МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ СВЯЗИ И

МАССОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

Московский технический университет связи и информатики

Кафедра физики

Учебно-методическое пособие по дисциплине

**ФИЗИКА**

Часть 1

**Физические основы механики.**

**Электричество. Электромагнетизм.**

Для студентов – 1 курса

МОСКВА 2023

Учебно-методическое пособие по дисциплине

**ФИЗИКА**

Часть 1

**Физические основы механики.**

**Электричество. Электромагнетизм.**

Составители: С.Н. Вальковский

Л.В.Осичева

В.А.Оборотов

М.И.Тимошина

Рецензент: С.В.Латышев

Издание утверждено на заседании кафедры. Протокол № 5 от 03.09. 2021 г.

Отв. редактор В.А.Оборотов

ВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Физика», входит в базовую часть цикла общих математических и естественнонаучных дисциплин в государственных образовательных стандартах. Она служит для ознакомления студентов с современной физической картиной мира, для приобретения навыков экспериментального исследования физических явлений и процессов, для изучения теоретических методов анализа физических явлений, а также для обучения грамотному применению положений фундаментальной физики к научному анализу ситуаций, с которыми бакалавру придется сталкиваться при создании новых технологий. Кроме того, она способствует выработке у студентов основ естественнонаучного мировоззрения и ознакомления с историей развития физики и основных её открытий.

**Цели и задачи освоения дисциплины «Физика»**

Модернизация и развитие курса общей физики связаны с возрастающей ролью фундаментальных наук в подготовке бакалавра. Внедрение высоких технологий предполагает основательное знакомство как с классическими, так и с новейшими методами и результатами физических исследований. При этом бакалавр должен получить не только физические знания, но и навыки их дальнейшего пополнения, научиться пользоваться современной литературой, в том числе электронной.

**Цели изучения физики:**

1. Цель изучения физики - дать цельное представление о физических законах окружающего мира в их единстве и взаимосвязи, вооружить бакалавров необходимыми знаниями для решения научно-технических задач в теоретических и прикладных аспектах.

2.Наряду с освоением знаний о конкретных экспериментальных фактах, законах, теориях в настоящее время учебная дисциплина «Физика» приобрела исключительное гносеологическое значение. Именно эта дисциплина должна познакомить студентов с научными методами познания, научить их отличать гипотезу от теории, теорию от эксперимента.

3.Эта дисциплина должна провести демаркацию между научным и антинаучным подходом в изучении окружающего мира, научить строить физические модели происходящего и устанавливать связь между явлениями, привить понимание причинно-следственной связи между явлениями.

**Задачи освоения дисциплины:**

1. Создание базы для изучения общепрофессиональных и социальных дисциплин.

2. Умение применять положения фундаментальной физики при создании и реализации новых технологий в области инфокоммуникационных технологий и систем связи.

3. Создание фундамента для последующего обучения в магистратуре, аспирантуре.

4. Формирование у студентов подлинно научного мировоззрения.

В соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) к результатам освоения дисциплины «Физика» студент должен обладать следующими **компетенциями**:

**а) общекультурными (ОК):**

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

**б) общепрофессиональными (ОПК):**

способностью проводить инструментальные измерения, используемые в области информационных систем и технологий, а также в области автоматизации технологических процессов и производств(ОПК-6);

**в) профессиональными (ПК):**

способностью применять современные теоретические и экспериментальные методы исследования с целью создания новых перспективных средств электросвязи и информатики (ПК-14).

Данное пособие способствует формированию у студентов указанных выше компетенций.

В результате изучения дисциплины «Физика» студент должен:

**Знать:**основные физические явления; фундаментальные понятия,

законы и теории классической и современной физики;

**Уметь:**применять физические законы для решения конкретных задач;

**Владеть**:навыками использования основных приемов обработки экспериментальных данных.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Работа студента-заочника по изучению курса физики складывается из следующих видов работ: самостоятельного изучения физики по учеб­ным пособиям, работы в контакте с преподавателями кафедры физики, решения задач, выполнения контрольных и лабораторных работ, сдачи зачетов и экзаменов.

*Самостоятельное изучение курса физики по учебным пособиям*

Самостоятельная работа с учебными пособиями является главным видом работы студента-заочника. Здесь нужно иметь ввиду:

I. Изучать курс физики необходимо систематически в течение всего учебного процесса. Изучение физики в сжатые сроки перед экзаменом не даст глубоких и прочных знаний.

2. В качестве учебного пособия студенты могут исполь­зовать один из учебников, указанных в списке основной литературы. Кроме того, рекомендуется использовать конспекты лекций, имеющиеся по всем изучаемым разделам курса в Центре дистанционного обучения. В этих лекциях доступно и достаточно строго изложены все вопросы изучаемого курса физики.

3. При чтении учебного пособия желательно составлять конспект, в котором записывать законы и формулы, выражающие эти законы, определения физических величин и единицих измерения, делать чертежи и решать типовые задачи.

4. Самостоятельную работу по изучению курса физики рекомендуется подвергать систематическому самоконтролю. Для этого после изучения очередного раздела курса следует ответить на контрольные вопросы, предназначенные для подготовки к экзамену.

*Решение задач*

Систематическое решение задач - необходимое условие успешного изучения курса физики. Решение задач помогает уяснить смысл физи­ческих законов, закрепляет в памяти формулы, прививает навыки практического применения теоретических знаний. При решении задачи рекомендуется следующее:

I. После слова "дано" выписать все величины с их числовыми зна­чениями, которые будут использованы в процессе решения задачи. Числовые значения, исключая те случаи, когда определяются безраз­мерные отношения, тут же переводить в систему СИ, проставляя рядом соответствующие наименования. После слова "найти" выписать все искомые величины .

2. Указать те основные законы и формулы, на которых базируется решение данной задачи, и привести их словесную формулировку. Разъяс­нить смысл буквенных обозначений, входящих в исходную формулу. Если такая формула является частным случаем фундаментального зако­на, то ее необходимо вывести из этого закона.

3. Сделать чертеж или график, поясняющий содержание задачи (в тех случаях, когда это возможно). Выполнить его надо аккуратно, при помощи карандаша, циркуля, линейки, лекал. На чертеже или графике чернилами должны быть нане­сены обозначения всех буквенных величин, которые используются в расчетных формулах и могут быть пояснены чертежом.

4. Каждый этап решения задачи сопровождать краткими. но исчерпы­вающими пояснениями.

5. Физические задачи весьма разнообразны, и дать единый рецепт их решения невозможно. Однако, как правило, физические задачи следует решать в общем виде, т.е. выразить искомую величину в буквен­ных обозначениях величин, заданных в условии задачи, и взятых из таблицы. При этом способе не производятся вычисления промежуточных величин; числовые значения подставляются только в окончательную (рабочую) формулу, выражающую искомую величину. Рабочая формула должна быть записана в рационализованной форме, все величины, входящие в нее, выражены в единицах СИ.

6. Подставить в рабочую формулу наименования единиц (в которых выражены заданные числовые значения)и, путем упрощающих действий сними, убедиться в правильности наименования искомой величины.

7. Подставить в рабочую формулу числовые значения, выраженные в единицах одной системы, рекомендуется - в СИ. Несоблюдение этого правила приводит к неверному результату. Исключение из этого правила допускается лишь для тех однородных величин, которые вхо­дят в виде сомножителей в числитель и знаменатель формулы с одина­ковыми показателями степени. Такие величины можно выразить в любых единицах, но обязательно в одинаковых.

8. Произвести расчетные действия с величинами, подставленными в рабочую формулу, записать в ответе числовое значение и сокращен­ное наименование единиц измерения искомой величины.

9. При подстановке в рабочую формулу, а также при выражении ответа числовые значения величин записывать как произведение де­сятичной дроби с одной значащей цифрой перед запятой на десять в соответствующей степени. Например, вместо 3520 надо записать 3,52.103 вместо 0,00129 записать 1,29.10-3 и т.д. Рекомендуемая запись числовых значений облегчает расчетные действия с ними, яв­ляется более компактной и наглядной.

10. Оценить правдоподобность числового ответа. В ряде случаев такая оценка помогает своевременно обнаружить ошибочность получен­ного результата и устранить ее. Например, коэффициент полезного действия тепловой машины не может быть больше единицы, электричес­кий заряд не бывает меньше электронного заряда е = 1,6.10-19 Кл, скорость тела не может превзойти скорость света в вакууме с = 3.108 м/с и т.д.

**Чтобы приобрести необходимые навыки в решении задач и подгото­виться к выполнению контрольной работы, следует после изучения очередного раздела курса физики внимательно разобрать помещенные ниже примеры решения типовых задач.**

*Выполнение контрольных работ*

**Студенты в процессе изучения курса физики выполняют две кон­трольные работы по следующим разделам :**

**контрольная работа № I «Механика», «Электростатика, постоянный ток и электромагнетизм»;**

**контрольная работа № 2 «Колебания и волны»; «Элементы квантовой и статистической физики».**

При выполнении контрольных работ студенту необходимо руководст­воваться следующим:

I. Все контрольные работы выполняются только по условиям задач данного пособия. Замена какой-либо контрольной работы другой, взятой из аналогичного пособия, но другого года из­дания, не допускается.

2. Контрольные работы выполняются в обычной школьной тетради в клетку, на первой странице которой наклеивается специальный бланк, выдаваемый деканатом.

3. Контрольная работа выполняется чернилами темного цвета (черного или синего). Для замечаний преподавателя на страницах тетради оставляются поля. Каждая следующая задача должна начинать­ся с новой страницы. Условия задач переписываются полностью без сокращений. Задачи нумеруются теми же номерами, которые указаны в контрольном задании.

4. Решение задач выполняется в соответствии с правилами, изло­женными в разделе "Решение задач" (см. с. 5-6). В задачах, отме­ченных звездочкой, необходимо сделать поясняющий чертеж или график.

5. После получения из института прорецензированной работы сту­дент обязан выполнить все указания рецензента.

6. Если контрольная работа после рецензирования не зачтена, студент представляет ее на повторную рецензию, исправив решения тех задач, которые оказались выполненными неверно. При этом все исправления, дополнения, повторные решения задач, вытекающиеизтребований рецензента, выполняются в этой же тетради на свободных страницах. Нельзя делать исправления в том же месте, где допущены ошибки. Если исправления выполняются в отдельной тетради, то эта тетрадь обязательно представляется вместе с не зачтенной работой.

8. Если контрольная работа зачтена, но рецензентом указано на необходимость внести какие-либо дополнения, пояснения или исправ­ления в решения задач, то все они должны быть выполнены до экзамена (зачета).

9. При получении экзаменационного билета экзаменатору предъяв­ляется зачтенная работа. Студент должен быть готов дать вовремя экзамена пояснения по существу решения задач, входящих в его кон­трольную работу.

10. Срок действия зачтенных контрольных работ, по тематике ко­торых не сдан экзамен - два года.

*Выполнение лабораторных работ*

Лабораторные работы служат связующим звеном теории и практики. Они позволяют углублять и закреплять теоретические знания, проверять физические положения и законы экспериментальным путем, приобретать навыки в обращении с оборудованием, приборами и материалами, изу­чать на практике методы научных исследований, а также использовать компьютерные модели для анализа различных физических процессов.

Выполнение лабораторных работ является обязательным для всех студентов МТУСИ.

Каждый студент выполняет лабораторные работы в соответствии с индивидуальным графиком, сообщаемым ему преподавателем на первом занятии. Все выполняемые студентом лабораторные работы оформляются на двойном тетрадном листе.

Каждый студент обязан являться на очередное лабораторное заня­тие, имея заранее подготовленный конспект к той работе, которая будет им выполняться. Кроме того, он обязан быть подготов­ленным к предварительному собеседованию с преподавателем о цели и методике выполнения данной работы или к компьютерному тестированию.

Конспект к лабораторной работе составляется по сборнику описаний лабораторных работ. Он должен содержать краткое изложение теоретического введе­ния к ней, схематический чертеж лабораторной установки, расчетные формулы, поясняющие графики, таблицы, в которые будут заноситься результаты измерений и расчетов. Неподготовленные студенты к выполнению лабораторных работ не до­пускаются . После выполнения измерений, оформления результатов и защиты всех работ, предусмотренных графиком, студенты допускаются к сдаче экзамена или теоретического зачета.

Срок действия выполненных лабораторных работ - один год.

*Сдача зачетов и экзаменов*

К сдаче зачета или экзамена допускаются студенты, выполнившие установленное число контрольных и лабораторных работ. Контрольные работы, зачтенные рецензентом с подписью преподавателя, проверив­шего исправления, предъявляются экзаменатору.

При сдаче экзамена или зачета студент должен обнаружить знание курса физики в объеме, установленном программой, и умение решать физические задачи, а также готовность дать пояснения по существу решений задач, входящих в его контрольные работы.

**В соответствии с учебным планом студенты МТУСИ направления15.03.04. «Автоматизация технологических процессов и производств»сдают один зачет и один экзамен. Зачет в конце второго семестра первого курса сдается по разделам«Механика», «Электростатика, постоянный ток» и «Электромагнетизм». В конце первого семестра второго курса сдается экзамен по разделам «Колебания и волны», «Элементы квантовой и статистической физики».**

*Тестирование*

Зачет и экзамен в могут проводиться в виде тестирования в компьютерном классе.

