**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ**

**Государственное образовательное учреждение**

**высшего профессионального образования**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ**

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ**

**им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»**

**ФИЗИКА**

**методические указания и контрольные**

**задания**

**факультет**

**вечернего и заочного обучения**

**Часть I**

****

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

**2012**

УДК 531

Физика. Методические указания и контрольные задания. Факультет вечернего и заочного обучения. Часть I. М.С. Аксенов, А.Д. Андреев, Т.С. Лагур, М.А. Поляков, С.А. Салль; ГУТ. СПб, 2012.

 Методические указания содержат вопросы программы изучения разделов «Механика», «Специальная теория относительности», «Молекулярная физика и термодинамика», «Электростатика» курса общей физики, список литературы, примеры решения задач и задания по контрольной работе №1 для студентов заочной формы обучения.

 Указания могут быть использованы для самостоятельной работы студентов первого курса всех форм обучения по программе бакалавриата.

 *Методические указания рекомендованы к печати редакционно-издательским советом СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича*

Ответственный редактор - С.А. САЛЛЬ

Рецензент - Б.И. САПРЫКИН

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**К ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ**

Студенты факультета ВИЗО СПбГУТ в первой части курса физики изучают следующие разделы: «Механика», «Специальная теория относительности», «Молекулярная физика и термодинамика», «Электростатика».

При выполнении контрольных заданий необходимо соблюдать следующие правила.

1. Номером варианта контрольных заданий, которые должен выполнить студент, является последняя цифра номера его студенческого билета.

2. Каждое контрольное задание следует выполнять в отдельной тонкой тетради школьного типа.

3. Условия задач переписываются полностью, без сокращений.

4. Решение каждой задачи следует начинать с новой страницы, оставляя место для замечаний преподавателя.

5. При решении задач выполнять правила, указанные в пункте «Методические указания к решению задач» (см. ниже).

6. Если при проверке работы преподавателем в ней обнаружены серьезные ошибки и на обложке сделана пометка «на повторное рецензирование», следует исправить ошибки и снова представить работу в деканат на проверку. Исправления делать в той же тетради, в конце работы.

7. Если на обложке рецензентом сделана пометка «допущен к собеседованию», следует исправить ошибки, указанные преподавателем, и придти с тетрадкой на очное собеседование, которое осуществляется во время лабораторно-экзаменационной сессии. После этого контрольная работа может быть зачтена и студент допускается к сдаче экзамена.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ

 При решении задач студентам следует соблюдать приведенные ниже правила и последовательность действий:

1. Записать краткое условие задачи, вводя буквенные обозначения физических величин, указанных в условии задачи, и перевести их численные значения в систему СИ.

 2. Сделать рисунок, поясняющий содержание задачи и введенные обозначения.

 3. Указать физические законы, которые описывают явления, указанные в условии задачи.

 4. Используя математическую запись законов, установленных в п. 3, составить уравнение или систему уравнений, из которых могут быть определены искомые величины.

 5. Решить эти уравнения в общем виде и получить формулу, в левой части которой стоит искомая величина, а в правой величины, заданные в условии задачи.

 6. Значения величин, заданные в условии задачи, подставить в полученную формулу и сделать вычисления, сохраняя при этом не более трех значащих цифр в ответе.

**ПРОГРАММА ПЕРВОЙ ЧАСТИ КУРСА ФИЗИКИ**

### 1. Механика

ВОПРОСЫ ПРОГРАММЫ

1. Кинематика движения материальной точки. Тангенциальное и

нормальное ускорение. Движение материальной точки по окружности. Угловая скорость и угловое ускорение. Прямая и обратная задачи кинематики материальной точки.

2. Кинематика поступательного движения тела. Вращательное движение абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси. Связь между линейными и угловыми величинами. Векторное произведение.

 3. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Второй закон Ньютона. Движение центра инерции тела. Третий закон Ньютона. Закон изменения и закон сохранения импульса системы тел.

 4. Динамика вращательного движения. Момент импульса материальной точки, системы тел относительно точки и относительно оси. Момент силы. Закон изменения и закон сохранения момента импульса. Момент инерции тел относительно оси. Основной закон динамики вращательного движения.

 5. Работа силы. Скалярное произведение. Работа равнодействующей силы как приращение кинетической энергии материальной точки. Консервативные силы. Связь работы консервативной силы и потенциальной энергии. Работа и кинетическая энергия при вращательном движении. Закон изменения и закон сохранения полной механической энергии.

 6. Границы применимости классической механики.

#### ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМУЛЫ

 В декартовой прямоугольной системе координат положение материальной точки характеризуют при помощи радиус - вектора:

 , (1.1)

где - орты, единичные векторы, направленные вдоль осей OX, OY, OZ соответственно.

Средняя и мгновенная скорости материальной точки:

  (1.2)

где  **-** перемещение точкиза промежуток времени Δ*t*; - элементарное перемещение за время ;  – путь, пройденный материальной точкой, за промежуток времени Δ*t*.

 Среднее и мгновенное ускорения материальной точки:

**** (1.3)

Полное ускорение при криволинейном движении:

  ,  , (1.4)

где  **-** тангенциальная составляющая ускорения;  - нормальная составляющая ускорения, *r* – радиус кривизны траектории в данной точке.

 Угловая скорость  и угловое ускорение  при вращательном движении абсолютно твердого тела относительно неподвижной оси:

  ,   **.** (1.5)

Для равномерного вращательного движения:

  , (1.6)

где  - угол поворота, *Т* – период вращения, *n –* частота вращения.

Связь между линейными и угловыми величинами:

 , , , (1.7)

где - расстояние рассматриваемой точки от оси вращения.

В векторном виде:  . (1.8)

 Импульс материальной точки:

  . (1.9)

 Второй закон Ньютона:  (если *m* = const) . (1.10)

 Закон сохранения импульса для замкнутой системы N материальных точек:

  (1.11)

 Момент импульса (количества движения) материальной точки относительно точки:

 , (1.12)

где – радиус-вектор, проведенный из этой точки к частице.

 Момент силы относительно точки:

  , (1.13)

где – радиус-вектор, проведенный из этой точки в точку приложения силы.

 Для одной точки или для системы материальных точек имеет место уравнение моментов:

 , (1.14)

где - результирующий момент всех внешних сил, действующих на систему, а  - момент импульса системы:

 . (1.15)

 Закон сохранения момента импульса для замкнутой системы:

  (1.16)

 Основное уравнение динамики вращательного движения:

  , (1.17)

где  - момент инерции абсолютно твердого тела относительно неподвижной оси вращения,  - проекция на ось вращения результирующего момента всех внешних сил, действующих на тело.

Момент импульса тела относительно оси вращения  связан с моментом инерции  соотношением:

 . (1.18)

 Момент инерции материальной точки:

 , (1.19)

где *m –* масса точки, *r –* расстояние до оси вращения.

 Момент инерции системы материальных точек:

  (1.20)

где  - расстояние от точки массой  до оси вращения.

 В случае непрерывного распределения масс момент инерции вычисляется по формуле:

 , (1.21)

где - плотность материала, - элементарный объём.

 Выражения для моментов инерции некоторых тел относительно оси, проходящей через их центр масс:

 - для сплошного однородного цилиндра с осью вращения, совпадающей с осью цилиндра;

- для сплошного однородного тонкого стержня длиной  с осью вращения, перпендикулярной стержню и проходящей через его середину;

 - для сплошного однородного шара относительно оси, проходящей через его центр.

 Теорема Штейнера:

 , (1.22)

 где  - момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс, - момент инерции относительно параллельной оси, отстоящей от первой на расстояние *a*, *m* – масса тела.

 Элементарная работа, совершаемая силой:

 , (1.23)

где - проекция силы на направление перемещения, α – угол между направлением силы и направлением элементарного перемещения.

 В общем случае работа силы равна:

 . (1.24)

 Работа силы при вращательном движении абсолютно твердого тела относительно неподвижной оси:

  . (1.25)

Мгновенная мощность:

  (1.26)

 Кинетическая энергия материально точки, поступательного движения тела:

 . (1.27) Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси:

  . (1.28)

 Связь между консервативной силой и потенциальной энергией частицы:

 . (1.29)

 Потенциальная энергия упругодеформированного тела:

  , (1.30)

где *k* – коэффициент упругости, *x* – абсолютная деформация.

 Закон сохранения полной механической энергии для консервативной системы:

  . (1.31)

1. **Специальная теория относительности**

ВОПРОСЫ ПРОГРАММЫ

 1. Преобразования Лоренца. Длительность событий. Длина тел. Закон сложения скоростей. Интервал между событиями.

 2. Релятивистский импульс. Релятивистское выражение для энергии. Полная и кинетическая энергия релятивистской частицы. Связь между энергий и импульсом релятивистской частицы.

#### ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМУЛЫ

 Преобразования Лоренца:

  , (2.1)

где полагается, что система отсчета  движется со скоростью 

в положительном направлении оси  системы отсчета , причем оси **** и  совпадают, а оси  и ,  и  параллельны друг другу; - скорость света в вакууме.

Замедление хода движущихся часов:

  , (2.2)

где  - промежуток времени между двумя событиями в системе отсчета относительно которой часы неподвижны (),  - промежуток времени между теми же событиями в системе отсчета (), в которой часы движутся со скоростью .

 Лоренцево сокращение продольных размеров тел:

  , (2.3)

где  - длина стержня, измеренная в системе отсчета, относительно которой стержень покоится ();  - длина стержня в системе отсчета, относительно которой он движется вдоль оси  со скоростью  ().

Релятивистский закон сложения скоростей:

  , (2.4)

где используются такие же предположения, как и в записи преобразований Лоренца.

Релятивистский импульс:

  (2.5)

 Основной закон релятивистской динамики:

  (2.6)

где  - релятивистский импульс.

Полная () и кинетическая () энергия релятивистской частицы:

  ,  , (2.7)

где  - масса покоя.

 Связь между энергией и импульсом релятивистской частицы:

  . (2.8)

### Молекулярная физика и термодинамика

ВОПРОСЫ ПРОГРАММЫ

 1. Модель идеального газа. Давление газа на стенку. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Уравнение состояния идеального газа. Уравнение адиабаты для идеального газа. Уравнение Пуассона. Теорема о равнораспределении энергии по степеням свободы. Теплоемкость идеального газа. Уравнение Майера.

 2. Состояние системы. Первое начало термодинамики. Работа, совершаемая идеальным газом при различных процессах. Первое начало термодинамики для различных физических процессов.

 3. Второе начало термодинамики. К.п.д. тепловой машины. К.п.д. цикла Карно для идеального газа. Неравенство Клазиуса. Энтропия. Принцип возрастания энтропии. Формула Больцмана. Теорема Нернста. Третье начало термодинамики. Статистическая природа необратимости тепловых процессов. Примеры расчета энтропии.

#### ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМУЛЫ

 Зависимость давления газа от концентрации  молекул и температуры

 , (3.1)

где  - постоянная Больцмана (= 1,38 · 10-23 Дж/К), *T –* термодинамическая температура, связанная с температурой в практической шкале *t*0 С соотношением *T* = (273 + *t*0 С) К (измеряется в Кельвинах).

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеальных газов

  , (3.2)

где  - давление,  - масса одной молекулы,  - средняя квадратичная скорость молекул.

 Барометрическая формула

  , (3.3)

где  и  - давления газа на высоте  и ,  - молярная масса газа.

 Уравнение состояния идеального газа

 , (3.4)

где  - объем, - масса газа,  - универсальная газовая постоянная.

 Уравнение адиабатного процесса (уравнение Пуассона)

 , (3.5)

где  - отношение теплоемкостей при постоянном давлении и постоянном объеме.

Средняя энергия молекулы

  , (3.6)

где  - сумма поступательных, вращательных и удвоенного числа колебательных степеней свободы.

Внутренняя энергия идеального газа

  . (3.7)

Молярные теплоемкости газа при постоянном объеме и постоянном давлении

 ,  . (3.8)

Уравнение Майера

  . (3.9)

Первое начало термодинамики

  , (3.10)

где  - количество теплоты, сообщенное системе,  - изменение ее внутренней энергии,  - работа системы против внешних сил.

Работа газа при изобарном процессе

 . (3.11)

Работа газа при изотермическом процессе

  . (3.12)

Термический коэффициент полезного действия для кругового процесса

 , (3.13)

где  - количество теплоты, полученное системой, - количество теплоты, отданное системой.

Термический коэффициент полезного действия цикла Карно

 , (3.14)

где - температура нагревателя,  - температура холодильника.

Изменение энтропии при равновесном переходе из состояния 1 в состояние 2

  . (3.15)

### 4. Электростатика

ВОПРОСЫ ПРОГРАММЫ

 1. Электрический заряд. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. Характеристика электрического поля. Принцип суперпозиции для напряженности и потенциала. Циркуляция вектора напряженности. Связь между потенциалом и вектором напряженности. Напряженность как градиент потенциала. тело.

 2. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса в интегральной форме. Применение теоремы Гаусса. Поле бесконечной равномерно заряженной плоскости и плоского конденсатора. Поле бесконечного равномерно заряженного цилиндра (нити). Проводники в электрическом поле.

