической металлической оболочкой радиусом b . Пространство между этими электродами заполнено однородной слабо проводящей средой с удельным сопротивлением ρ . Найти сопротивление межэлектродного промежутка

Задача 68. Два металлических шарика одинакового радиуса R находятся в однородной слабо проводящей среде с удельным сопротивлением ρ . Найти сопротивление среды между шариками при условии, что расстояние между шариками значительно больше их размеров.

Задача 69. Два проводника произвольной формы находятся в однородной безграничной слабо проводящей среде. С удельным сопротивлением ρ и диэлектрической проницаемостью ϵ . Найти значение произведения RC для данной системы, где R – сопротивление среды между проводниками, C – взаимная емкость проводников при наличии среды.

Задача 70. Проводник с удельным сопротивлением ρ граничит с диэлектриком, проницаемость которого ϵ . В некоторой точке u поверхности проводника электрическая индукция равна D , причем вектор D направлен от проводника и составляет угол α с нормалью к поверхности. Найти поверхностную плотность зарядов на проводнике и плотность тока вблизи данной точки.

Задача 71. Зазор между обкладками плоского конденсатора заполнен последовательно двумя диэлектриками слоями 1 и 2 толщиной l_1 и l_2 с проницаемостями ϵ_1 и ϵ_2 и удельными сопротивлениями ρ_1 и ρ_2 . Конденсатор находится под постоянным напряжением U , причем электрическое поле направлено от слоя 1 к слою 2 . Найти поверхностную плотность сторонних зарядов на границе раздела диэлектрических слоев.

Задача 72. Длинный проводник круглого сечения площадью S сделан из материала, удельное сопротивление которого зависит только от расстояния r до оси проводника как $\rho = \alpha/r^2$, где α – постоянная величина. По проводнику течет ток I . Найти: 1) напряженность поля в проводнике; 2) сопротивление единицы длины проводника.

Задача 73. В схеме известны э.д.с источников, сопротивления, а также емкость конденсатора. Внутренние сопротивления источников пренебрежимо малы. Найти заряд на обкладке 1 конденсатора.

Задача 74. Стеклянная пластина целиком заполняет зазор между обкладками плоского конденсатора, емкость которого при отсутствии пластины равна C_0 . Конденсатор подключен к источнику постоянного напряжения U . Найти механическую работу, которую необходимо совершить против электрических сил, чтобы извлечь пластину из конденсатора.

Задача 75. Цепь состоит из источника с постоянной по величине э.д.с. и последовательно подключенных к нему резистора сопротивлением R и конденсатора ёмкостью C . Внутреннее сопротивление источника пренебрежимо мало. В момент $t = 0$ ёмкость конденсатора быстро (скачком) уменьшили в n раз. Найти ток в цепи как функцию времени.

Задача 76. Конденсатору ёмкостью C сообщили заряд q_0 и затем в момент времени $t = 0$ его замкнули на сопротивление R . Найти зависимость от времени количества теплоты, выделившегося на сопротивлении.

§ 5. Магнитное поле в вакууме.

Задача 77. Ток течет по тонкому проводнику, изогнутому, как показано на рисунке. Найти магнитную индукцию в точке O . Известные данные указаны на рисунке.

Задача 78. Тонкий провод с изоляцией образует плоскую спираль из большого числа N плотно расположенных витков, по которым течет постоянный ток I . Радиусы внутреннего и внешнего витков равны a и b . Найти: 1) магнитную индукцию в центре спирали; 2) магнитный момент спирали при данном токе.

Задача 79. Ток I течет по длинному прямому проводнику, имеющему форму желоба с поперечным сечением в виде тонкого полукольца радиусом R . Найти магнитную индукцию на оси.

Задача 80. Внутри однородного длинного прямого провода круглого сечения имеется круглая цилиндрическая полость, ось которой параллельна оси провода и смещена относительно последней на расстояние l . По проводу течет постоянный ток плотности j . Найти магнитную индукцию внутри полости.

Задача 81. Намоткой длинного соленоида с радиусом сечения a служит тонкая лента-проводник шириной h , намотанная в один слой практически вплотную. Вдоль ленты течет постоянный ток I . Найти магнитное поле внутри и вне соленоида как функцию расстояния r от его оси.