***Обратите внимание направила ввода данных при ответах на тестовые задания***:

1. Все числа в ответах на вопросы в заданиях открытого типа (если иное не оговорено) представляются в стандартном виде и записываются с клавиатуры так: гдецелая часть, дробная часть числа Целая часть числа отделяется от дробной запятой. Например, записывается так: 3,1(-3). Если порядок числа равен нулю, то число записывается обычным образом без указания , например,
2. Запись формул по шаблону производится буквами латинского алфавита. При этом в шаблоне заполняется только та часть, которая представлена его элементами в описании. В тех случаях, когда шаблон составляет часть выражения, записывается все, что стоит в кавычках, например, , где , *b*. Ответ: -
3. Символ операции @, если он специально не определен в задании, может обозначать круглые скобки ( ), знаки сложения (+), вычитания (-), умножения (\*), в том числе скалярного, векторного произведения (#), деления ( / ), возведения в степень (^).
4. В некоторых заданиях без пояснения используются следующие обозначения: *m*–масса; *k*–коэффициент жесткости; *I*–момент инерции или сила тока; *r*–коэффициент силы (момента силы) сопротивления; *C*–емкость конденсатора; *L*–индуктивность катушки; *R*–сопротивление; Δ – логарифмический декремент; *Q* – добротность; *Т* – период; - коэффициент затухания; - круговая частота; -частота; - фаза; - длина волны; – электрическая и магнитная постоянные; - относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости; *E, H*–напряженности электрического и магнитного полей; *B, D*–магнитная индукция и электрическое смещение; *с* – скорость света в вакууме.

СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КУРСА

ВВЕДЕНИЕ

Предмет физики и ее связи со смежными науками. Общие методы исследования физических явлений. Развитие физики и техники и их взаимное влияние друг на друга. Успехи физики в течение последних десятилетий и характеристика ее современного состояния. Многооб­разие и значение практических применений физики.

I. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

Механика, ее разделы и основные этапы развития. Физическое содержание

механики.

*Классическая механика*

1**.Кинематика точки и твердого тела.** Меха­ническое движение. Системы отсчета и системы координат. Понятие материальной точки. Движение материальной точки. Перемещение и путь, скорость, ускорение, тангенциальная и нормальная составляю­щие ускорения. Угол поворота, угловое перемещение, угловая скорость, угловое ускорение. Связь между линейными и угловыми кинематическими характеристиками.

2**. Динамика точки**. Масса, импульс, сила. Сила гравитационного притяжения, сила тяжести, вес, сила упругости, сила трения скольжения, сила сопротивления, действующая на тело при его поступательном движении в газе или жидкости.

Законы Ньютона, их физическое содержание и взаимная связь. Основное уравнение динамики материальной точки. Понятие об инерциальных и неинерциальных системах отсчета. Сложение скоростей в классической механике. Механический принцип относительности. Преобразование координат Галилея. Границы применимости классичес­кой механики.

3. **Законы сохранения.** Импульс частицы. Импульс системы частиц.Закон сохранения импульса. Работа и мощность. Работа переменной силы. Кинетическая и потенциальная энергии. Закон сохранения энергии в механике. Консервативные и диссипативные системы. Применение законов сохранения импульса и энергии к упругому и неупругому ударам.

4**. Механика твердого тела.** Понятие абсолютно твердого тела. Поступательное и враща­тельное движение твердого тела. Применимость законов кинематики и динамики материальной точки к поступательному движению твердого тела. Центр инерции (массы) твердого тела. Вращение твердого тела вокруг неподвижной оси. Момент силы относительно точки и оси. Момент импульса. Момент инерции. Основ­ной закон динамики вращательного движения. Закон сохранения момента импульса для системы тел. Кинетическая энергия, работа и мощность при вращательном дви­жении.

.

6. **Элементы теории относительности.** Постулаты теории относительности. Преобразования Лоренца. Релятивистское изменение длин и промежутков времени. Релятивистс­кий закон сложения скоростей. Понятие о релятивистской механике. Закон изменения массы со скоростью. Взаимосвязь массы и энергии.

2. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

*А. Электростатика*

1. **Электрическое поле в вакууме.** Свойства электрического заряда. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Поле и вещество как две основные формы материи. Напряженность электрического поля. Силовые линии поля. Поток век­тора напряженности. Теорема Гаусса и ее применение к вычислению напряженности полей. Принцип суперпозиции полей. Работа сил поля при перемещении зарядов. Циркуляция вектора напряженности. Потен­циальный характер электростатического поля. Потенциальная энергия взаимодействия точечного заряда с электростатическим полем. Потен­циал электростатического поля. Эквипотенциальные поверхности. Градиент потенциала. Связь между напряженностью и потенциалом. Потенциал поля точечного заряда, системы точечных зарядов, заряженной сферы.

2. **Электрическое поле в диэлектриках.** Проводники и диэлектрики. Свободные и связанные заряды. Полярные и неполярные диэлектрики. Ориентационная и дефор­мационная поляризация диэлектриков. Вектор поляризации. Напряжен­ность поля в диэлектрике. Теорема Гаусса для поля в диэлектрике. Электрическое смещение. Диэлектрическая проницаемость и ее физи­ческий смысл. Электрическое поле на границе двух диэлектриков. Понятие о пьезоэлектрическом эффекте и сегнетоэлектриках.

3. **Проводники в электрическом поле.** Распределение зарядов в проводниках. Связь между напряженностью поля у поверхности проводника и поверхностной плотностью зарядов. Электроемкость проводников. Конденсаторы.

4. **Энергия электростатического поля.** Энергия системы неподвижных точечных зарядов, заряжен­ного проводника, электростатического поля. Объемная плотность энергии электростатического поля.

*Б. Постоянный ток*

1. **Законы постоянного тока.** Сила тока. Вектор плотности тока. Разность потенциалов, электродвижущая сила и напряжение. Законы Ома и Джоуля-Ленца. Дифференциальная форма законов Ома и Джоуля-Ленца. Закон Ома для полной цепи и для неод­нородного участка цепи. Законы Кирхгофа для разветвленных цепей.

2. **Электропроводность металлов.** Классическая теория электропроводности. Экспериментальные доказа­тельства электронной природы тока в металлах. Вывод законов Ома и Джоуля-Ленца из классической теории электропроводности. Зависи­мость сопротивления металлов от температуры. Сверхпроводимость. Трудности классической теории электропроводности.

*В. Электромагнетизм*

1. **Магнитное поле.** Магнитное взаимодействие токов. Закон Ампера. Вектор индукции магнитного поля. Сила Лорен­ца. Эффект Холла. Закон Био-Савара-Лапласа для элемента тока. Магнитное поле движущегося заряда. Применение закона Био-Савара-Лапласа для расчета магнитных полей прямолинейного и кругового токов. Магнитный момент кругового тока. 'Магнитный поток. Работа перемещения контура с током в магнитном поле.;

2. **Магнитные свойства веществ.** Магнитные моменты атомов. Атом в магнитном поле. Намагничивание вещества. Напряженность магнитного поля. Циркуляция напряженности магнитного поля. Закон полного тока. Вихревой характер магнитного поля. Поле соленоида. Магнитная восприимчивость и магнитная прони­цаемость. Деление вещества на диамагнетики, парамагнетики и ферро­магнетики. Зависимость намагничивания магнетиков от напряженности магнитного поля и температуры. Точка Кюри. Гистерезис.

3. **Электромагнитная индукция.** Воз­никновение индукционного тока. Электродвижущая сила индукции. За­коны Фарадея и Ленца. Вывод ЭДС индукции из закона сохранения энергии. Электронный механизм возникновения ЭДС индукции. Самоин­дукция и взаимоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля. Объемная плотность энергии магнитного поля. Вихревые токи.

4. **Уравнения Максвелла.** Токи смещения. Уравнения Максвелла в интегральной форме,их связь с эксперимен­тально установленными законами электричества и магнетизма. Мате­риальность электромагнитного поля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Основная

1. Савельев И.В., Курс физики: учебное пособие для вузов: в 3 томах-7-е изд., стер., - Санкт-Петербург:Лань,2021. Том 1,2,3.

2. Г.А. Зисман, О.М. Тодес. Курс общей физики: учебное пособие для вузов: в 3 томах-9-е изд., стер., - Санкт-Петербург:Лань,2021. Том 1.

Дополнительная

1. Коренчук А.Ф., Физика (ч.1 Введение в основы механики) конспект лекций, М., Информсвязьиздат, 1999.

1. Жилинский А.П., Тимошина М.И., Оборотов В.А. Электромагнетизм (Элементы классической электродинамики): учебное пособие для вузов.-ЭБ МТУСИ, 2019
2. Жилинский А.П., Файзулаев В.Н., Оборотов В.Н. Электростатика: учебное пособие для вузов. - ЭБ МТУСИ, 2019.

# ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ

# ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

П р и м е р 1.Уравнение движения материальной точки вдоль оси X в системе СИ имеет вид:



Определить значения скорости  и ускорения аtв моменты времени  и , а также среднюю скорость и среднее ускорение в первые пять секунд движения.

Дано: ; 

Найти:; ;  и .

Р е ш е н и е .Скорость является первой производной от координаты по времени

.

Скорость в моменты времени  и равна и 

Ускорение является первой производной от скорости по времени. (Здесь идёт речь лишь о тангенциальном ускорении, так как движение прямолинейно  и а(t*)*.

.

Ускорение в моменты времени и равно  и .

Средняя скорость может быть определена по формуле



Значения  и  для моментов времени  и :



Средняя скорость в первые пять секунд движения равна



Среднее ускорение за первые пять секунд движения равно

.

П р и м е р 2. С вышки высотой  брошен камень (в условиях задачи принять камень за материальную точку) вверх под углом к горизонтальной плоскости со скоростью .

1. Составить уравнение движения материальной точки с числовыми коэффициентами.
2. Определить, на каком расстоянии  от подножья вышки камень упадёт на землю.

3. Определить для момента времени :

3.1 Скорость ;

3.2. Тангенциальную и нормальную  составляющие ускорения ;

* 1. Радиус кривизны траектории . Сопротивлением воздуха пренебречь.

Дано:; ; ; .

Найти:; ; ;; ; ; .

Р е ш е н и е. 1. Для составления уравнений движения материальной точки выберем систему отсчета - прямоугольную систему координат XY (рис 1), начало отсчета которой поместим у подножья вышки; ось X направим горизонтально в сторону броска, а ось Y – вертикально вверх. Разложим сложное движение материальной точки на более простые вдоль выбранных осей X и Y : вдоль оси Х материальная точка имеет начальную скорость ; ускорение вдоль оси X отсутствует, так как единственная сила, сообщающая ускорение - сила притяжения Земли, направлена вдоль оси Y, и проекция её на ось X равна нулю; таким образом, движение вдоль оси X –равномерное с постоянной скоростью . Следовательно, движение вдоль оси описывается уравнением

Рис.1

Y

X

0

V0Y

V0X

**V0**

H

α

**V**

x(t) = 12tcos 30˚ = 10,4 t м . (1)

Вдоль оси Y материальная точка имеет начальную скорость . Действующая вдоль этой оси сила притяжения Земли сообщает ускорение , таким образом, движение вдоль оси Y является равнопеременным, и координата движущейся вдоль оси Y точки определяется уравнением

(2)

Найденные уравнения движения  и  позволяют без особых затруднений решить остальные вопросы задачи.

2. В момент падения камня на землю координаты точки: - искомое расстояние от подножья вышки до места падения, и y=0. Подставляя эти значения в уравнения (1) и (2) , получим:

(1/)

(2/)

Выразим из уравнения (1/) , подставим это значение в уравнение (2/):

.

Подставляя данные значения ,,,получим



или









Второе решение в условиях данной задачи не имеет смысла.

1. Для момента времени определяем:
   1. Скорость в момент найдем уравнения составляющих скорости:





После подстановки числовых значений и вычислений получим значения составляющих для момента :



и



Величина же скорости (полной) в этот момент равна



3.2. Тангенциальная  (касательная) составляющая ускорения определяется по величине (рис. 2) как проекция полного ускорения на направление скорости (касательной к траектории движения):



Рис. 2

**VX**

**VY**

**V**

a**τ**

an

**g**

β

Аналогично определяется и величина нормальной  составляющей ускорения:



3.3. Значение радиуса кривизны траектории движения в данный момент  находится по значению нормальной составляющей ускорения:



П р и м е р 3. При торможении частота вращения маховика изменилась от  до 

Определить угловое ускорение  маховика и продолжительность  торможения, если за время равнозамедленного движения маховик сделал  оборотов.

Дано: ; ; .

Найти:; .

Р е ш е н и е .Угловое ускорение маховика связано с начальной и конечной угловыми скоростями и углом поворота  соотношением

,

откуда



Так как , то

(1)

Подставляя числовые значения в выражение (1), получим

.

Угловое ускорение получилось отрицательным, так как маховик вращается замедленно.

Для определения продолжительности торможения используем формулу, связывающую угол поворота  со средней угловой скоростью вращения маховика и временем *t*:

или

откуда

. (2)

Подставляя числовые значения в формулу (2), получим

.

П р и м е р 4. На платформе массой и длиной ,стоящей на рельсах, находится человек массой . Вначале платформа и человек неподвижны. Человек переходит с одного края платформы на другой (вдоль направления рельс). Определить, на какое расстояние сдвинется платформа. Силы сопротивления движению платформы не учитывать:

Дано:; ; ; .

Найти:

Р е ш е н и е .Система человек-платформа не является замкнутой, но в направлении вдоль рельс действует лишь сила трения, величиной которой, согласно условию задачи, можно пренебречь. Поэтому вдоль указанного направления может быть применен закон сохранения составляющей импульса в направлении рельс.

Первоначально человек и платформа неподвижны и их импульс (суммарный) равен нулю. Когда человек будет перемещаться вдоль платформы, будет перемещаться и платформа, но составляющая суммарного импульса вдоль рельс будет оставаться неизменной, равной нулю:

(1)

Закон сохранения импульса может быть применен лишь к инерциальной системе отсчета. Такой системой выберем Землю (или рельсы). Следовательно, здесь VЧ-Зи ПЛ-З – скорости человека и платформы относительно Земли.