 3. Электрическая емкость проводников. Электроемкость конденсаторов. Диэлектрики. Типы диэлектриков. Вектор поляризации. Характеристики электрического поля в диэлектриках. Связь между ними. Преломление линий E и D на границе раздела двух диэлектриков.

 8. Энергия системы электрических зарядов. Энергия заряженного проводника. Энергия заряженного конденсатора. Объемная плотность энергии электрического поля.

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ФОРМУЛЫ

 Закон Кулона

  , (4.1)

где *F* – сила взаимодействия двух точечных зарядов *q*1 и *q*2  , *r* – расстояние между ними, ε – диэлектрическая проницаемость среды, ε0 – электрическая постоянная (ε0 = 8,85 · 10-12  Ф/м).

 Напряженность и потенциал электростатического поля:

  , , или  , (4.2)

где  - сила, действующая на точечный положительный заряд , помещенный в данную точку поля, *W*- потенциальная энергия заряда ,  - работа перемещения заряда  из данной точки поля за его пределы.

 Напряженность и потенциал электростатического поля точечного заряда *q* на расстоянии *r* от заряда

  ,  . (4.3)

 Принцип суперпозиции электростатических полей

  ,  , (4.4)

где  ,  - напряженность и потенциал поля, создаваемого зарядом *qi* .

Циркуляция вектора напряженности вдоль замкнутого контура

  , (4.5)

где  - вектор элементарного перемещения.

 Связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля

 . (4.6)

 Поток вектора напряженности через произвольную поверхность *S*

  . (4.7)

 Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме

  , (4.8)

где *qi*  - заряды, заключенные внутри замкнутой поверхности *S , n* - число зарядов, *Еn* – проекция вектора  на нормаль к элементарной площадке d*S*.

 Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной бесконечной плоскостью

  , (4.9)

где  - поверхностная плотность зарядов на плоскости.

 Напряженность поля, создаваемого двумя бесконечными параллельными равномерно заряженными плоскостями

  . (4.10)

Напряженность поля равномерно заряженной нити

  , (4.11)

где λ – линейная плотность зарядов на нити, *r*  - расстояние до нити.

Электроемкость уединенного проводника

  , (4.12)

где *q* - заряд, сообщенный проводнику,  - потенциал, сообщенный проводнику.

 Емкость плоского конденсатора

  , (4.13)

где  - площадь пластины, - расстояние между пластинами.

Емкость цилиндрического конденсатора

  , (4.14)

где *l* – длина конденсатора, *r*1 и *r*2 - радиусы цилиндров.

 Поляризованность (вектор поляризации)

  , (4.15)

где  - объем диэлектрика,  - дипольный момент *i*-й молекулы.

 Связь между поляризованностью диэлектрика и напряженностью электростатического поля

  , (4.16)

где χ – диэлектрическая восприимчивость вещества.

 Связь диэлектрической проницаемости ε с диэлектрической восприимчивостью χ

 . (4.17)

 Связь между векторами электрического смещения и напряженностью электростатического поля

  . (4.18)

 Связь между  и 

 . (4.19)

 Энергия взаимодействия системы точечных зарядов

  , (4.20)

где  - потенциал, создаваемый в точке нахождения заряда  всеми зарядами, кроме *i* – го.

 Энергия уединенного заряженного проводника

  . (4.21)

 Энергия заряженного конденсатора

  , (4.22)

где *U* – разность потенциалов между обкладками.

Объемная плотность энергии электростатического поля

  . (4.23)

**Литература**

1. Савельев И.В. Курс общей физики : Кн. 1,2. – М. : Наука. Физматлит, 1998 (и более поздние издания).

2. Андреев А.Д., Черных Л.М. Физика. Механика: конспект лекций. СПбГУТ. – СПб, 2004.

3. Андреев А.Д. Черных Л.М. Физика. Электростатика: конспект лекций. СПбГУТ. – СПб, 2004.

 4. Андреев А.Д., Капитанова Г.М., и др. Методические указания к решению задач по курсу общей физики. ЛЭИС. - Л., 1989.

 5. Аксенов М.С., Габруннер Г.М., и др. Курс физики. Методические и контрольные задания. Факультет вечернего и заочного обучения. Часть 1. ГУТ. – СПб, 1997.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА 1

Механика

Примеры решения задач

 1. Тело двигается прямолинейно. Скорость его движения зависит от времени по закону  (м/с) , масса тела 0,3 кг.