Задача 82. Два длинных провода с пренебрежимо малым сопротивлением замкнуты с одного конца на сопротивление R , а с другого конца подключены к источнику постоянного напряжения. Радиус сечения каждого провода в $n = 20$ раз меньше расстояния между осями проводов. При каком значении сопротивления R результирующая сила взаимодействия проводов обратиться в нуль?

Задача 83. В поле длинного прямого провода с током I_0 находится контур с током I . Плоскость контура перпендикулярна прямому проводу. Найти момент сил Ампера, действующий на этот контур. Необходимые размеры системы указаны на рисунке.

Задача 84. Небольшая катушка с током, имеющая магнитный момент p_m , находится на оси кругового витка радиусом R , по которому течет ток I . Найти силу, действующую на катушку, если ее расстояние от центра витка равно l , а вектор магнитного момента ориентирован по оси кругового витка.

Задача 85. Вдоль длинного круглого тонкостенного цилиндра радиусом R течет ток I . Какое давление испытывают стенки цилиндра?

§ 6. Магнитное поле в веществе.

Задача 86. Вблизи точки границы раздела магнетик-вакуум магнитная индукция в вакууме равна B_0 , причем вектор B_0 составляет вектор α_0 с нормалью к границе раздела в данной точке. Магнитная проницаемость магнетика равна μ . Найти магнитную индукцию B в магнетике вблизи той же точки.

Задача 87. Длинный тонкий проводник с током I расположен перпендикулярно плоской границе раздела вакуум-магнетик. Проницаемость магнетика μ . Найти линейную плотность поверхностного тока намагничивания на этой границе раздела в зависимости от расстояния r до проводника.

Задача 88. Прямой длинный тонкий проводник с током I лежит в плоскости, отделяющей пространство, которое заполнено непроводящим магнетиком с проницаемостью μ , от вакуума. Найти магнитную индукцию во всем пространстве как функцию расстояния r от проводника. Иметь в виду, что линии вектора B являются окружностями с центром на оси проводника.

Задача 89. Постоянный ток I течет вдоль длинного однородного цилиндрического провода круглого сечения радиусом R . Материалом провода является парамагнетик с восприимчивостью χ . Найти: 1) зависимость поля B от расстояния r до оси провода; 2) плотность тока намагничивания внутри провода.

Задача 90. Длинный соленоид заполнен неоднородным изотропным парамагнетиком, восприимчивость которого зависит от расстояния r до оси соленоида как $\chi = \alpha r^2$, где α - постоянная. На оси соленоида магнитная индукция равна B_0 . Найти зависимость от расстояния r намагниченности и плотности тока намагничивания.

Задача 91. Постоянный магнит имеет вид кольца с узким зазором между полюсами. Средний диаметр кольца равен d . Ширина зазора b , магнитная ин-

дукция поля в зазоре **B**. Пренебрегая рассеянием поля на краях зазора, найти модули векторов **H** и **J** внутри вещества.

Задача 92. На железном сердечнике в виде тора со средним диаметром **d** имеется обмотка с общим числом витков **N**. В сердечнике сделана узкая поперечная прорезь шириной **b**. При токе **I** через обмотку, магнитная индукция в прорези равна **B**. Пренебрегая рассеянием поля на краях прорези, найти магнитную проницаемость железа в этих условиях.

Задача 93. В эксперименте измеряют с помощью весов силу, с которой небольшой парамагнитный шарик объемом **V** притягивается к полюсу магнита. Магнитная индукция на оси полюсного наконечника зависит от высоты **x** как $\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 \exp(-ax^2)$, где **B**₀ и **a** – постоянные. Найти: 1) на какой высоте надо поместить шарик, чтобы сила притяжения была максимальной; 2) магнитную восприимчивость парамагнетика, если максимальная сила притяжения равна **F**_м.

Задача 94. Длинный тонкий цилиндрический стержень из парамагнетика с магнитной проницаемостью χ и площадью поперечного сечения **S** расположен вдоль оси катушки с током. Один конец стержня находится в центре катушки, где магнитное поле равно **B**, а другой конец - в области, где магнитное поле практически отсутствует. С какой силой катушка действует на стержень?