Умножив на , и проинтегрировав по всему времени перемещения, получим:



Так как  и ,

где и – перемещения соответственно человека и платформы относительно Земли, то

(2)

В условии задачи указана длина платформы ; человек переместился вдоль платформы на эту величину . Применяя следствие из преобразования координат Галилея, получим

(3)

Подставив в уравнение (2), получим



Откуда





Знак минус показывает, что перемещение платформы направлено в сторону, противоположную перемещению человека.

П р и м е р 5. Два тела движутся вдоль одной прямой. Первое тело массой движется со скоростью , а второе - массой имеет скорость . Рассматривая тела как замкнутую систему, определить, какие скорости будут иметь тела после столкновения, если: 1)они движутся друг другу навстречу; 2) первое тело догоняет второе.

Решить задачу для двух случаев: а) тела абсолютно упругие и б) тела абсолютно неупругие. При абсолютно неупругом столкновении рассчитать потери энергии при соударении тел.

Дано:;;;.

Найти:; ; .

Р е ш е н и е .

А. Тела абсолютно упругие.

В случае абсолютно упругого соударения, тела при столкновении упруго деформируется. Кинетическая энергия их переходит в потенциальную энергию упруго деформированных тел. Затем эта потенциальная энергия полностью переходит в кинетическую, так как при абсолютно упругих деформациях остаточной деформации не наблюдается. Таким образом, сумма кинетических энергий тел до соударения и после него остаётся неизменной

,(1)

Где и  - массы тел;

и - скорости тел до соударения;

и - скорости тел после соударения.

Согласно закону сохранения импульса в замкнутой системе

.(2)

Так как движение происходит по одной прямой, то можно перейти от векторного уравнения (2) к алгебраическому:

.(2/)

Решая систему двух уравнений (1) и (2/) относительно  и  получим

,

.

Условимся считать направление движения первого тела положительным.

1. Если тела движутся навстречу друг другу, то  и . Тогда





## При столкновении тела меняют направления скоростей на обратные.

2. Если первое тело догоняет второе, т.е оба тела движутся в одну сторону, то  и и

,



В данном случае после столкновения направление движения тел не меняется.

Б. Тела абсолютно неупругие.

При абсолютно неупругом столкновении нет упругих сил, которые заставили бы столкнувшиеся тела отталкиваться друг от друга. Поэтому после столкновения они будут двигаться вместе с одной скоростью . Из закона сохранения импульса следует

(3)

Так как движение происходит по одной прямой, то можно перейти от векторного уравнения к алгебраическому:

.(3/)

откуда



Условимся считать направление движения первого тела положительным.

Если тела движутся навстречу друг другу, т.е. в противоположные стороны, то  и , следовательно



После столкновения тела движутся в ту же сторону, в которую двигалось второе тело, так как числовое значение его импульса было больше, чем у первого тела.

2.Если первое тело догоняет второе, т.е тела движутся в одну сторону, то  и  , следовательно



Направление движения тел остается неизменным.

3.При неупругом столкновении часть энергии переходит во внутреннюю, поэтому кинетическая энергия тел после соударения стала меньше на величину

,

где 

Итак,

(4)

Подставляя числовые значения в формулу (4) в первом случае получим



Во втором случае будем иметь

П р и м е р 6. Через блок в виде сплошного диска, имеющего массу  (рис.3) перекинута тонкая гибкая нить, к концам которой подвешены грузы массами m1=100*г* и m2=200*г.* С каким ускорением будут двигаться грузы, если их предоставить самим себе? Трением и массой нити пренебречь.



Рис. 3

O

r

m1**g**

m2**g**

Дано:;; .

**T**2׳

**T**1׳

Найти:.

Р е ш е н и е .Воспользуемся основными уравнениями динамики поступательного и вращательного движений. Для этого рассмотрим силы, действующие на каждый груз в отдельности и на блок. На первый груз действует две силы: сила тяжести ; и сила упругости (сила натяжения нити).Спроектируем эти силы на ось X, которую направим вертикально вниз, напишем уравнение движения (второй закон Ньютона) в координатной форме:

**T**2

**T**1

X

(1)

Уравнение движения для второго груза запишется аналогично

(2)

Под действием двух моментов сил  и относительно оси О, перпендикулярной плоскости чертежа, блок приобретает угловое ускорение . Согласно основному уравнению динамики вращательного движения

(3)

Где - момент инерции блока (сплошного диска) относительно оси О.

Сила согласно третьему закону Ньютона по абсолютной величине равна силе . Соответственно сила  по абсолютной величине равна силе . Воспользовавшись этим, подставим в уравнение (3) вместо  и , выражения для и , получив их предварительно из уравнений (1)и (2):



После сокращения на и перегруппировки членов найдём искомое ускорение

.(4)

Отношение масс в правой части формулы (4) есть величина безразмерная. Поэтому числовые значения масс ,  и  можно выразить в граммах, как они даны в условии задачи. Числовые значения ускорения  надо взять в единицах СИ. После подстановки получим



П р и м е р 7. Маховик в виде сплошного диска радиусом  и массой раскручен до частоты вращения и предоставлен самому себе. Под действием сил трения маховик остановился через . Найти момент  сил трения.

Дано:; ; ; ; .

Найти:.

Р е ш е н и е .Для решения задачи воспользуемся основным уравнением динамики вращательного движения в виде

(1)

где – изменение момента импульса маховика, вращающегося относительно оси Z, совпадающей с геометрической осью маховика, за интервал времени  ;

-момент внешних сил (в нашем случае момент сил трения), действующих на маховик относительно той же оси.

Момент сил трения можно считать не изменяющимся с течением времени (), поэтому интегрирование уравнения (1) приводит к выражению

(2)

При вращении твердого тела относительно неподвижной оси изменение момента импульса

(3)

где – изменение угловой скорости маховика;

– момент инерции маховика относительно оси Z.

Приравняв правые части равенства (2) и (3), получим



Откуда

(4)

Момент инерции маховика в виде сплошного диска определяется по формуле



Изменение угловой скорости  выразим через конечную  и  начальную n1 частоты вращения, пользуясь соотношением 



Подставив в формулу (4) найденные выражения и , получим

.(5)

Выполним проверку размерности результата:



Подставляя числовые значения в формулу (5), получим:



Знак минус показывает, что силы трения оказывают на маховик тормозящее действие.

П р и м е р 8. Горизонтальная платформа в виде диска массой и радиусом вращается с частотой около вертикальной оси без трения.

На краю платформы стоит человек, масса которого . С какой частотой будет вращаться платформа, если человек перейдёт в точку платформы, находящуюся на расстоянии от центра платформы? Момент инерции человека рассчитать как для материальной точки. Какую работу совершит человек при этом переходе?

Дано:; ; ; ; ; .

Найти:; .

Р е ш е н и е .Так как силы тяжести платформы и человека параллельны вертикальной оси, то момент внешних сил относительно этой оси вращения Z, совпадающей с геометрической осью платформы, равен нулю.

При этом условии момент импульса системы платформа-человек остаётся постоянным

(1)

где – момент инерции платформы с человеком относительно оси Z,

–угловая скорость платформы.

Момент инерции системы равен сумме моментов инерции тел, входящих в состав системы, поэтому , где  - момент инерции платформы; - момент инерции человека.

С учетом этого равенство (1) примет вид



или

(2)

Здесь нештрихованные значения величин относятся к начальному состоянию, штрихованные - к конечному состоянию.

Момент инерции платформы (сплошного диска) относительно оси Z при переходе человека не изменяется:



Момент инерции человека относительно той же оси будет изменяться. Если рассчитывать момент инерции человека как для материальной точки, то

а

Подставим в формулу (2) найденные выражения моментов инерции, а также выразим угловые скорости через частоту вращения и  :



откуда

(3)

После подстановки числовых значений получим



Работу, совершаемую человеком при переходе, найдем как изменение кинетической энергии системы платформа–человек:



(4)

Из формулы (4) видно, что наименование результата получится в , т.е. в джоулях.

Подставляя числовые значения в (4), получим



П р и м е р 9. Сколько времени  будет скатываться без скольжения обруч с наклонной плоскости длиной и высотой ? Начальная скорость

обруча .

Рис. 4

О

**V**П

**V**П

**V**Л

l

h

A

Дано:; .

Найти:.

Р е ш е н и е .Движение обруча вдоль наклонной плоскости можно считать равноускоренным, так как равнодействующая всех внешних сил .

При равноускоренном движении , а так как 

Пройденный путь , откуда искомое время

(1)

Чтобы найти , необходимо рассчитать конечную скорость  обруча у основания наклонной плоскости (рис. 4). Скатывание происходит без скольжения, поэтому малыми силами трения качения мы можем пренебречь. Кроме того, так как нет скольжения, то

(2)

где  - скорость поступательного движения обруча,  - линейная скорость движения точки касания А обруча с плоскостью.

Из уравнения (2) получим, что .

При качении полная кинетическая энергия складывается из кинетической энергии поступательного и вращательного движения



Так как то 

В системе действуют только консервативные силы тяжести, поэтому полный запас механической энергии не меняется, а возрастание кинетической энергии  численно равно убыванию потенциальной т.е. откуда . (3)

Подставляя (3) в (1) , имеем

(4)

Проверим размерность результата:



Рассчитаем значение ,подставив в данное значение и :



ЭЛЕКТРОСТАТИКА, ПОСТОЯННЫЙ ТОК И ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

П р и м е р 1. Тонкий стержень длиной l = 20 см несет равномерно распределенный заряд. На продолжении оси стержня на расстоянии а = 10 см от ближайшего конца находится точечный заряд Q1 = 40 нКл, который взаимодействует со стержнем с силой F = 6 мкН. Определить линейную плотность τ заряда на стержне.

Дано: l = 0,2 м; а = 0,1 м;  Кл; F = 6∙10-6Н

Найти: τ.

Ре ш е н и е. Сила взаимодействия F заряженного стержня с точечным зарядом Q1 зависит от линейной плотности τ заряда на стержне. Зная эту зависимость, можно определить τ. При вычислении силы F следует иметь в виду, что заряд на стержне не является точечным, поэтому закон Кулона непосредственно применить нельзя. В этом случае можно поступить следующим образом. Выделить на стержне (рис. 5) дифференциально малый участок dr с зарядом . Этот заряд можно рассматривать как точечный. Тогда согласно закону Кулона

Рис. 5

Q1

l

a

dr

r

•

**F**

.

# Интегрируя это выражение в пределах от а до а + l, получим ,

# откуда интересующая нас линейная плотность заряда

**.

Проверим правильность наименования результата:

.

Учитывая, что  Ф/м, подставим числовые значения в полученную формулу и произведем вычисления:

# Кл/м = Кл/м = 2,5 нКл/м.

П р и м е р 2. Два точечных электрических заряда Q1 = 1 нКл и Q2 = -2 нКл находятся в воздухе на расстоянии d = 10 см друг от друга. Найти напряженность **E** и потенциал ϕ поля, создаваемого этими зарядами в точке А, удаленной от заряда Q1 на расстояние r1 = 9 см и от заряда Q2 на r2 = 7 см.

Рис. 6

α

A

**E**

**E1**

**E**2

r1

r2

Q2

Q1

d

Дано:  Кл;  Кл; d = 0,1 м; r1= 0,09 м; r2= 0,07 м.

Найти:  и ϕ.

Р е ш е н и е. Согласно принципу суперпозиции электрических полей,

каждый заряд создает поле независимо от присутствия в пространстве других зарядов. Поэтому напряженность  электрического поля в искомой точке может быть найдена как геометрическая сумма напряженностей  и  полей, создаваемых каждым зарядом в отдельности

.

Напряженность электрического поля, создаваемого в воздухе (ε=1) первым зарядом,

, (1)

Вторым зарядом –

, (2)

Вектор (рис.6) направлен по силовой линии от заряда Q1, так как заряд Q1 положителен; вектор  направлен также по силовой линии, но к заряду Q2, так как заряд Q2 отрицателен.

Абсолютное значение вектора найдем по теореме косинусов:

, (3)

где α- угол между векторами  и , который может быть найден из треугольника со сторонами ,  и d:

.

В данном случае во избежание громоздких записей удобно значение cosα вычислить отдельно:

.

Подставляя выражение  из формулы (1) и  из формулы (2) в равенство (3) и вынося общий множитель  за знак корня, получим

. (4)

Проверим правильность наименования результата:

 или .

Подставим числовые значения величин в формулу (4) и произведем вычисления

В/м =3,58 кВ/м.

При вычислении Е знак заряда Q2 опущен, так как знак заряда определяет направление вектора напряженности, а направление Е2 было учтено при его графическом изображении.

В соответствии с принципом суперпозиции электрических полей потенциал ϕ результирующего поля, созданного двумя зарядами Q1 и Q2, равен алгебраической сумме потенциалов, т. е.

. (5)

Потенциал электрического поля, создаваемого в вакууме точечным зарядом Q на расстоянии r от него, выражается формулой

. (6)

В нашем случае согласно формулам (5) и (6) получим:



или

.

Подставив в это выражение числовые значения физических величин, получим

 В.

П р и м е р 3. Точечный заряд Q = 25 нКл находится в поле, созданном прямым бесконечным цилиндром радиусом R = 1 см, равномерно заряженным с поверхностной плотностью σ = 0,2 . Определить силу F, действующую на заряд, если его расстояние от оси цилиндра равно 10 см.

Дано:  Кл; ;  м;  м.

Найти: F.

Р е ш е н и е . Численное значение силы F, действующей на точечный заряд Q, находящийся в электрическом поле, определяется по формуле

, (1)

где Е- напряженность поля.

Как следует из теоремы Гаусса, напряженность поля бесконечно длинного равномерно заряженного цилиндра

, (2)

где τ- линейная плотность заряда.

Выразим линейную плотность заряда через поверхностную плотность σ. Для этого выделим элемент цилиндра длиной l и выразим находящийся на нем заряд Q двумя способами:

; .

Приравняв правые части этих равенств, получим

.

После сокращения на l найдем

.

С учетом этого формула (2) примет вид

.