 Определить: силу, приложенную к телу в момент времени *t* = 2 c; работу силы за промежуток времени от *t* 1 = 0 до *t* 2 = 2 с; путь, пройденный телом за этот промежуток времени; среднюю скорость за первые две секунды движения.

 Дано:  (м/с) , *m* = 0,3 кг.

 Определить: *F*, *A*, Δ*s*, .

Решение

 Используя основное уравнение динамики поступательного движения, имеем:

;

 *F*  = 0,3 · 0,4 · 3 *t*2 = 0,36 *t* = 0,36 · 22  = 1,44 Н.

 Так как работа силы, действующей на тело, равна изменению его кинетической энергии, то

,

и, учитывая, что , получим

*А* = 0,3 · (0,4 · 23 )2 /2 = 1,54 Дж.

 Пройденный путь

 ;

 .

 Так как

, то  м/c.

 2. Человек стоит на скамейке Жуковского (небольшой горизонтально расположенный диск, который может вращаться относительно вертикальной оси, проходящей через его центр) и ловит рукой мяч массой 0,4 кг, летящий в горизонтальном направлении со скоростью 20 м/с. Траектория мяча проходит на расстоянии 0,8 м от вертикальной оси вращения.

 Определить угловую скорость вращения скамьи Жуковского с человеком, поймавшим мяч. Считать, что суммарный момент инерции человека и скамьи 6 кг **·** м2 . Мяч принять за материальную точку.

 Дано: *m* = 0,1 кг; *υ* = 20 м/c; *r* = 0,8 м; *I* = 6 кг **·** м2  .

 Определить: *ω* .

Решение

Так как для системы, состоящей из скамьи Жуковского, человека и мяча, суммарный момент внешних сил равен нулю, эту систему можно считать замкнутой и применить к ней закон сохранения момента импульса:

 ** ,**

где *L*1 = *mυr -* момент импульса мяча (человек и скамья находились в состоянии покоя), *L*2 = (*I*1 +*I*2)*ω* – суммарный момент импульса скамьи, человека и мяча после того, как человек поймал мяч. *I*1 = *mr*2 ; *mυr*  = (*I*1 +*I*2)*ω*;

 ,  .

 3. Среднее время жизни π – мезона в связанной с ним системе отсчета составляет 26 нс. Определить время его жизни в неподвижной (лабораторной) системе отсчета. Масса π – мезона в 273 раза больше массы электрона, а его энергия 6 Гэв.

 Дано: *E* = 6 Гэв = 9,6 · 10-10 Дж, *τ*0 = 26 нс = 2,6 · 10-8 с , *m*0 = 273 *m*e, *m*e = 9,1 · 10-31 кг.

 Определить: *τ*.

Решение

 Согласно выражениям для замедления хода часов

 ,

и взаимосвязи энергии и массы

 ,

откуда

  = = 1,11· 10-6 с.

 4. Ракета массой 1,5 т приобрела скорость 1,2 · 108 м/c. Определить кинетическую энергию ракеты.

 Дано: *m*0 = 1,5· 103 кг, *υ* = 1,2· 108 м/c.

 Определить: *Wk* .

Решение

 Полная и кинетическая энергия ракеты

 ,  ,

 .

 Из этих выражений получаем

 = 1,5·103 · (3·108)2  =

=1,23·1019 Дж.

 5. Теплоизолированный сосуд объемом 3 л, заполненный одноатомным газом при температуре 300 К под давлением 105  Па, соединяют трубкой, объемом которой можно пренебречь, с сосудом объемом 2 л, заполненным таким же газом при температуре 400 К под давлением 2 · 105 Па. Какие температура и давление установятся в сосудах после их соединения?

 Дано: *V*1 = 0,003 м3, *Т*1 = 300 К, *p*1 = 105 Па, *V*2 = 0,002 м3, μ1 = μ2 =μ, *Т*2 = 400 К, *p*2 = 2 ·105 Па .

 Определить: *p*, *T* .

Решение

 В теплоизолированном сосуде внутренняя энергия газа не изменяется:

 +  =  ,

или с учетом уравнения Клапейрона-Менделеева

 +  =  ,

откуда

 =  Па .

Температуру газа найдем, записав закон сохранения количества вещества (для числа молей):



 +  =  ; 350 К .

 6. Идеальная тепловая машина за цикл совершает работу 200 Дж и передает холодильнику 300 Дж теплоты. Найти температуру нагревателя, если температура холодильника 300 К.

 Дано: *А* = 200 Дж, *Q*2  = 300 Дж, *Т*2  = 300 К.