Задача 95. Небольшой шарик объемом **V** из парамагнетика с магнитной восприимчивостью χ переместили вдоль оси катушки с током из точки, где магнитная индукция равна **B**, в область, где поле практически отсутствует. Какую при этом совершили работу против магнитных сил?

§ 7. Электромагнитная индукция.

Задача 96. Большая пластина из однородного диэлектрика с проницаемостью ϵ движется с постоянной нерелятивистской скоростью **v** в однородном магнитном поле **B**, причем $\mathbf{B} \perp \mathbf{v}$. Найти Поляризованность диэлектрика и поверхностную плотность связанных зарядов.

Задача 97. Нерелятивистская частица с удельным зарядом **q/m** движется в области, где созданы однородные взаимно перпендикулярные **E** и **B** поля. **B** момент **t** = **0** частица находилась в центре системы координат и имела нулевую скорость. Найти закон движения частицы, **x(t)** и **y(t)**.

Задача 98. Провод, имеющий форму параболы, находится в однородном магнитном поле **B**, перпендикулярном плоскости **XY**. Из вершины параболы перемещают поступательно и без начальной скорости перемычку с постоянным

ускорением \mathbf{a} . Найти э.д.с. индукции в образовавшемся контуре как функцию координаты y .

Задача 99. Замкнутый проводящий контур перемещают произвольным образом в постоянном неоднородном магнитном поле. Показать, что закон электромагнитной индукции будет выполняться и в этом случае.

Задача 100. Плоская спираль с большим числом N витков, плотно прилегающих друг к другу, находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости спирали. Наружный радиус витков спирали \mathbf{a} . Магнитное поле изменяется во времени по закону $\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 \sin \omega t$. Найти амплитудное значение э.д.с. индукции, наведенной в спирали.

Задача 101. Внутри длинного соленоида находится катушка из N витков с площадью поперечного сечения S . Катушку поворачивают с постоянной угловой скоростью ω вокруг оси, совпадающей с ее диаметром и перпендикулярной оси соленоида. При этом магнитное поле в соленоиде меняется во времени как $\mathbf{B} = \mathbf{B}_0 \sin \omega t$. Найти э.д.с. индукции в катушке, если в момент времени $t = 0$ ось катушки совпадала с осью соленоида.

Задача 102. Показать, что электроны в бетатроне будут двигаться по орбите постоянного радиуса при условии, что магнитное поле на орбите равно половине среднего по площади внутри орбиты значения магнитного поля.

Задача 103. Квадратная проволочная рамка со стороной \mathbf{a} и прямой длинный проводник с постоянным током \mathbf{I}_0 лежат в одной плоскости. Индуктивность рамки \mathbf{L} , ее сопротивление \mathbf{R} . Рамку повернули на 180 градусов вокруг оси проходящей через одну из сторон рамки параллельно проводу и остановили. Найти количество электричества, протекающее в рамке. Расстояние \mathbf{b} между осью и прямым проводником предполагается известным.

Задача 104. Перемычка массы \mathbf{m} скользит без трения по двум длинным проводящим рельсам, расположенным на расстоянии l друг от друга горизонтально. Система находится в однородном магнитном поле, перпендикулярном плоскости контура. Левые концы рельсов замкнуты через сопротивление \mathbf{R} . В момент $t = 0$ перемычке сообщили вправо начальную скорость \mathbf{v}_0 . Пренебрегая сопротивлением рельсов и перемычки, а также самоиндукцией контура, найти скорость перемычки в зависимости от времени t .

Задача 105. В схеме известны э.д.с. источника, его внутреннее сопротивление и индуктивности сверхпроводящих катушек. Найти установившиеся токи в катушках после замыкания ключа.

Задача 106. Коаксиальный кабель состоит из сплошного внутреннего проводника радиусом a и наружной проводящей тонкостенной трубки радиусом b . Найти индуктивность единицы длины кабеля, считая распределение тока по сечению внутреннего проводника равномерным. Магнитная проницаемость всюду равна единице.