Подставив это выражение в (1), получим искомую силу

. (3)

Учтем, что  Ф/м, и подставим в (3) числовые значения величин:

 Н = 565 мкН.

Направление силы  совпадает с направлением напряженности , а последняя в силу симметрии (цилиндр бесконечно длинный) направлена перпендикулярно поверхности цилиндра.

П р и м е р 4. Найти силу взаимодействия тонкого кольца радиусом R = 9см, несущего заряд q =2нКл с точечным зарядом Q = 8нКл, находящимся в точке А на оси кольца, проходящей через центр кольца, если концы его диаметра видны из этой точки под углом ϕ = 90°.

Дано: R = 0,09 м ;  Кл;  Кл; ϕ = 90°

Найти: .

Р е ш е н и е . Заряд на кольце в данном случае нельзя считать точечным, так как радиус кольца одного порядка величины с расстоянием от его центра до заряда Q. Поэтому применить непосредственно формулу Кулона к указанным зарядам нельзя. Результирующая сила взаимодействия может быть получена в результате геометрического сложения элементарных сил взаимодействия точечных зарядов  каждого участка кольца  с точечным зарядом Q (рис.7 ): .

dl2

dl1

y

R

O

r

r

A

φ

d**F1**

d**F2**

d**F2y**

d**F1y**

d**F2x**

d**F1x**

Рис.7

Q

x

В силу симметрии задачи удобно рассмотреть два элементарных участка , расположенных на противоположных концах диаметра

с одинаковыми зарядами , где τ- линейная плотность заряда кольца. Она равна τ = q/l, где l- длина окружности. Результирующая двух элементарных сил  в силу симметрии расположения участков  и , равенства соответствующих проекцийсил  и  на ось х и противоположного направления  и , по модулю равна



и направлена по оси x. Переходя от суммирования к интегрированию, определим модуль результирующей силы

,

где интегрирование производится по всей длине кольца. Поскольку согласно условию , а  имеем:



Тогда



П р и м е р 5.Две проводящие сферические поверхности, центры которых совпадают, имеют радиусы R1 = 20 мм и R2 =30 мм. На сферах равномерно распределены одинаковые по величине, но противоположные по знаку заряды, равные  Кл, причем заряд сферы меньшего радиуса отрицателен. Все пространство между сферическими поверхностями заполнено однородным диэлектриком (ε =7).

Рис. 8

+q2

‒q1

R1

R2

r

S

Найти модуль вектора напряженности электрического поля Е, модуль вектора электрического смещения D и потенциал электрического поля ϕ как функцию расстояния r от центра сферических поверхностей.

Построить графики Е = f(r); D = f(r) и ϕ = f(r) для случаев

1) ;

2) ;

3) r>.

Графики E = f(r) и D = f(r) расположить на одном чертеже, а ϕ = f(r)- на другом.

Дано:  м;  м;  Кл;  Кл; ε = 7.

Найти: Е = f(r); D = f(r); ϕ = f(r).

Р е ш е н и е. Поскольку рассматриваемое электрическое поле обладает сферической симметрией, воспользуемся теоремой Гаусса для вектора , взяв в качестве замкнутой поверхности сферу S радиусом r (рис. 8):

, (1)

где - проекция вектора  на нормаль к поверхности S. Вычислим поток смещения  через сферическую поверхность S. Так как , то

. (2)

Из (1) и (2) следует

. (3)

Поскольку алгебраическая сумма зарядов, заключенных внутри выбранной поверхности S, равна , из выражения (3) следует

. (4)

Напряженность электрического поля  связана со смещением  соотношением

. (5)

Следовательно, из формул (4) и (5)

. (6)

Рассмотрим значения D и E в каждой из заданных областей.

1) . Так как внутри сферы с радиусом  заряды отсутствуют (), то смещение  и напряженность  электрического поля равны нулю. ; .

2) . Так как внутри сферы с радиусом  содержится заряд , из формул (4) и (6) следует

; .

3) r>. Так как внутри сферы с радиусом r> содержится заряд , но эти заряды равны по величине и противоположны по знаку, то . Следовательно  и .

Для построения требуемых графиков D = f(r) и E = f(r) следует вычислить несколько значений D и E, меняя значения r в заданных пределах. Результаты занесем в табл. 1.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| , м | 2 | 2,2 | 2,4 | 2,6 | 2,8 | 3,0 | 3,2 |
| , В/м | -1,35 | -1,11 | -0,94 | -0,80 | -0,69 | -0,6 | 0 |
| , | -8,36 | -6,90 | -5,80 | -4,94 | -4,26 | -3,71 | 0 |

По данным таблицы, учитывая, что при D = 0 и E = 0, построим графики  и  (рис. 9).

Для нахождения потенциала электрического поля ϕ = f(r) воспользуемся соотношением между напряженностью поля и градиентом потенциала: . Для поля, создаваемого сферической поверхностью, это соотношение можно записать в скалярном виде:

E=f1(r)

 или .

Интегрируя это выражение, найдем разность потенциалов двух точек, отстоящих на расстояниях  и  от центра сфер:

; ; . (7)

Потенциал в бесконечности принимаем равным нулю . Если в формуле (7) положить , то она примет вид:

.

Поскольку значения E для каждой из рассматриваемых областей различны, получим выражения ϕ(r) для каждого случая в отдельности:

1) 

,

так как первый и третий интегралы равны нулю ( и , см. первую часть решения задачи)



. Так как ϕ(r) < 0;

2)  ,

так как второй интеграл равен нулю (, см. первую часть решения задачи)



. Так как ϕ(r) < 0.

3)  , так как  (см. первую часть решения задачи).

Для построения графика ϕ(r) следует вычислить несколько значений ϕ, меняя значения r в заданных пределах. Результаты занесем в табл. 2.

Таблица 2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| r, м | 0 | 0,010 | 0,020 | 0,022 | 0,024 | 0,026 | 0,028 | 0,030 | 0,04 |
| ϕ(r), В | 899 | 899 | 899 | 654 | 450 | 277 | 128 | 0 | 0 |

По данным таблицы построим график ϕ = ϕ(r) (рис. 10).

r,м

ммммммм

Рис. 10

П р и м е р 6. Определить ускоряющую разность потенциалов U, которую должен пройти в электрическом поле электрон, обладающий скоростью  м/с, чтобы скорость его возросла в n = 2 раза.

Р е ш е н и е. Ускоряющую разность потенциалов можно найти, вычислив работу А сил электростатического поля. Эта работа определяется произведением заряда электрона е на разность потенциалов U

. (1)

Работа сил электростатического поля в данном случае равна изменению кинетической энергии электрона

, (2)

где  и  - кинетические энергии электрона до и после прохождения ускоряющего поля; m- масса электрона;  и - начальная и конечная его скорости.

Приравняв правые части равенств (1) и (2), получим



или

,

где .

Отсюда искомая разность потенциалов

. (3)

Подставим числовые значения физических величин и выполним вычисления

 В = 8,53 В.

П р и м е р 7. Конденсатор емкостью = 3 мкФ был заряжен до разности потенциалов = 40 В. После отключения от источника тока конденсатор был соединен параллельно с другим незаряженным конденсатором емкостью = 5мкФ. Какая энергия W′ израсходуется на образование искры в момент присоединения второго конденсатора?

Дано:  Ф;  В;  Ф.

Найти: W′.

Р е ш е н и е. Энергия W′, израсходованная на образование икры,

, (1)

где - энергия, которой обладал первый конденсатор до присоединения к нему второго конденсатора;

- энергия, которую имеет батарея, составленная из первого и второго конденсаторов.

Энергия заряженного конденсатора определяется по формуле

, (2)

где С – емкость конденсатора или батареи конденсаторов; U – разность потенциалов на обкладках конденсаторов.

Выразив в формуле (1) энергии  и  по формуле (2) и принимая во внимание, что общая емкость параллельно соединенных конденсаторов равна сумме емкостей отдельных конденсаторов, получим:

, (3)

где  и - емкости первого и второго конденсаторов;

- разность потенциалов, до которой был заряжен первый конденсатор;

- разность потенциалов на зажимах батареи конденсаторов.

Учитывая, что заряд после присоединения второго конденсатора остался прежний, выразим разность потенциалов  следующим образом:

.

Подставив выражение  в формулу (3), получим

.

После простых преобразований найдем

.

В полученное выражение подставим числовые значения и вычислим W′:

 мДж.

П р и м е р 8. Потенциометр с сопротивлением r = 100 Ом подключен к батарее, ЭДС которой ε = 150 В и внутреннее сопротивление =50 Ом (Рис. 11). Определить показания вольтметра с сопротивлением  = 500 Ом, соединенного с одной из клемм потенциометра и подвижным контактом, установленным посередине потенциометра. Какова разность потенциалов между теми же точками потенциометра при отключенном вольтметре?

V

Рис. 11

А

В

•

ε

Р е ш е н и е. Показание вольтметра, подключенного к точкам А и В (рис.11), определяется по формуле:

, (1)

где - сила тока в неразветвленной части цепи;

- сопротивление параллельно соединенных вольтметра и половины потенциометра.

Силу тока  найдем по закону Ома для всей цепи:

, (2)

где  - сопротивление внешней цепи.

Внешнее сопротивление  есть сумма двух сопротивлений:

. (3)

Сопротивление  параллельного соединения может быть найдено по формуле:

,

откуда

.

Подставив числовые значения, найдем

 Ом.

Подставив в выражение (2) правую часть равенства (3), определим силу тока

 А.

Если подставить значение  и  в формулу (1), то можно определить показание вольтметра

 В.

Разность потенциалов между точками А и В при отключенном вольтметре равна произведению силы тока  на половину сопротивления потенциометра, т. е.

 или .

Подставляя сюда числовые значения, получим

 В.

П р и м е р 9. ЭДС батареи ε = 12 В. Наибольшая сила тока, которую может дать батарея, = 6 А. Определить максимальную мощность , которая может выделиться во внешней цепи.

Р е ш е н и е. Воспользуемся законом Ома для полной цепи

,

где ε – ЭДС источника;

R- сопротивление внешней цепи;

- внутреннее сопротивление источника тока.

Максимальное значение тока достигается в случае, когда

R = 0; т. е. .

Мощность, выделяемая в цепи, в общем виде определяется формулой

.

Для того чтобы определить экстремальную мощность, воспользуемся условием , в результате дифференцирования дробного выражения получим

.

Следовательно, для равенства нулю первой производной достаточно, чтобы  = 0, т. е. экстремальная мощность выделяется в цепи при условии , а максимальная мощность выделяется в цепи при максимальном токе, поэтому можно записать

 Вт.

П р и м е р 10. Сила тока в проводнике сопротивлением r = 20 Ом нарастает в течение времени Δt = 2 с по линейному закону от  до I = 6 А. Определить теплоту , выделившуюся в этом проводнике за первую и - за вторую секунды, а также найти отношение .

Р е ш е н и е. Закон Джоуля- Ленца в виде  справедлив для случая постоянного тока (I = const). Если же сила тока в проводнике изменяется, то указанный закон справедлив для бесконечно малого промежутка времени и записывается в виде

. (1)

Здесь сила тока I является некоторой функцией времени. В нашем случае

, (2)

где k- коэффициент пропорциональности, численно равный приращению силы тока в единицу времени, т. е.

 А/с.

С учетом (2) формула (1) примет вид

. (3)

Для определения теплоты, выделившейся за конечный промежуток времени Δt, выражение (3) надо проинтегрировать в пределах от  до 

.

При определении теплоты, выделившейся за первую секунду, пределы интегрирования ,  с и, следовательно,

 Дж.

При определении теплоты  пределы интегрирования  с,  с и

 Дж.

Следовательно,

,

т. е. за вторую секунду выделится теплоты в 7 раз больше, чем за первую.

П р и м е р 11 . Электрон , влетевший в однородное магнитное поле под некоторым углом  к линиям индукции движется по винтовой линии с радиусом R=0,2 мм и шагом h =1,4 мм. Определить скорость электрона .

Дано: 

Найти : 

Р е ш е н и е. На движущийся в магнитном поле электрон (рис. 12) действует сила Лоренца, перпендикулярная векторам магнитной индукции **и скорости электрона  .

Рис. 12

h

h

**B**

**V**

**V┴**

**V║**

Абсолютная величина силы Лоренца выражается формулой



Известно, что постоянная сила, перпендикулярная скорости, вызывает движение по окружности. Следовательно, электрон, влетевший в магнитное поле, будет двигаться по окружности в плоскости, перпендикулярной вектору , со скоростью .

Одновременно он будет двигаться и вдоль поля со скоростью :



# В результате происходит движение электрона по винтовой линии



Шаг винтовой линии, т.е. путь, проходимый электроном вдоль поля за время одного оборота,

Поскольку , для шага получаем выражение

 (2)

Выразим составляющие скорости электрона из (1) и (2):





Исключая угол , находим:



Проверим размерность результата:



Рассчитаем результат:

‒

П р и м е р 12. При наблюдении эффекта Холла в пластине с шириной  (рис. 13) холловская разность потенциалов составила .Определить скорость упорядоченного движения носителей тока , если магнитная индукция .

Рис. 13

b

**F**л

**V**

**B**

+

+

+

+

\_

\_

\_

e

‒

Дано:



Найти:

Р е ш е н и е . Получим выражение для . Пусть ток течет по пластине, помещенной в магнитное поле, перпендикулярное ее широким граням. На носители тока, имеющие скорость упорядоченного движения , действует сила Лоренца :

j =nev



Сила перпендикулярна , она отклоняет носители к ”горизонтальным” (см. рис. 13) граням, вызывая перераспределение зарядов и, следовательно, дополнительное поперечное электрическое поле и связанную с ним холловскую разность потенциалов . Величину последней найдем из условия стационарности возникшего электрического поля,выражаемого равенством силы Лоренца силе, действующей со стороны этого поля :

 (1)

Поскольку  получим

. (2)

Скорость можно выразить из формулы для плотности тока , где n – концентрация носителей тока:

 (3)

С учетом этого имеем

 (4)

где  -постоянная Холла.