 Определить: *T*1 .

Решение

 КПД идеальной тепловой машины

 ,

где *Q*2 – теплота, переданная холодильнику. С другой стороны,

 ,

откуда следует



 Получаем  = 500 К.

 7. Электрическое поле образовано в вакууме бесконечной нитью с линейной плотностью заряда 2·10-9 Кл/см. Определить: силу, действующую на электрон в точке на расстоянии 1 см от оси нити; скорость, которую получит электрон, при перемещении из точки на расстояние 1 см в точку на расстояние 0,5 см от оси нити.

 Дано: λ = 2· 10-9 Кл/см = 2· 10-7 Кл/м; *e* = 1,6· 10-19 Кл; *m* = 9· 10-31 кг; *r*1 = 1 см = 10-2 м; *r*2 = 0,5 см = 5· 10-3 м .

 Определить: *F*, *υ* .

Решение

 Сила, действующая на заряд *e* в электрическом поле

 .

 Напряженность поля, созданного бесконечной равномерно заряженной нитью в точке на расстоянии *r* от оси нити, равна

 ,

где λ - линейная плотность заряда на нити.

 Таким образом,

 .

 При перемещении электрона электрическое поле, созданное нитью, производит работу

 ,

где  - разность потенциалов в точках на расстоянии *r*1 и *r*2 от оси нити.

 ;  .

 Работа сил поля равна изменению кинетической энергии электрона

 .

 Считая начальную скорость электрона равной нулю, получим:

 или  ,

 Откуда   ,

 Н ;

 м/c .

 8. У заряженного плоского конденсатора, отключенного от источника, вынули диэлектрическую пластину (ε =5), занимавшую пространство между обкладками, а затем увеличили расстояние между обкладками в 5 раз. Определить отношение работы, необходимой для удаления диэлектрика, к работе, затраченной на раздвижение пластин, а также отношение конечной энергии конденсатора к его начальной энергии. Изменится ли последнее отношение и полная совершенная работа, если сначала раздвинуть пластины, а затем вынуть?

 Дано: ε = 5;  = 5.

 Определить:  ;  .

Решение

 Так как конденсатор отключен от источника, то заряд на его пластинах сохраняется: *q* = const. Начальная энергия конденсатора , где  - начальная емкость конденсатора. Энергия конденсатора после вынимания диэлектрика , где  - емкость конденсатора после вынимания диэлектрика. Так как <, то >, следовательно, на удаление диэлектрика нужно затратить работу

,

Энергия конденсатора после раздвижения пластин  ,

где  - емкость конденсатора после раздвижения пластин. Так как < , то > и для раздвижения пластин нужно затратить работу

 .

Отношение работы, совершенной при удалении диэлектрика, к работе, совершенной при раздвижении пластин,

 .

Учитывая, что / = 1/ε , / =  , получаем

 .

Отношение конечной энергии конденсатора к его начальной энергии

 .

Полная совершенная работа

 .

Эта работа, как и отношение конечной и начальной энергий конденсатора, зависит только от конечных и начальных характеристик конденсатора, и не зависит от последовательности действий с конденсатором.

ЗАДАЧИ

 В таблице приведены номера вариантов и задач.

 Пример. Студент, выполняющий вар. 2, должен решить задачи 1.2, 1.22, 1.32, 1.42, 1.62, 1.72, 1.82, 1.92.

№ вар. № задач

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  1 |  1.1 |  1.21 |  1.31 |  1.41 |  1.61 |  1.71 |  1.81 |  1.91 |
|  2 |  1.2 |  1.22 |  1.32 |  1.42 |  1.62 |  1.72 |  1.82 |  1.92 |
|  3 |  1.3 |  1.23 |  1.33 |  1.43 |  1.63 |  1.73 |  1.83 |  1.93 |
|  4 |  1.4 |  1.24 |  1.34 |  1.44 |  1.64 |  1.74 |  1.84 |  1.94 |
|  5 |  1.5 |  1.25 |  1.35 |  1.45 |  1.65 |  1.75 |  1.85 |  1.95 |
|  6 |  1.6 |  1.26 |  1.36 |  1.46 |  1.66 |  1.76 |  1.86 |  1.96 |
|  7 |  1.7 |  1.27 |  1.37 |  1.47 |  1.67 |  1.77 |  1.87 |  1.97 |
|  8 |  1.8 |  1.28 |  1.38 |  1.48 |  1.68 |  1.78 |  1.88 |  1.98 |
|  9 |  1.9 |  1.29 |  1.39 |  1.49 |  1.69 |  1.79 |  1.89 |  1.99 |
|  0 |  1.10 |  1.30 |  1.40 |  1.50 |  1.70 |  1.80 |  1.90 | 1.100 |

 1.1. Зависимость координаты тела от времени имеет вид:  (м). Тело двигается прямолинейно, его масса 0,1 кг. Определить силу, приложенную к телу в момент времени *t* = 2 c и работу силы за промежуток времени от *t*1 = 0 c до *t*2 = 2 c.