Задача 107. Имеется тороидальная катушка и проходящий по ее оси симметрии длинный прямой провод. Сечение катушки прямоугольное, его внутренний радиус a , внешний b , а высота h . Число витков катушки N , магнитная проницаемость окружающей среды равна единице. Найти амплитуду э.д.с., индуцируемой в этой катушке, если по прямому проводу течет переменный ток $I = I_m \cos \omega t$.

Задача 108. Два соленоида одинаковой длины и практически одинакового сечения вставлены полностью один в другой. Индуктивность соленоидов L_1 и L_2 . Пренебрегая краевыми эффектами, найти их взаимную индуктивность по модулю.

Задача 109. В центре тонкой катушки радиусом a , содержащей N витков, находится небольшой цилиндрический магнит. Катушка подключена к баллистическому гальванометру. Сопротивление цепи R . После того как магнит быстро удалили из катушки, через гальванометр прошел заряд q . Найти магнитный момент магнита.

§ 8. Уравнения Максвелла. Энергия электромагнитного поля.

Задача 110. Точечный заряд q движется равномерно и прямолинейно с нерелятивистской скоростью v . Найти вектор плотности тока смещения в точке, находящейся на расстоянии r от заряда на прямой: 1) совпадающей с его траекторией; 2) перпендикулярной его траектории и проходящей через заряд.

Задача 111. Ток, текущий по длинному прямому соленоиду, радиус сечения которого R , меняют так, что магнитное поле внутри соленоида возрастает со временем по закону $\mathbf{B} = \beta t^2$, где β – постоянная. Найти плотность тока смещения как функцию расстояния от оси соленоида.

Задача 112. конденсатор образован двумя дисками, между которыми находится слабопроводящая однородная среда. Конденсатор зарядили и отключили от источника напряжения. Пренебрегая краевыми эффектами, показать, что магнитное поле внутри конденсатора отсутствует.

Задача 113. Пространство между обкладками плоского конденсатора, имеющими форму круглых дисков, заполнено однородной слабо проводящей сре-

дой с удельной проводимостью σ и диэлектрической проницаемостью ε . Пренебрегая краевыми эффектами, найти модуль вектора \mathbf{H} между обкладками на расстоянии \mathbf{r} от их оси, если напряженность электрического поля между обкладками меняется со временем по закону $\mathbf{E} = \mathbf{E}_m \cos \omega t$.

Задача 114. Точечный заряд \mathbf{q} движется в вакууме равномерно и прямолинейно с нерелятивистской скоростью \mathbf{v} . Воспользовавшись уравнением Максвелла для циркуляции вектора \mathbf{H} , получить выражение для \mathbf{H} в точке, положение которой относительно заряда характеризуется радиус-вектором \mathbf{r} .

Задача 115. Протоны, имеющие одинаковую скорость \mathbf{v} , образуют пучок круглого сечения с током \mathbf{I} . Найти направление и модуль вектора Пойнтинга вне пучка на расстоянии \mathbf{r} от его оси.

Задача 116. Ток, протекающий по обмотке длинного прямого соленоида, увеличивают. Показать, что скорость возрастания энергии магнитного поля в соленоиде равна потоку вектора Пойнтинга через его боковую поверхность.

Задача 117. Энергия от источника постоянного напряжения \mathbf{U} передается к потребителю по длинному коаксиальному кабелю с пренебрежимо малым сопротивлением. Ток в кабеле \mathbf{I} . Найти поток энергии через поперечное сечение кабеля. Внешняя проводящая оболочка кабеля тонкостенная.

Задача 118. Плоский воздушный конденсатор, пластины которого имеют форму дисков радиусом \mathbf{a} , подключили к переменному гармоническому напряжению частотой ω . Найти отношение максимальных значений магнитной и электрической энергии внутри конденсатора.

§ 9. Электрические колебания. Переменный ток.

Задача 119. В контуре, состоящем из конденсатора емкости \mathbf{C} и катушки с индуктивностью \mathbf{L} , происходят свободные незатухающие колебания с амплитудой напряжения на конденсаторе \mathbf{U}_m . Найти э.д.с. самоиндукции в катушке в момент, когда ее магнитная энергия оказывается равной электрической энергии конденсатора.