Ответ на вопрос задачи получим из формулы(2):



Проверим размерность результата:



Рассчитаем результат:

Рис. 14

a

**M**

**B**

φ

**Pm**



П р и м е р 13. Плоский квадратный контур со стороной , по которому течет ток , свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией B=1Тл (рис. 14). Определить работу , совершаемую внешними силами при повороте контура относительно оси, проходящей через середину его противоположных сторон, на угол: 1); 2). При повороте контура сила тока в нем поддерживается неизменной.

a

Дано:

Найти:

Р е ш е н и е . Как известно, на контур с током в магнитном поле действует момент сил

 (1)

где  -магнитный момент контура,  –магнитная индукция;  - угол между вектором , направленным по нормали к контуру, и вектором 

По условию задачи, в начальном положении контур свободно установился в магнитном поле. При этом момент сил равен нулю , а значит, ,т.е. вектора и  совпадают по направлению.

Если внешние силы выведут контур из положения равновесия, то возникающий момент сил, определяемый формой (1), будет стремиться возвратить контур в исходное положение. Против этого момента и будет совершаться работа внешними силами. Так как момент сил переменный (зависит от угла поворота ), то для подсчета работы применим формулу работы в дифференциальной форме



Подставив сюда выражение М по формуле (1) и учтя, что ,

где  - сила тока в контуре,- площадь контура, получим

 (2)

1. Работа при повороте на угол :

= (3)

2. Работа при повороте на угол . В этом случае, учитывая малость угла , заменим в выражении (2)  :



Здесь  следует выразить в радианах .

Рассчитаем результат:



.

Отметим, что задача могла быть решена и другим способом. Известно, что работа внешних сил по перемещению контура с током в магнитном поле равна произведению силы тока в контуре на изменение магнитного потока через контур



где -магнитный поток , пронизывающий контур до перемещения ;

-то же после перемещения .

П р и м е р 14. В однородном магнитном поле (B= 0,2 мТл) равномерно вращается с частотой  проводник длиной , с током . Ось вращения проходит через один из концов проводника и составляет угол cвектором  (рис.15). Определить мощность , затрачиваемую на вращение проводника.

Рис. 15

Bn

**ω**

l

l∙∆φ

∆φ

α

**B**

Дано:.

Определить : .

Р е ш е н и е . Работа перемещения проводника с током в магнитном поле равна произведению силы тока на изменение потока индукции магнитного поля через площадь поверхности, которую описывает проводник при своем движении :

 (1)

Мощность определяется работой, совершаемой за единицу времени :

 (2)

Используя (1), получим выражение для мощности, затрачиваемой на перемещение проводника,

 . (3)

Для нахождения  определим площадь , которую описывает проводник завремя (см. рис. 15):

, (4)

где 

Магнитный поток через площадь  равен

 (5)

Подставив (5) в (3) , получим необходимое выражение искомой мощности



Проверим размерность результата :



Произведем вычисления:



П р и м е р 15. В однородном магнитном поле равномерно с частотой  вращается рамка, содержащая витков, плотно прилегающих друг к другу (рис. 16). Площадь рамки . Определить мгновенное значение ЭДС индукции соответствующее углу поворота рамки 

Рис. 16

**n**

**B**

φ = ωt

Дано: ,

Найти .

Р е ш е н и е . Мгновенное значение ЭДС индукции определяется основным уравнением электромагнитной индукции Фарадея – Максвелла :

 (1)

где - потокосцепление.

Потокосцепление  связано с магнитным потоком  и числом  витков, плотно прилегающих друг к другу, соотношением

.

Подставляя выражение для  в формулу (1),получим

 (2)

При вращении рамки (рис. 16) магнитный поток , пронизывающий рамку в момент времени , изменяется по закону



где  –магнитная индукция,  - площадь рамки,  - круговая (или циклическая) частота.

Подставив в формулу (2) выражение для  и продифференцировав по времени, найдем мгновенное значение ЭДС индукции

 (3)

Круговая частота связана с частотой вращения n соотношением



Подставляя значение в формулу (3),получим

 (4)

Рассчитаем результат:



П р и м е р 16. Медный обруч диаметром  и поперечным сечением δ = 10-4м2 расположен горизонтально в земном магнитном поле (рис. 17). Определить заряд, протекающий по обручу, после того, как обруч расположили в вертикальной плоскости, перпендикулярной плоскости магнитного меридиана. (Вертикальную и горизонтальную составляющие поля Земли принять равными: а удельное сопротивление меди )

Дано:Bв=5∙10-5 Тл, Вг =2∙10-5 Тл, δ = 10-4м2, D = 1м, ρ = 1,7∙ 10-8 Ом∙м

Рис. 17

**n1**

**n2**

**Вг**

**Вв**

**В**

Найти.

Р е ш е н и е . Протекание по обручу электрического заряда вызвано возникновением в нем электродвижущей силы, обусловленной изменением магнитного потока поля Земли через площадь обруча.

В начальном положении поток индукции Ф1 равен:

 (1)

В конечном положении 

 (2)

Протекающий заряд связан с индуцированным током :

. (3)

Ток найдем по закону Ома, выразив электродвижущую силу индукции соласно закону Фарадея:

(4)

Подставим (4) в (3) :



Найдем заряд, использовав (1) и (2),



Рассчитаем сопротивление



Получим расчетную формулу для  :



Проверим размерность результата :



Рассчитаем результат:



П р и м е р 17 . Соленоид с сердечником из немагнитного материала со-держит витков провода, плотно прилегающих друг к другу. При силе тока магнитный поток  равен .Определить индуктивность  соленоида и энергию магнитного поля соленоида.

Дано:

Найти :  .

Р е ш е н и е . Индуктивность  связана с потокосцеплением  и силой тока cоотношением

(1)

Потокосцепление, в свою очередь, может быть выражено через поток  и число витков  (при условии, что витки плотно прилегают друг к другу) соотношением

(2)

Из выражения (1) и (2) находим интересующую нас индуктивность соленоида

 (3)

Произведем вычисления :



Энергия магнитного поля соленоида с индуктивностью  при силе тока , протекающего по его обмотке, может быть вычислена по формуле:



Подставим в эту формулу полученное ранее выражение индуктивности (3), найдем



Проверим наименование результата :



Произведем вычисления:



П р и м е р 18. В обмотке тороида со стальным сердечником, содержащей витков, течет ток . Длина средней линии сердечника . В сердечнике сделали вакуумный зазор шириной  Какой величины должен быть ток, чтобы индукция в сердечнике осталась прежней? Какова плотность энергии поля в сердечнике и его зазоре?

Дано: 

Зависимость  указана на графике(см. рис. 18).

Найти: .

Р е ш е н и е . Напряженность на средней линии тороида найдем на основании закона полного тока, рассмотрев циркуляцию вектора вдоль линии магнитной индукции, совпадающей со средней линией,

0

0,25

0,50

0,75

1,00

1,25

1,50

500 1000 1500 2000 2500

Рис. 18

В,Тл

H,А/м

железо

сталь



Рассчитаем величину :



Величину индукции найдем по графику (рис. 18) в соответствии со значением 

Применим закон полного тока в случае тороида с зазором:

 (1)

Поскольку , площади сечения потоков индукции в сердечнике и зазоре одинаковы: .

Непрерывность линий индукции обуславливает равенство потоков индукции в сердечнике и зазоре: 

Таким образом,

 (2)

Это позволяет выразить напряженности 

 (3)

Подставляя  и  в закон полного тока, получим



 найдем по определенным выше значениям 



Теперь можно найти :

,



Плотность энергии магнитного поля определяется известной формулой



Индукция поля в сердечнике и зазоре согласно соотношению (2) одинакова и определена была выше  для значенияпо графику . Напряженность в зазоре найдем по  из формул (3)



Найдем : 



Найдем



КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА № 1

Студент должен решить шесть задач того варианта, номер которо­го совпадает с последней цифрой его шифра (номера студенческого билета).

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вариант | Задачи | | | | | |
| 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 | 110\*  101\*  102\*  103\*  104\*  105\*  106\*  107\*  108\*  109\* | 120  111\*  112\*  113\*  114\*  115\*  116\*  117\*  118\*  119\* | 130\*  121\*  122\*  123\*  124\*  125\*  126\*  127\*  128\*  129\* | 140\*  131\*  132\*  133\*  134\*  135\*  136\*  137\*  138\*  139\* | 150  141  142  143  144  145  146  147  148  149 | 160\*  151\*  152\*  153\*  154\*  155\*  156\*  157\*  158\*  159\* |

ПРИМЕЧАНИЯ:1. Решения задач, отмеченных звездочкой, должны сопро­вождаться чертежами (рисунками),графиками.

2.В задачах 131\*-140\* нужно:

а) Найти значения векторов напряженности электрического поля Е и электрического смещения D как функцию расстоянияr *,* от­считываемого от центра или оси симметрии, для случаев, указываемых в каждой конкретной задаче.

б) ГрафикиE=f1(r) и D=f2(r) расположить на одном чер­теже, как показано в примере 5.

в). Вычислить разность потенциалов Δφ между двумя точками, указанными в каждой конкретной задаче.

101\*.Два одинаковых груза массамиm1= m2 = 0,5 кг связаны нитью, перекинутой через блок, укрепленный на конце стола (рис.1). Радиус блока R=0,2 м, масса блокаm=1кг. Найти угловое ускорение блока, если коэффициент трения груза m2 о стол µ=0,2. Блок считать сплошным диском.

m

m1

m2

R

m

Рис.1 Рис.2

102\*. Блок в виде сплошного диска массой m=0,5кг укреплен на конце стола (рис.1). Грузы m1=2 кг и m2 =3 кг соединены нитью, перекинутой через блок.Радиус блока R=0,2 м. Коэффициент трения груза m2 о стол µ=0,2. Найти угловое ускорение блока.

103\*. На полый тонкостенный цилиндр (рис.2) намотана тонкая нить, свободный конец которой прикреплен к потолку. Найти ускорение, с которым цилиндр опускается под действием силы тяжести.

104\*. Тонкая нить намотана на полый тонкостенный цилиндр массой m=1кг. Свободный конец нити прикреплен к потолку (рис.2). Найти натяжение нити при опускании цилиндра под действием силы тяжести.

105\*. Найти угловое ускорение диска массой m=1кг и радиусом R=0,3м (рис.3), на который намотан шнур с привязанным грузом массой m1=0,5 кг. Найти натяжение шнура.

R

m1

m2

m

m1

m

R

Рис.3 Рис.4

106\*. Груз массой m1=3 кг привязан к нити, намотанной на барабан (рис.3). Найти радиус барабана и натяжение нити, если момент инерции барабана J=3,0 кг٠м2, а груз опускается с ускорением а=2,0 м/с2.

107\*. Два груза m1=1 кг и m2 =0,5 кг связаны легким шнуром, перекинутым через блок (рис.4). Блок радиусом R=10 см вращается с угловым ускорением β =20 рад/с2 . Найти массу блока, если она равномерно распределена по его ободу.

108\*. Два груза m1=2 кг и m2 =1,5 кг связаны легким шнуром, перекинутым через блок (рис.4) радиусом R=25 см и массой m=4 кг. Найти ускорения грузов, угловое ускорение блока и натяжение нитей.

109\*. К вращающемуся диску массой m=30 кг и радиусом R=10 см прижата тормозная колодка с силой F=12Н (рис.5). Найти время, за которое диск остановится, если угловая скорость его вращения ω0 = 15рад/с, а коэффициент трения µ = 0,4.

F

R

m

Рис.5

110\*. К вращающемуся диску массой m=40 кг и диаметром D = 30 см прижимается тормозная колодка (рис.5) с силой F=20Н, в результате чего диск останавливается в течение времениt = 15 с. Коэффициент трения µ = 0,4. Найти начальную частоту ν0 вращения диска.

111\*. Платформа в виде горизонтально расположенного диска может вращаться вокруг вертикальной оси, проходящей через центр платфор­мы. На платформе находится человек, которого в условии задачи мож­но рассматривать как материальную точку. Расходом энергиина пре­одоление сил трения пренебречь. Человек массой 60 кг стоит на краю платформы массой 120 кг, делающей 3,0 об/мин. Сколько оборотов в минуту будет делать плат­форма, если человек перейдет на середину между краем и центром платформы?

112\*. Начало условия смотрите в задаче 111. Человек массой 60 кг стоитна краю платформы массой 100 кг, делающей 5 об/мин. Сколь­ко оборотов в минуту будет делать платформа, если человек перейдет в центр платформы?

I13\*. Начало условия смотрите в задаче 111. Человек массой 70 кг стоит на неподвижной платформе массой 100 кг. Человек обходит платформу вдоль ее края и останавливается в той точке платформы, от которой начал обход. На какой угол (в градусах) повернулась платформа?

I14\*. Начало условия смотрите в задаче 111. Человек массой 60 кг стоит на краю неподвижной платформы. С какой скоростью (относи­тельно платформы) должен пойти человек вдоль края платформы, что­бы она начала вращаться со скоростью, соответствующей 3,0 об/мин? Масса платформы 120 кг, ее радиус 2,0 м.

I15\*. Начало условия смотрите в задаче 111. Человек массой 75 кг стоит на краю платформы, делающей 3 об/мин. С какой скоростью должен идти человек вдоль края платформы, чтобы его скорость отно­сительно Земли стала равной нулю? Масса платформы 100 кг, ее ра­диус 1,6 м.

I16\*. Человек стоит на скамье Жуковского и ловит рукой мяч мас­сой 0,4 кг, летящий горизонтально со скоростью 20 м/с. Траектория мяча проходит на расстоянии 0,8 м от вертикальной оси вращения скамьи. С какой угловой скоростью начнет вращаться скамья с челове­ком, если суммарный момент инерции человека и скамьи равен 6 кг.м2 ?