 1.2. Тело движется прямолинейно под действием постоянной силы 12 Н, при этом зависимость координаты тела от времени имеет вид:  (м). Определить: массу тела; импульс тела в момент времени *t* = 2 c ; среднюю скорость за промежуток времени от *t*1 = 0 c до *t*2 = 2 c.

 1.3. Материальная точка движется прямолинейно. На нее действует сила, зависимость которой от времени задана уравнением  (Н). Определить изменение импульса точки за промежуток времени от *t*1 = 2 c до *t*2 = 4 c и скорость точки при *t* = 2 c, если ее масса 0,1 кг, а начальная скорость .

 1.4. Зависимость скорости от времени прямолинейно движущегося тела задана уравнением  (м/с). Масса тела 0,5 кг. Определить: среднее ускорение за промежуток времени от *t*1 = 1 c до *t*2 = 3 c ; силу, приложенную к телу в момент времени *t* = 1 c ; путь, пройденный телом за промежуток времени от *t*1 = 1 c до *t*2 = 3 c.

 1.5. Импульс тела массой 2 кг, движущегося прямолинейно, изменяется по закону:  (кг**·**м/c). Определить: силу, приложенную к телу в момент времени *t* = 3 c; путь, пройденный телом за промежуток времени от *t*1 = 2 c до *t*2 = 3 c.

 1.6. Импульс тела массой 2 кг, движущегося прямолинейно, изменяется по закону (кг**·**м/c). Определить: скорость и ускорение тела в момент времени *t*1 = 1 c; работу силы за промежуток времени от *t*1 = 0 c до *t*2 = 1c; величину силы, приложенной к телу в момент времени *t* =1 с.

 1.7. Сила, приложенная к телу массой 3 кг, изменяется по закону  (Н). Определить: скорость тела в момент времени *t* = 5 c, если начальная скорость = 1 м/c; путь, пройденный телом за промежуток времени от *t*1 = 0 c до *t*2 = 5 c.

 1.8. Зависимость координаты прямолинейно движущегося тела от времени дается уравнением  (м). Масса тела 1 кг. Определить: через какой промежуток времени от начала движения импульс тела будет равен 9 кг**·**м/c; чему равна средняя скорость за этот промежуток времени; величину силы, действующей на тело в момент времени *t* = 3 c.

 1.9. Импульс тела массой 0,2 кг, движущегося прямолинейно, изменяется по закону:  (кг**·**м/c). Определить: путь, пройденный телом за первые 2 с движения; работу силы за этот промежуток времени; через какой промежуток времени от начала движения сила будет равна 4,6 Н.

 1.10. Тело движется прямолинейно, при этом ускорение изменяется во времени по закону  (м/c2). Масса тела 0, 4 кг. Начальная скорость рана нулю. Определить: путь, пройденный телом за промежуток времени от *t*1 = 0 до *t*2 = 1 c ; работу силы за этот промежуток времени; импульс тела в момент времени *t* = 3 c.

 1.11. Мяч массой 0,2 кг ударяется о стенку со скоростью 10 м/c так, что вектор скорости составляет с нормалью: а) 0˚ , б) 60˚. Найти изменение скорости и импульса в обоих случаях.

 1.12. Тележка, движущаяся со скоростью 10 м/c, сталкивается под прямым углом с другой, движущейся со скоростью 8 м/c. Масса первой тележки 65 кг, второй 80 кг. Считая удар абсолютно неупругим, определить скорость после столкновения и путь, пройденный после удара, если коэффициент трения 0,4.

 1.13. Последняя ступень ракеты-носителя массой 500 кг и головного корпуса массой 10 кг. Между ними помещена сжатая пружина, которая сообщает корпусу скорость 5,1 м/с, направленную горизонтально по отношению к ракете-носителю. Каковы будут скорости ракеты и корпуса, если их отделение произойдет на околоземной орбите при движении со скоростью 8 км/c?