Задача 120. Колебательный контур состоит из катушки с индуктивностью \mathbf{L} и незаряженного конденсатора емкости \mathbf{C} . Активное сопротивление контура $\mathbf{R} = \mathbf{0}$. Катушка находится в постоянном магнитном поле так, что полный магнитный поток, пронизывающий все ее витки, равен Φ . В момент времени $\mathbf{t} = \mathbf{0}$ магнитное поле резко выключили. Найти ток в контуре как функцию времени \mathbf{t} .

Задача 121. Колебательный контур с малым затуханием имеет емкость C и индуктивность L . На поддержание в нем незатухающих гармонических колебаний с амплитудой напряжения на конденсаторе U_m необходимо подводить среднюю мощность P . Найти добротность контура.

Задача 122. В колебательном контуре имеется конденсатор емкости C , катушка с индуктивностью L , активное сопротивление R и ключ. При разомкнутом ключе конденсатор зарядили, а затем ключ замкнули. Найти отношение напряжения на конденсаторе к его амплитудному значению в начальный момент.

Задача 123. В колебательном контуре с емкостью C и индуктивностью L совершаются затухающие колебания, при которых ток меняется со временем по закону $I(t) = I_m \exp(-\beta t) \sin \omega t$. Найти напряжение на конденсаторе в зависимости от времени.

Задача 124. Катушка с индуктивностью L и активным сопротивлением R подключили в момент времени $t = 0$ к внешнему напряжению $U = U_m \cos \omega t$. Найти ток в цепи как функцию времени.

Задача 125. Участок цепи, состоящий из последовательно соединенных конденсатора и активного сопротивления R , подключили к внешнему переменному напряжению с амплитудой U_m . При этом амплитуда установившегося тока оказалась равной I_m . Найти разность фаз между током и внешним напряжением.

Задача 126. Цепь переменного тока, содержащая последовательно соединенные конденсатор и катушку с активным сопротивлением, подключена к внешнему переменному напряжению, частоту которого можно менять, не меняя его амплитуды. При частотах ω_1 и ω_2 амплитуды силы тока в цепи оказались одинаковыми. Найти резонансную частоту тока.

Задача 127. Найти время, за которое амплитуда колебаний тока в контуре с добротностью Q уменьшится в n раз, если частота затухающих колебаний равна ω .

Задача 128. Колебательный контур имеет емкость C , индуктивность L и активное сопротивление R . Найти, через сколько колебаний амплитуда тока в этом контуре уменьшится в e раз.

Задача 129. Вычислить энергию, проходящую за время dt через единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения волны.

Задача 130. Дан плоский конденсатор с круглыми обкладками радиусом R . Пренебрегая краевыми эффектами, найти поток электромагнитной энергии сквозь боковую поверхность конденсатора.

Задача 131. Вычислить энергию, проходящую за время dt через единичную площадку, перпендикулярную направлению распространения волны.

Задача 132. В неограниченной однородной проводящей среде находится металлический шар, которому сообщен положительный электрический заряд. Электрические токи, текущие в радиальных направлениях, должны возбуждать магнитное поле. Выяснить, куда направлен вектор магнитной индукции в произвольной точке.

§ 10. Варианты контрольных аудиторных работ.

Вариант 1.

Задача 1. По контуру в виде равностороннего треугольника идет ток 40 А. Сторона треугольника 30 см. Определить магнитную индукцию и напряженность магнитного поля в точке пересечения высот.

Задача 2. Катушка и амперметр соединены последовательно и присоединены к источнику тока. К зажимам катушки присоединен вольтметр сопротивлением 1 кОм. Показание амперметра 0.5 А, вольтметра 100 В. Определите сопротивление катушки.

Задача 3. Бесконечно длинная тонкостенная трубка радиуса R несет равномерно распределенный по поверхности заряд σ . Определить напряженность электростатического поля и разность потенциалов между точками, лежащими на расстояниях r_1 и r_2 от центра.

Задача 4. В магнитном поле, индукция которого 0.05 Тл, вращается стержень длиной 1 м с угловой скоростью 20 рад/с. Ось вращения проходит через конец стержня и параллельна магнитному полю. Найти э.д.с. индукции, возникающую на концах стержня.