I17\*. Человек, стоя на скамье Жуковского, ловит рукой мяч, ле­тящий горизонтально со скоростью 16 м/с на расстоянии 0,7 м от вертикальной оси вращенияскамьи**.** Найти массу мяча, если суммарный момент инерции скамьи с человеком равен 6 кг.м2 , а угловая скорость вращения скамьи равна I рад/с.

I18\*. Начало условия смотрите в задаче 111. Человек сидит на неподвижной платформе и держит в руках над головой конец шнура, к другому концу которого привязан груз массой 2 кг. Найти период, с которым будет вращаться платформа с человеком, если человек приведет во вращение шнур с грузом, который, делая I оборот в секунду, будет описывать в горизонтальной плоскости окружность радиусом 2 м. Момент инерции платформы с человеком равен 10 кг.м2. Массой шнура и силами трения пренебречь.

I19\*. Начало условия смотрите в задаче 111.Человек массой 60 кг стоит на краю платформы радиусом 2 м и массой 150 кг. Найти уг­ловую скорость, с которой будет вращаться платформа, если человек пойдет вдоль ее края со скоростью 1м/с относительно платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

120. В центр деревянного шара радиусом 7см**,** лежащего на столе, попадает пуля массой 10 г, летящая горизонтально со скоростью 350 м/с, и застревает в нем. Найти массу шара, если он после уда­ра покатится без скольжения с угловой скоростью 22 рад/с.

121\*. Два одинаковых заряженных шарика подвешены в одной точке на нитях одинаковой длины. При этом нити разошлись на угол α. Шарики погружаются в масло плотностью ρ=8.102 кг/м8. Какова диэлектрическая проницаемость ε масла, если угол расхож­дения нитей при погружении шариков в масло остается неизменным? Плотность материалов шариков ρ=1,6.103 кг/м3.

122\*. Тонкое полукольцо радиусом R=10 см несет равномер­но распределенный заряд с линейной плотностью τ=10-6 Кл/м. В центре кривизны полукольца находится точечный заряд q = 2.10-10 Кл. Определить силу взаимодействия точечного заряда и заряженного по­лукольца.

123\*. Заряд с линейной плотностью τ=3.10-6 Кл/м равномер­но распределен по тонкому полукольцу, в центре кривизны которого находится точечный заряд q *=* 5.10-11 Кл. Сила взаимодействия то­чечного заряда и заряженного полукольца равна 5.10-5 Н. Найти ра­диус полукольца.

124\*. Точечный заряд q=3.10-11 Кл находится в центре кри­визны тонкого полукольца радиусом R= 5 см, равномерно заряжен­ного с линейной плотностьюτ. Сила взаимодействия точечного за­ряда и заряженного полукольца равна 6.10-5 Н. Определить линейную плотность заряда полукольца τ*.*

125\*. На тонком кольце равномерно распределен заряд с линей­ной плотностью зарядаτ= 20 нКл/см. Радиус кольца R*=* 5 см. На перпендикуляре к плоскости кольца, восставленномиз его середины, находится точечный заряд q = 40 нКл. Определить силу, действую­щую на точечный заряд со стороны заряженного кольца, если он уда­лен от центра кольца на:I) а1= 10 см; 2) а2= 2 м.

126\*. Определить напряженность поля, создаваемого зарядом, равномерно распределенным по тонкому прямому стержню длиной l= 10 см, с линейной плотностью заряда τ *=* 100 нКл/м, в точке, ле­жащей на продолжении оси стержня на расстоянии a *=* 10 см от бли­жайшего конца. Определить также силу, действующую в этой точке на точечный заряд q =10 нКл.

127\*. Найти силу взаимодействия между тонкой бесконечной нитью с линейной плотностью зарядаτ1= 0,278 нКл/м и тонким стержнем длиной l =17,1 см с линейной плотностью заряда τ2= 0,4 нКл/м, еслиихоси взаимно перпендикулярны, а ближайший конец стержня, лежаще­го в радиальной плоскости, находится в 10 см от нити.

128\*. По тонкому кольцу радиусом R= 6 см равномерно рас­пределен заряд Q= 24 нКл. Какова напряженность поля в точке, находящейся на оси кольца на расстоянии a*=* 18 см от центра коль­ца? Найти также силу, действующую в этой точке на точечный зарядq= 0,5 нКл.

129\*. Одна четвертая часть тонкого кольца радиусомR= 10 см несет равномерно распределенный заряд с линейной плотностью τ=2.10-5 Кл/м. В центре кривизны кольца находится точечный заряд q=5.10-5 Кл. Определить силу взаимодействия точечного заряда и заряженной части кольца.

130\*. Два полубесконечных, тонких равномерно заряженных стержня расположены перпендикулярно друг к другу так, что точка пересеченияих осей находится на расстоянии а = 8 см и b = 5 см от ближайших концов стержней. Найти силу, действующую на заряд q= 10 нКл, помещенный в точку пересечения осей стержней, по­лагая линейную плотность их зарядов одинаковой и равной τ=1,5 нКл/см.

131\* Между двумя бесконечно длинными, коаксиальными и разно­именно заряженными цилиндрическими поверхностями малых радиусов R1 = 4 см и R2 = 10 см находится слой диэлектрика **( ε =** 3), при­легающего к цилиндрической поверхности большего радиуса R2 *.* Мень­ший радиус диэлектрического слоя R0 = 7 см. Линейная плотность заряда поверхности радиусом R1 составляет -3 нКл/м, а внешней поверхности радиусом R2  - + 3 нКл/м. Построить графики функций f1(r) иf2(r) для случаев:

I)r<R1 ; 2)R1 ≤ r ≤ R2 ; 3) г> R2

Вычислить разность потенциалов ∆φ между точками r1=4 см и r2= 9 см.

132\* . Заряд 2,5.10-8 Кл равномерно распределен по всему объ­ему однородного сферического диэлектрика ( ε= 5) радиусом R= 4,0 ом.

Построить графики функций f1(r) иf2(r) для случаев:

I) r ≤R ; *г)* r≥ R .

Вычислить разность потенциалов ∆φ между точками r1=2см и r2=9 см.

133\*. Два бесконечно длинных цилиндрических проводника, оси которых совпадают, имеют радиусы R1=5см и R2 = 15 см. Цилин­дры заряжены равномерно разноименно с линейной плотностью 2,5.10-9 Кл/м, причем заряд цилиндра меньшего радиуса отрицателен. Все пространство между цилиндрическими поверхностями заполнено однородным диэлектриком ( ε*=* 3,0).

Построить графики функций f1(r) иf2(r) для случаев:

I) г<R1 ; 2) R1 ≤r ≤ R2; 3) г>R2.

Вычислить разность потенциалов ∆φмежду точками r = 2 см иr= 14 см.

134\*. Точечный заряд q = 1,6.10-9 Кл находится в центре шара радиусомR= 0,04 м из однородного изотропного диэлектри­ка. Его диэлектрическая проницаемость равна 2,5.

Построить графики функцийf1(r) иf2(r) для случаев:

I) r≤R; 2) r ≥ R.

Вычислить разность потенциалов ∆φ между точкамиr1 = 2 см и г2= 8 см.

135\*. Сферическая поверхность радиусом R1 = 30 мм имеет равномерно распределенный заряд –5.10-8 Кл. На второй сферической поверхности радиусом R2 = 40мм равномерно распределен такой же по величине, но положительный заряд. Центры сферических поверх­ностей совпадают. Все пространство между сферическими поверхнос­тями заполнено однородным диэлектриком ( ε= 5).

Построить графики функцийf1(r) иf2(r) для случаев:

I) r<R1 ; 2) R1 ≤r≤ R2 ; 3) г *>*R2*.*

Вычислить разность потенциалов ∆φмежду точками r1*=* 20мм и r2*=* 60 мм.

136\*. Между двумя бесконечно длинными, коаксиальными и разно­именно заряженными цилиндрическими поверхностями малых радиусов R1= 4 см и R2= 10 см находится слой диэлектрика ( ε *=* 3), при­легающего к цилиндрической поверхности меньшего радиуса R1 . Вне­шний радиус слоя диэлектрика R0 = 7 см. Линейная плотность заря­да поверхности радиусом R1 составляет +3 нКл/м, внешней поверх­ности составляет -3 нКл/м.

Построить графики функций f1(r) иf2(r) для случаев:

1)r<R12) R1 ≤ r ≤R2; 3) r >R2.

Вычислить разность потенциалов ∆φ между точками r1 = 4 см и r2= 9 см.

137\*. Заряд q =-5.10-7Кл равномерно распределен по всему объе­му однородного сферического диэлектрика ( ε *=* 3) радиусом R = 5,0 см.

Построить графики функцийf1(r) иf2(r) для случаев:

I) г ≤ R ; 2) г ≥R.

Вычислить разность потенциалов ∆φмежду точками r1=1cм и r2=8 см.

138\*. Два бесконечно длинных цилиндрических проводника, оси которых совпадают, имеют радиусы R1= 6 см и R2 = 18 см. Цилинд­ры заряжены равномерно и разноименно с линейной плотностью 5.10-8 Кл/м, причем заряд цилиндра меньшего радиуса положителен. Все пространство между цилиндрическими поверхностями заполнено однородным диэлектриком ( ε *=* 5,0).

Построить графики функций f1(r) и f2(r) для случаев;

I) r<R1 ; 2) R1≤ r ≤ R2 ; 3) г>R2 .

Вычислить разность потенциалов ∆φ между точками r1= 3 см иr2= 15 см.

139\*. Точечный заряд q =-2,1.10-8 Кл находится в центре шара радиусомR= 0,08м из однородного изотропного диэлектрика. Его диэлектрическая проницаемость равна 1,5.

Построить графики функцийf1(r) иf2(r) для случаев:

I) r ≤R1 ; 2)r ≥R2 .

Вычислить разность потенциалов ∆φ между точками r1= 1,5 см и r2 = 7 cм.

140\*. Сферический проводник радиусом R1= 10 мм окружен при­мыкающим к нему слоем однородного диэлектрика с наружным радиусом R2 = 30 мм и диэлектрической проницаемостью ε= 1,5. На поверхности проводника равномерно распределен заряд q=1,8.10-8 Кл. Построить графики функций f1(r) иf2(r) для случаев:

I) r<R1;2) R1 ≤r ≤ R2 ; 3)r>R2.

Вычислить разность потенциалов ∆φ между точками r1 **=** 8мм и г2 = 40мм**.**

141. Определить проводимость и удельную тепловую мощность тока в проводнике с концентрацией электроновn=8.1028м-3и средней дрейфовой скоростью u= 2,8.10-2см/с, если раз­ность потенциалов ∆φ двух точек однородного электрического поля в проводнике, отстоящих на l = 2.2 мм друг от друга, составила 1,4.10-4 В.

142. При равномерном нарастании плотности тока от нулевого значения в течение 5 с в проводнике сопротивлением 3 Ом и сече­нием 0,6 мм2 выделилось 7,5 Дж теплоты. Определить ток в конце последней секунды.

143. Сила тока в проводнике меняется со временем по законуI = 10sin50πtА. Найти заряд, протекающий через поперечное сечение проводника за время, равное 1/6 периода.

144. Вычислить количество теплоты, выделяемое в проводнике длиной l=10ми поперечным сечением S= 2 мм2 за первые 3 с, если его проводимость σ = 107Ом-1.м-1, а плотность тока в нем менялась от нулевого значения по закону j = 1,5.102t½мА/мм2.

145. Электрическое сопротивлениеR некоторого участка про­водника длиной l = 0,6 м и сечениемS =1,5 мм2 составило 1,12 Ом. Определить тепловую удельную мощность, выделяемую на участке с напряженностью электрического поля Е = 0,56 В/м. Предполагая поле однородным, вычислить количество теплоты, выде­ляемое в проводнике за 15 с.

146. Количество теплотыQ, выделившееся за 4,4 с, при по­стоянной плотности тока в проводнике сечениемS ***=***4мм2 дли­ной l=16 м, составило 20,8 Дж. Определить заряд q*,* про­шедший через проводник за это время, и тангенциальную составляю­щую напряженности электрического поля, если его проводимостьσравна 5,7**.**106 Ом-1 см-1.

147. Средняя дрейфовая скорость электронов проводимости uпод действием электрического поля E = 0,36 В/м в металле с кон­центрацией носителей заряда n =1,25**.**1028 м-3 составила 10-3 м/с. Вычислить количество теплоты, выделяемое в объеме V = 16 см3 в промежутке времени между 3 и 5 секундами.

148. При равномерном нарастании тока в проводнике от нуле­вого значения за 0,5 с через его поперечное сечение S = 10 мм2 прошел заряд q= 17 Кл. Определить среднюю дрейфовую скорость электронов при достигнутой максимальной плотности тока, еслиихконцентрация составила 8,5.1028м-3.

149. Определить число электронов, проходящих в секунду через единицу площади поперечного сечения железной проволоки длиной l= 10 м и при напряжении на ее концах U=6 В. Удельное со­противление железа ρ =9,8.10-6 Ом**.**см.

150. При равномерном нарастании тока от нуля до некоторого значения за 0,2 с в проводнике сопротивлениемR= 6 Ом выдели­лось Q = 8 Дж теплоты. Определить заряд, прошедший через пол­ное сечение проводника.

151\*. Бесконечный прямолинейный провод на некотором участке образует петлю в виде равностороннего треугольни­ка, вершина которого находится на самой прямой, а его основание длиной 10 см параллельно ей. Найти магнитную индукцию в центре петли, если по проводу протекает ток силой 30 А.

152\*. Проводник, по которому течет ток силой 3,2 А, представ­ляет собой две полубесконечные параллельные прямые, замкнутые дугой радиусом 0,4 м, лежащей вне прямых, но в обшей плоскости. Найти величину магнитной индукции в центре кривизны дуги.

153\*. Найти напряженность магнитного поля в центре кругового витка радиусом 9 см, помещенного в квадратную рамку со стороной 18 см так, чтоих плоскости совпадают, а направления токов в них силой 20 А противоположны.

154\*. По бесконечно длинному проводу, изогнутому под прямым углом, протекает ток силой 50 А. Найти магнитную индукцию поля в центре кривизны изгиба провода по дуге радиусом 32 см.

155\*. Найти напряженность магнитного поля в центре дуги радиусом 0,2 м, замыкающей два параллельных полубесконечных проводника, если лежат в плоскости, перпендикулярной плоскости дуги, а сила тока в цепи равна 14 А

156\*. Проводник длинойl =1,4 м, по которому течет ток I=2,6 А, равномерно вращается в однородном магнитном поле (B= 0,1 Тл) вокруг оси, проходящей через один из его концов и параллельной вектору В. Период вращения Т = 0,2 с. Найти работу, совершенную за времяt*=* 40 с.

157\*. Рамка, содержащаяN= 1500 витков площадьюS*=* 150 см2, равномерно вращается с частотой n = 960 об/мин в магнитном поле напряженностью Н= 105 А/м. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям напряженности. Определить максималь­ную ЭДС индукции, возникающую в рамке.

158\*. Проволочный виток радиусом r*=* 14 см и сопротивлением R*=* 0,01 Ом находится в однородном магнитном поле (В = 0,2 Тл ). Плоскость витка составляет уголφ= 60° с линиями индукции. Какой заряд протечет по витку при выключении магнитного поля?

159\*. Рамка площадью S= 220 см2 равномерно вращается с частотой n=10 с-1 относительно оси, лежащей в плоскости рамки и перпендикулярной линиям индукции однородного магнитного поля (В=0,12 Тл). Определить среднее значение ЭДС индукции за время, в течение которого магнитный поток, пронизывающий рамку, изменится от нуля до максимального значения.

160\*. Тонкий проводник с сопротивлением R= 14 Ом и длиной l = 1,5 м согнут в виде квадрата и концы его замкнуты. Квадрат помещен в однородное магнитное поле (В= 0,1 Тл) так, что его плоскость перпендикулярна линиям поля. Определить заряд Q, который протечет по проводнику, если квадрат, потянув за противоположные вершины, вытянуть в линию.

ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ЗАЧЕТУ

*Механика*

1. Что необходимо задать для определения системы отсчета, относительно которой рассматривается движение тела?
2. В какой системе отсчета траектория движения мухи, ползущей по спице велосипедного колеса прямолинейна: в системе отсчета, связанной с Землей, с осью колеса, со спицей колеса?
3. Какое тело можно назвать материальной точкой? Приведите примеры.
4. Что такое траектория движения материальной точки?
5. Может ли длина траектории зависеть от выбора системы отсчета?
6. Что такое радиус-вектор **r**, и как с его помощью описать траекторию движения материальной точки?
7. Приведите соотношение, связывающее радиус-вектор **r** с координатами x, y, zматериальной точки.
8. Что такое путь? Что такое перемещение?
9. Материальная точка описала при своем движении половину окружности радиусом R = 5м. Чему равен путь Sи модуль вектора перемещения r точки?
10. Материальная точка движется из пункта А с координатами (5,0) в пункт В с координатами (-3,0). Чему равна проекция перемещения на ось ох?
11. Дайте определение вектора скорости **v**материальной точки.
12. Приведите соотношение, связывающее вектор скорости**v**с его проекциями на координатные оси vx, vy, vz.
13. Радиус-вектор материальной точки меняется со временем по закону:  
    **r =** 10t2**ex** + 16t**ey**+8**ez**. Запишите выражение для вектора скорости **v**(t), найдите угол между вектором скорости и осью х.
14. Дайте определение ускорения **а** материальной точки.
15. Что характеризует тангенциальная (**аτ**) составляющая ускорения материальной точки? Нормальная составляющая (**аn**) ускорения материальной точки? Как выражаются их модули? Чему равен модуль полного ускорения **а**? Запишите соответствующие формулы.
16. Что собой представляет траектория движения частицы, если : **аτ** = 0 и **аn** =0; **aτ** = constи**an** = 0; **aτ** = f(t) и**an** = 0; **aτ** = 0 и**an** = const; **aτ** = 0 и**an**≠ 0
17. Вектор скорости материальной точки меняется со временем по закону   
    **v =** 20t**ex** + 16**ey.**  Найдите ускорение **а** материальной точки.
18. Что называется абсолютно твердым телом? Какое движение абсолютно твердого тела называется вращательным?
19. Что называется угловой скоростью? Как определяется направление угловой скорости? Каким соотношением связаны между собой линейная**v**и угловая **ω** скорости? Как они взаимно направлены? Каким является вращение, если **ω =** const?
20. Что называется периодом вращения Т ? Как он связан с угловой скоростью ω ? Что называется частотой вращения n? Как она связана с периодом Т и с угловой скоростью ω ?
21. Тело вращается с угловой скоростью ω = 12,56 рад/с. Найти число оборотов N, которое совершит тело за время t = 5 минут.
22. Колесо при равномерном вращении совершает N = 5 оборотов за время t1=1c На какой угол ϕ повернется радиус колеса за время t2 = 0,5 с ?
23. Что называется угловым ускорением **β** ? Как направлен вектор углового ускорения **β** ? Каким является вращение,если вектор **β** сонаправлен вектору **ω,** направлен противоположно ему? Как связаны между собой модули тангенциальной составляющей ускорения аτ и углового ускорения β?
24. Напишите формулы, связывающие линейные величины ( длина пути S, пройденного точкой по дуге окружности радиуса R, линейная скорость v, тангенциальное ускорение аτ, нормальное ускорение аn ) и угловые величины ( угол поворота ϕ, угловая скорость ω, угловое ускорение β).
25. Что такое сила? Дайте определение. Каковы возможные результаты действия силы на тело? Как определяются сила тяготения, сила тяжести, вес, сила упругости, сила трения скольжения? Напишите соответствующие формулы.
26. Что такое масса тела? Зависит ли масса тела от его расположения (широты места, высоты над поверхностью Земли)? Зависит ли масса тела от скорости его движения? Если да, то в каком случае? Что называется импульсом материальной точки? Напишите соответствующую формулу.
27. В каких системах отсчета справедливы законы Ньютона? Сформулируйте первый закон Ньютона. Является ли он следствием второго закона Ньютона? Ответ обоснуйте.
28. Приведите две формулировки второго закона Ньютона, напишите соответствующие формулы.  
    С каким ускорением надо поднимать груз на нити, чтобы сила натяжения нити была в 1,5 раза больше силы тяжести груза?
29. Что называется механической системой? Какие системы называются замкнутыми? Какие силы являются внешними? Какие силы являются внутренними? Сформулируйте и напишите закон сохранения импульса. В каких системах этот закон выполняется? Может ли быть ситуация, при которой импульс в целом не сохраняется, но сохраняется одна из его проекций? Если да, то в каком случае?
30. Пуля массой m1= 0,02 кг, летящая горизонтально со скоростью v1 = 600 м/с, попадает в брусок массой m2 = 1кг, стоящий на гладкой горизонтальной поверхности, и, пробив его, вылетает со скоростью v2 = 400 м/с. Определить, с какой скоростью будет двигаться брусок.
31. Напишите формулу для определения работыпостоянной силы. Работа является скалярной величиной или векторной? Может ли быть работа силы отрицательной? Может ли быть работа силы равной нулю? Ответ обоснуйте. Можно ли вычислить работу силы графически? Если можно,то как?  
    Ящик массойm= 20 кг равномерно перемещают по горизонтальной поверхности на расстояние S=30 м с помощью веревки, образующей угол α=30 с горизонтом. Определить работу, затраченную на перемещение ящика, если коэффициент трения k=0,1.
32. Напишите формулу для определения работы переменной силы. Получите выражение для работы силы упругости. Определить работу, совершаемую при растяжении пружины на ΔL=0,2 м, если при растяжении этой пружины на Δl=0,4 м необходимо приложить силу F=8 Н.
33. Дайте определения и напишите соответствующие формулы для всех известных вам видов механической энергии.   
    Работой каких сил обусловлено изменение кинетической энергии?  
    Работой каких сил обусловлено изменение потенциальной энергии?  
    Какие силы называются консервативными? Чему равна работа консервативных сил по замкнутому пути? Приведите примеры консервативных сил.   
    Какова связь между консервативной силой и изменением потенциальной энергии тела? Напишите соответствующую формулу.
34. Чему равна убыль потенциальной энергии частицы, перемещающейся в стационарном поле сил? Напищите соответствующую формулу.  
    Потенциальная энергия частицы имеет вид U = 5xyz. Напишите выражение, определяющее силу, действующую на эту частицу.
35. Как определяется полная механическая энергия тела?   
    При каком условии полная механическая энергия тела сохраняется? Действие каких сил приводит к ее изменению?
36. Как определяется полная механическая энергия системы материальных точек? Напишите соответствующее соотношение. Какие системы материальных точек называются консервативными? Какие системы называются диссипативными?  
    Для каких систем выполняется закон сохранения механической энергии? Сформулируйте его.
37. Действие каких сил может изменить полную механическую энергию системы материальных точек?   
    Сохраняется ли полная механическая энергия системы материальных точек, если : а) в системе отсутствует действие сил трения и сопротивления, и система не является замкнутой?  
    б) система замкнута , и в ней действуют силы трения?  
    в) система замкнута , и в ней отсутствует действие сил трения и сопротивления?  
    г) система не замкнута, но на нее действуют только консервативные силы?  
    Является ли необходимым условием выполнения закона сохранения механической энергии наличие замкнутости системы материальных точек?
38. Что называется моментом силы относительно неподвижной точки? Напишите соответствующую формулу. Сделайте поясняющий чертеж. Укажите на нем направление момента силы. Обоснуйте указанное направление.
39. Что называется моментом силы относительно неподвижной оси? Напишите соответствующую формулу. Сделайте поясняющий чертеж. Укажите на нем направление момента силы. Обоснуйте указанное направление.
40. Диск радиусомR вращается против часовой стрелки вокруг неподвижной оси, проходящей перпендикулярно плоскости диска через его центр. Чему равен и как направлен момент силы F, действующей по касательной к ободу диска? Сделайте поясняющий чертеж.
41. Что называется моментом инерции тела относительно оси вращения? Что характеризует момент инерции тела? Зависит ли момент инерции тела от положения оси вращения? Как определить момент инерции материальной точки относительно оси вращения? Напишите соответствующую формулу.  
    Напишите формулу для определения момента инерции системы , состоящей из n материальных точек относительно оси вращения.
42. Напишите формулу для определения момента инерции тела относительно оси вращения в случае непрерывного распределения масс.  
    Выведите формулу для момента инерции тонкого стержня массой m и длинойlотносительно оси проходящей: а) через центр стержня перпендикулярно его длине; б) через конец стержня перпендикулярно его длине.
43. Как определяется кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси?   
    Шар массой m = 0,25 кг катится по горизонтальной поверхности без проскальзывания со скоростью v = 4 м/с. Определить его полную кинетическую энергию.
44. Напишите уравнение динамики вращательного движения твердого тела. Приведите вывод этого уравнения.  
    Маховик в виде сплошного диска, момент инерции которого I= 1,5 кг/м2, вращаясь при торможении равнозамедленно, за время t = 1 мин уменьшил частоту своего вращения с n0 = 240 об/мин до n1 = 120 об/мин. Найти угловое ускорение β маховика и момент М силы торможения.
45. Что называется моментом импульса материальной точки? твердого тела? Как определить направление момента импульса. Напишите формулу, связывающую изменение момента импульса с моментом силы.