Вариант 2.

Задача 1. По контуру в виде квадрата идет ток 50 А. Сторона квадрата 20 см. Чему равна магнитная индукция и напряженность магнитного поля в точке пересечения диагоналей.

Задача 2. Зашунтированный амперметр измеряет токи силой до 10 А. Какую наибольшую силу тока может измерить этот амперметр без шунта, если сопротивление амперметра 0.02 Ом и сопротивление шунта 5 мОм.

Задача 3. Бесконечно длинный цилиндр радиуса R , равномерно заряжен с объемной плотностью ρ . Определить напряженность электростатического поля и разность потенциалов между точками, лежащими на расстояниях r_1 и r_2 от центра.

Задача 4. Горизонтальный стержень длиной 1 м вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов. Ось вращения параллельна магнитному полю, индукция которого 50 мкТл. При какой частоте вращения стержня разность потенциалов на концах этого стержня 1 мВ.

Вариант 3.

Задача 1. По тонкому проводу, изогнутому в виде прямоугольника, течет ток 60 А. Стороны прямоугольника 30 см и 40 см. Какое значение имеет магнитная индукция и напряженность магнитного поля в точке пересечения диагоналей.

Задача 2. К элементу с э.д.с. 1.5 В присоединили катушку с сопротивлением 0.1 Ом. Амперметр показал силу тока, равную 0.5 А. Когда к элементу присоединили последовательно еще один элемент с такой же э.д.с., то сила тока в той же катушке оказалась 0.4 А. Определить внутреннее сопротивление первого и второго элементов.

Задача 3. Шар радиуса R , имеет заряд, равномерно распределенный с объемной плотностью ρ . Определить напряженность электростатического поля и разность потенциалов между точками, лежащими на расстояниях r_1 и r_2 от центра.

Задача 4. В однородном магнитном поле, индукция которого 0.8 Тл, равномерно вращается рамка с угловой скоростью 15 рад/с. Площадь рамки 150 см². Ось вращения находится в плоскости рамки и составляет 30° с направлением магнитного поля. Найти максимальную э.д.с. индукции во вращающейся рамке.

Вариант 4

Задача 1. Два точечных заряда по 1 нКл каждый находятся на некотором расстоянии друг от друга. Куда следует поместить точечный заряд q_0 , чтобы система находилась в равновесии? Чему равен заряд q_0 ?

Задача 2. Три отрицательных точечных заряда по $3 \cdot 10^{-7}$ Кл каждый расположены в вершинах равнобедренного прямоугольного треугольника. Определите напряженность и потенциал электрического поля в точке посередине гипотенузы длиной 10 см.

Задача 3. Найти напряженность и потенциал электрического поля, создаваемого прямолинейным бесконечным тонким проводником, заряженным с линейной плотностью $0,3 \text{ нКл/м}$ на расстоянии $0,2 \text{ м}$ от проводника.

Вариант 5

Задача 1. В вершинах правильного шестиугольника со стороной, $a = 10 \text{ см}$ расположены точечные заряды: $q, 2q, 3q, 4q, 5q, 6q$ ($q = 0,1 \text{ мкКл}$). Найти силу F взаимодействия 7-го точечного заряда q с остальными. Он находится в плоскости шестиугольника и равноудален от его вершин.

Задача 2. Найдите силу тока короткого замыкания аккумуляторной батареи, если при силе тока 5 А батарея отдает во внешнюю цепь мощность $9,5 \text{ Вт}$, а при силе тока 8 А – $14,4 \text{ Вт}$.

Задача 3. Определите индукцию магнитного поля в центре проволочной прямоугольной рамки со сторонами d и b , если по рамке течет ток J .

Задача 4. Плоская горизонтальная фигура площадью $0,1 \text{ м}^2$, ограниченная проводящим контуром с сопротивлением 5 Ом , находится в однородном магнитном поле. Пока проекция вектора магнитной индукции на вертикальную ось Z медленно и равномерно возрастает от $B_{1z} = -1,5 \text{ Тл}$ до некоторого конечного значения B_{2z} по контуру протекает заряд $0,08 \text{ Кл}$. Найдите B_{2z} .