*Электростатика, постоянный ток и электромагнетизм*

1. Что понимается под дискретностью электрического заряда? Какие частицы обладают элементарным зарядом? В чем заключается закон сохранения заряда? Приведите примеры проявления этого закона.
2. Напишите закон Кулона. Поясните смысл всех входящих в него величин.  
   Можно ли применить закон Кулона для определения силы взаимодействия между равномерно заряженным стержнем и точечным зарядом, расположенным на продолжении оси стержня? Ответ обоснуйте.
3. Что называется напряженностью Е электростатического поля? Как определяется направление вектора напряженности Е? Зависит ли величина напряженности Е в данной точке поля от величины пробного заряда qпр, помещенного в эту точку? Чему равна напряженность поля Е, создаваемого точечным зарядомq на расстоянии r от него? Пользуясь принципом суперпозиции, найдите в поле двух точечных зарядов +Qи +2Q, находящихся на расстоянии r друг от друга, точку, где напряженность поля равна нулю.
4. Напишите формулу, определяющую поток вектора напряженности электростатического поля ФЕ через площадку dS. Поясните смысл всех входящих в формулу величин. Сделайте поясняющий чертеж. Напишите формулу, определяющую поток вектора напряженности электростатического поля ФЕ через произвольную замкнутую поверхность S. Может ли поток ФЕ быть положительным, отрицательным, равным нулю? Приведите соответствующие примеры.
5. Напишите формулу, выражающую теорему Гаусса для электростатического поля в вакууме. Примените эту теорему для определения напряженности поля Е равномерно заряженной сферической поверхности, равномерно заряженного бесконечного цилиндра (нити).
6. Напишите формулу, определяющую потенциальную энергию Wточечного заряда q0в поле точечного заряда q. В каком случае энергия Wположительна, в каком отрицательна?
7. Что такое потенциал ϕ данной точки электростатического поля? Дайте определение и напишите соответствующее выражение. Напишите формулу, определяющую потенциал поля точечного заряда. Что такое разность потенциалов? Напишите соответствующую формулу.
8. Какова связь между напряженностью и потенциалом? Напишите соответствующее выражение. Найти разность потенциалов Δϕ между двумя точками, лежащими на расстояниях х1 и х2 от равномерно заряженной с поверхностной плотностью заряда σ бесконечной плоскости.
9. Что называется силой тока? Что называется плотностью тока? Напишите соответствующие формулы. Определить плотность тока, если за tс через проводник сечениемSм2 прошло Nэлектронов. Назовите условия возникновения и существования электрического тока.
10. Что называется электродвижущей силой? Какие силы являются сторонними?
11. Напишите закон Ома для неоднородного участка цепи. Поясните смысл всех входящих в него величин. Получите частные случаи этого закона: закон Ома для однородного участка цепи, закон Ома для замкнутой цепи.   
    Выведите закон Ома в дифференциальной форме.
12. Напишите закон Джоуля-Ленца. Выведите дифференциальную форму этого закона.  
    К концам проводника приложено напряжение U = 10 В. Какой заряд должен пройти по проводнику, чтобы в нем выделилось Q = 1000 Дж тепла?
13. Чему равен и как направлен магнитный момент рамки с токомpm? Как определяется вращающий момент сил М, действующий на рамку с током в магнитном поле.
14. Что такое вектор индукции магнитного поля В? Как можно определить величину вектора индукции магнитного поля В? Что такое линии магнитной индукции? Как определяется их направление? Чем они отличаются от линий напряженности электростатического поля? Нарисуйте и покажите, как направлены линии магнитной индукции поля прямого тока.
15. Напишите закон Био-Савара-Лапласа, поясните смысл всех входящих в него величин. Пользуясь этим законом, выведите формулу для определения индукции магнитного поля В : 1) прямого тока; 2) в центре кругового проводника с током.
16. Напишите закон Ампера. Поясните смысл всех входящих в него величин. Как определяется направление силы Ампера? Сделайте поясняющий чертеж.
17. Выведите формулу для определения силы взаимодействия двух бесконечных прямолинейных одинаковых токов противоположного направления. Сделайте поясняющий чертеж, указав на нем направления токов, вектора индукции В, силF12и F21, действующих на каждый из проводников.
18. Напишите формулу, определяющую силу Лоренца. Как направлена сила , действующая на отрицательный электрический заряд, движущийся в магнитном поле?
19. Как определяется поток вектора индукции магнитного поля Ф? Напишите соответствующую формулу. Сделайте поясняющий чертеж.
20. В чем заключается явление электромагнитной индукции? Что является причиной возникновения э.д.с. в замкнутом проводящем контуре? Напишите закон Фарадея для электромагнитной индукции. Сформулируйте правило Ленца, проиллюстрировав его примером. Какова природа э.д.с. электромагнитной индукции?

ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К ТЕСТИРОВАНИЮ

*Механика:*

**ТЗ№1**.На рисунке представлена траектория материальной точки. Вектор перемещения м.т. из 1 в 2 это вектор….

Ответ: *С*

**ТЗ №2**. Если *l*– пройденный телом путь между двумя точками, а - модуль соответствующего перемещения, то

1

2

*Х*

*Z*

*Y*

*О*







А) ;

В) ;

\*С) ;

Д) .

**ТЗ№3**. Число степеней свободы системы, состоящей из трех материальных точек, жестко связанных между собой невесомыми нерастяжимыми стержнями (трехатомная молекула), равно: *i* = ….

Ответ: 6

**ТЗ№4**. Векторное произведение  равно

А) ;

\*В) ;

С) 0;

Д) 1.

**ТЗ№5** Камень брошен под углом к горизонту *α* у поверхности Земли со скоростью . Нормальное ускорение в верхней точке траектории равно:

А) *g*tg*α*;

В) *g*sin*α*;

С) *g*cos*α*;

\*Д) *g.*

**ТЗ№6**. Мальчик равномерно вращается на карусели радиусом *R* = 2 *м* с угловой скоростью *ω* = 0,5 *рад/с*. За время *t* = 4 *с* длина пути, пройденного мальчиком, равна: *L* = … *м*.

Ответ: 4

**ТЗ№7**. Санки массой *m* остаются в покое на горизонтальной поверхности под действием силы *F*, направленной вверх под углом *α* к горизонту. Коэффициент трения равен *μ*. Модуль силы трения, действующей на тело, равен:

A) *μmg; \**B) *F*cos*α ;* C) *μ(mg - F*sin*α);* D) *μ(mg + F*sin*α).*

*α*



*m*

**ТЗ№8**. Момент импульса системы сохраняется:

А) только если система замкнута;

В) только когда векторная сумма всех внешних сил, действующих на систему, равна нулю;

\*С) лишь при выполнении условия, что векторная сумма моментов всех внешних сил равна нулю;

D) во всех случаях, когда центр масс системы движется прямолинейно или покоится.

**ТЗ№9**. Запишите аналитическое выражение второго закона Ньютона для материальной точки, движущейся со скоростью много меньшей скорости света. Используйте для записи шаблон *ab*@*c@c*.

**;**

**;**

****

****

**Ответ:** *a*3*b*2=*c*2/*c*3

*R*

*L*

**ТЗ№10**. На рисунке изображен физический маятник (диск, закрепленный на стержне длиной L=R), который проходит положение равновесия с угловой скоростью *ω* = 1 *рад/с* и кинетической энергией *Ек* = 9 *Дж*. Момент инерции маятника относительно центра масс равен … *кг⋅м*2.

Ответ: 2

**ТЗ№11**. Под действием момента силы *М* = 10 *Н⋅м* объект «повернулся» на угол *δϕ*= 10 *рад*. Совершенная работа силы, обеспечившей такой поворот, равна …, *Дж*.

Ответ: 100

**ТЗ№12**. Зависимость потенциальной энергии частицы от модуля радиус-вектора *r*имеет вид , где *a* = const> 0, *b* = const> 0. Частица находится в равновесии при значении *r*, равном:

A); \*B) ; C) ; D) 

**ТЗ№13**. Между двумя шарами, движущимися навстречу друг другу, происходит центральный абсолютно неупругий удар. Модули импульсов шаров *р*1 = *р*2 = 2 *кг⋅м/с*. Массы *m*1 = 1 *кг*, *m*2 = 0,5 *кг*. Количество выделившегося в результате столкновения тепла равно … Дж.

Ответ: 6

**ТЗ№14**. Материальная точка массой m = 1 г движется в потенциально силовом поле, в котором изменение ее потенциальной энергии на некотором участке движения оказалось равным *Дж*. Изменение квадрата скорости частицы  равно …. *м*2/*с*2.

Ответ: 2

ТЗ№15. Зависимость потенциальной энергии частицы от модуля радиус-вектора  имеет вид , где *k* = const> 0. Сила, действующая на частицу в этом поле, равна:

A) ; B) ; C) ; \*D) .

*Электростатика*

**ТЗ№1.** Два точечных заряда и 2находятся на некотором расстоянии друг

от друга.- сила, действующая на заряд , - сила , действующая на заряд 2

А) =2

\*В) =-

С) 2=

Д) =

**ТЗ№2.** . Электростатическое поле создано двумя точечными разно-

именными равными по величине зарядами. Напряженность поля в точке О направлена вдоль вектора:

О

А

B

D

C

(Точка О находится на перпендикуляре, проведенном из середины линии соединяющей заряды.)

Ответ: C

**ТЗ№3.**  Циркуляция вектора Е численно равна работе по:

А) перемещению заряда q из одной точки поля в другую.

\*В) по перемещению единичного заряда по замкнутому контуру.

С) по перемещению единичного заряда из бесконечности в данную точку.

D) по перемещению произвольного заряда q по замкнутому контуру.

**ТЗ№4.** Потенциальная энергия взаимодействия двух точечных зарядов равна:

А) 

\*В) 

С) 

D) 

**ТЗ№5.**Тонкая нить, имеющая форму окружности радиуса , равномерно заряжена с линейной плотностью τ. Напряженность поля в центре **к**ольца равна:

\*А) 0

В) R

С) 

Д) 

**ТЗ№6**. Батарею из n последовательно соединенных конденсаторов c общей

емкостью С подключили к источнику напряжения U. Напряжение на любом i -ом конденсаторе с емкостью  равно:

1. U

\*B)U

C)U(1-)

D)U/n

**ТЗ№7**.Напряженность поля внутри диэлектрика определяется:

A) только свободными зарядами

B) только поляризационными зарядами

\*C) свободными и поляризационными зарядами

D) индуцированными зарядами

**ТЗ№8**. Градиент потенциала в поле конденсатора имеет направление:

A)

\*B) + -

С)

D) это скаляр

**ТЗ№9**. Поле создано бесконечной нитью заряженной с линейной плотностью заряда τ. Поток вектора Е через поверхность сферы радиусом R равен (нить проходит через центр сферы)

A)0B) \*C) D) 

**ТЗ№10**. Расстояние между пластинами плоского конденсатора емкостью С0 уменьшили вдвое, а разность потенциалов увеличили вдвое. Емкость конденсатора станет равной:

\*1)

2)

3)

4)

*Электромагнетизм*

**ТЗ№1**.Если сила тока в катушке индуктивностью 0,1 Гн изменяется

с течением времени, как показано

на графике, то в катушке возникает ЭДС

самоиндукции, равная по величине:

t,c

0,1

0,2

0,3

I,A

1

2

3

А. 1 В\* В. 2 В С. 10 В Д. 0,5 В

**ТЗ№2**.На рисунке представлены два способа вращения

рамки в однородном магнитном поле. Ток в рамке

возникает: III

А. в обоих случаях;

В. ни в одном из случаев; ω

С. только в первом случае\*

Д. только во втором случае

Ω

**ТЗ№3**.Единицей какой физической величины является тесла?

А. Магнитного потока. В. Магнитной индукции.\*

С. Индуктивности. Д. Магнитной восприимчивости.

**ТЗ№4**. Найти индуктивность проводника, в котором равномерное

изменение силы тока на 2 А в течение 0,5 с возбуждает ЭДС

самоиндукции 20 мВ.

А 5 мГн\* В. 50 мГн С.0,5 мГн Д. 0,05 мГн.

**ТЗ№5**. В магнитном поле находится замкнутый проволочный виток

произвольной формы сопротивлением R. Магнитный поток Ф,

пронизывающий контур, уменьшается до нуля в течение

промежутка времени Δt. Чему равен заряд q, прошедший

по контуру?

А. *Ф/R\** В. *ФR/*Δ*t* С. *Ф* Δ*t /R* Д. *Ф /(*RΔt*)*

**ТЗ№6**. Единицей измерения какой физической величины

является вебер?

А. магнитной индукции. В. магнитной проницаемости

С. магнитного потока.\* Д. напряженности магнитного поля

**ТЗ№7.** Электрон движется в некоторый момент времени параллельно току, как показано на рисунке. Укажите направление силы, действующей на электрон в этот момент.

I

qэV

А. Влево. В. Вправо. С. Вверх. Д. Вниз.\*

**ТЗ№8**. Электрический заряд первый раз перемещается по замкнутому

контуру в электростатическом поле, а второй раз вращается

в магнитном поле с постоянной скоростью по окружности.

В каком случае работа поля равна нулю?

А. Только в первом. В. Только во втором.

С. В 1 и 2.\* Д. Ни в 1, ни во 2.

**ТЗ№9**. Аналитическое выражение, описывающее силу Ампера ,

действующую на элемент проводника  с током , имеет вид:

А) .

В) .

С) .

\*D) .

**ТЗ№10**. Теорема Гаусса для магнитного поля  утверждает:

А) .

В) .

\*С) .

D) .

**ТЗ№11**. Электрон движется в магнитном поле  по окружности под

действием силы Лоренца. Работа силы Лоренца  при перемещении на

 равна:

А) .

\*В) .

С) .

D) .

**ТЗ№12.** Закон полного тока в вакууме имеет вид

\*А) . В) .

С) . D) .

Где  – замкнутый контур,  – замкнутая поверхность  – электрические

токи.

СПРАВОЧНЫЕ ТАБЛИЦЫ

1. Основные физические постоянные (округленные значения)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Физическая постоянная | Обозначение | Числовое значение |
| Ускорение свободного падения | g | 9,81 м/с² |
| Гравитационная постоянная | γ | **6,67**·/(кг) |
| Число Авогадро | Νа | 6,02· |
| Универсальная газовая постоянная | R | 8,31·/() |
| Постоянная Больцмана | k | 1,38· |
| Заряд электрона | e | 1,60· |
| Масса электрона | m | 9,1· кг |
| Скорость света в вакууме | c | 3,00· |

2. Плотность твердых тел

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| *Материал* | Плотность, кг/м³ | *Материал* | Плотность, кг/м³ |
| Алюминий  Барий  Ванадий  Висмут  Железо  Литий | 2,7·10³  3,5·10³  6,0·10³  9,8·10³  7,8·10³  0,53·10³ | Медь  Никель  Свинец  Серебро  Цезий  Цинк | 8,9·10³  8,9·10³  11,3·10³  10,5·10³  1,9·10³  7,1·10³ |

3.Плотность жидкостей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Жидкость | *Плотность, кг/м³* | Жидкость | Плотность, кг/м³ |
| Вода (при 4° С) | 1,00·10³ | Ртуть | 13,6·10³ |
| Глицерин | 1,26·10³ | Спирт | 0,80·10³ |
| Масло | 0,9·10³ | Сероуглерод | 1,26·10³ |

4. Диэлектрическая проницаемость

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вещество | Проница-емость | Вещество | Проница-емость |
| Парафин  Стекло  Слюда | 2,0  7,0  6,0 | Вода  Масло трансформа-торное | 81  2,2 |

5. Удельное сопротивление металлов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Металл | Удельное со- противление, Ом·м | Металл | Удельное со- противление, Ом·м |
| Железо  Нихром  Вольфрам | 9,8·  1,1·  5,5· | Медь  Серебро  Никелин | 1,7·  1,6·  4,0· |