Вариант 6

Задача 1. Три батареи с э.д.с. 12 В , 5 В , 10 В и одинаковыми внутренними сопротивлениями, равными 1 Ом , соединены между собой одноименными полюсами. Сопротивление соединительных проводов ничтожно мало. Какова сила токов, идущих через батареи?

Задача 2. По двум длинным прямолинейным проводам, находящимся на расстоянии 5 см друг от друга в воздухе, текут токи по 10 А в каждом. Определить индукцию магнитного 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.

Задача 3. В однородном магнитном поле с индукцией $0,4 \text{ Тл}$ в плоскости, перпендикулярной силовым линиям поля, вращается стержень длиной 10 см . Ось вращения проходит через один из концов стержня. Определить разность потенциалов на концах стержня при частоте его вращения 16 об/с .

Задача 4. На железном сердечнике в виде тора со средним диаметром d имеется обмотка с общим числом витков N . В сердечнике сделана узкая поперечная прорезь шириной b . При токе I через обмотку магнитная индукция в

прорези равна B . Пренебрегая рассеянием поля на краях прорези, найти магнитную проницаемость железа в этих условиях.

Вариант 7

Задача 1. При внешнем сопротивлении R_1 по цепи идет ток I_1 . При внешнем сопротивлении R_2 сила тока будет I_2 . Найти э.д.с. и внутреннее сопротивление источника тока.

Задача 2. Два источника тока, имеющие э.д.с. 2 В и 1.5 В и внутренние сопротивления, соответственно 0.3 Ом и 0.2 Ом включены параллельно в цепи с внешним сопротивлением 2 Ом. Определить ток во внешней цепи и в каждом из источников тока, а также напряжение на зажимах батареи.

Задача 3. По прямому бесконечно длинному проводнику течет ток 10 А. Определите магнитную индукцию в точке, расположенной на расстоянии 10 см от проводника.

Задача 4. В однородное магнитное поле с индукцией 0.3 Тл помещена прямоугольная рамка с подвижной стороной, длина которой 15 см. Определите ЭДС индукции, возникающей в рамке, если ее подвижная сторона перемещается перпендикулярно линиям магнитной индукции со скоростью 10 м/с.

Вариант 8

Задача 1. Два отрицательных точечных заряда $q_1 = -9$ нКл и $q_2 = -36$ нКл расположены на расстоянии $r = 3$ м друг от друга. Когда в некоторой точке поместили заряд q_0 , то все три заряда оказались в равновесии. Найдите заряд q_0 и расстояние между зарядами q_0 и q_1 .

Задача 2. В однородном электрическом поле с напряженностью $E = 1$ МВ/м, направленной под углом $\alpha = 30^\circ$ к вертикали, висит на нити шарик массы $m = 2$ г, несущий заряд $q = 10$ нКл. Найдите силу натяжения нити T .

Задача 3. Бесконечно длинная прямая трубка с внутренним радиусом R_1 и внешним радиусом R_2 заряжена с объемной плотностью заряда ρ . Как зависит напряженность электрического поля E от расстояния x до оси трубки? Изобразите схематически график зависимости $E(x)$.

Задача 4. Два шарика с одинаковыми зарядами q расположены на одной вертикали на расстоянии H друг от друга. Нижний шарик закреплен неподвижно, а верхний, имеющий массу m , получает начальную скорость v_0 , направленную вниз. На какое минимальное расстояние h приблизится верхний шарик к нижнему?

Задача 5. Площадь обкладок плоского конденсатора S , расстояние между ними d . Во сколько раз изменится емкость конденсатора, если между его обкладками поместить металлическую пластину толщины $d/3$ и площади S ?

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Учебное издание

С. Н. Костенков

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

СБОРНИК
задач по общей физике

Авторская редакция

Отпечатано с оригинал-макета заказчика

Подписано в печать 28.12.2020. Формат 60x84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. 1,6.

Тираж 10 экз. Заказ № 2006.

Типография Издательского центра
ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»
426034, Ижевск, ул. Университетская, 1, корп. 2.
Тел. 68-57-18