 1.14. Автомобиль массой 800 кг, движущийся горизонтально со скоростью 30 м/с, догоняет второй автомобиль массой 1000 кг и сталкивается с ним. Считая столкновение неупругим, определить скорость после удара и энергию, которая пошла на деформацию, в случаях: второй автомобиль стоял неподвижно; второй автомобиль двигался со скоростью 20 м/c в том же направлении, что и первый; второй автомобиль двигался со скоростью 20 м/c в направлении, противоположном направлению движения первого автомобиля.

 1.15. Лодка массой 140 кг стоит неподвижно в стоячей воде. Находящийся в лодке человек массой 60 кг переходит с носа на корму. Лодка при этом сдвинулась на 1,2 м. Определить длину лодки. Сопротивлением воды пренебречь.

 1.16. На тележку массой 50 кг, движущуюся прямолинейно со скоростью 2 м/с, прыгает с дерева вертикально вниз мальчик массой 30 кг. Как изменится скорость тележки? Какой путь пройдет она до остановки, если коэффициент трения 0,1?

 1.17. Молот массой 10 кг, двигаясь со скоростью 5 м/c, ударяет по железному изделию, лежащему на наковальне. Масса наковальни вместе с изделием 100 кг. Считая удар абсолютно неупругим, определить энергию, расходуемую на деформацию изделия; энергию, пошедшую на сотрясение наковальни. Найти КПД процесса ковки (считать полезной ту долю энергии, которая пошла на деформацию.

 1.18. Ядро радона с атомной массой 216 выбрасывает альфа-частицу с атомной массой 4 и кинетической энергией 8 МэВ. Какова кинетическая энергия ядра отдачи?

 1.19. При стрельбе в тире пуля массой 0,01 кг, летевшая горизонтально со скоростью 600 м/c, попадает в деревянный шар массой 5 кг, подвешенный на проволочной нити, и застревает в нем. На какую высоту отклонился шар?

 1.20. Пуля массой 0,01 кг, летевшая горизонтально со скоростью 400 м/с, попадает в мешок с песком и застревает в нем. Мешок массой 4 кг подвешен на длинном шнуре. Найти высоту, на которую поднимется мешок, и долю кинетической энергии пули, которая перешла в тепло.

 1.21. Момент импульса шара, вращающегося относительно неподвижной оси, проходящей через его центр, изменяется по закону:  (кг**·**м2/c). Масса шара 0,5 кг, радиус 0,05 м. Определить: момент силы, действующий на шар в момент времени *t* = 3 с; угловой путь шара за промежуток времени от *t*1 = 2 с до *t*2 = 3 c ; число оборотов, сделанных за это время.

 1.22. Материальная точка массой 10-3 кг движется по окружности радиусом 1 м согласно уравнению: (м). В какой момент времени нормальное ускорение будет равно тангенциальному? Определить для этого момента времени момент импульса и момент действующей силы.

 1.23. Диск радиусом 1 м и массой 4 кг вращается вокруг неподвижной оси, перпендикулярной к его плоскости и проходящей через его центр. На него действует момент силы, зависимость которого от времени задана уравнением  (н**·**м). Определить: изменение момента импульса диска за промежуток времени от *t*1 = 2 с до *t*2 = 3 c ; угловое ускорение в момент времени *t* = 0,5 с и кинетическую энергию диска в момент времени *t* = 4 с (при *t* = 0, ω0 = 0).

 1.24. Колесо радиуса 0,15 м с равномерно распределенной по ободу массой 2 кг вращается относительно неподвижной оси, перпендикулярной к его плоскости и проходящей через его центр так, что зависимость угла поворота колеса от времени задается уравнением:  (рад.). Определить для момента времени *t* = 3 с : момент импульса колеса; момент действующей силы; кинетическую энергию колеса.

 1.25. Материальная точка движется по окружности радиусом 10 м согласно уравнению:  (м). Определить для момента времени *t* = 10 с : тангенциальное, нормальное и полное ускорения; угловую скорость, угловое ускорение и угловой путь.

 1.26. Зависимость углового ускорения колеса, вращающегося относительно неподвижной оси, перпендикулярной к его плоскости и проходящей через его центр, от времени задана уравнением:  (c-2). Радиус колеса 0,2 м, масса 10 кг равномерно распределена по ободу. Определить: угловой путь, пройденный за промежуток времени от *t*1 = 1 с до *t*2 = 2 c ; полное число оборотов, сделанных колесом за это время; линейную скорость точек на ободе колеса и момент импульса колеса для момента времени *t* = 2 с (при *t* = 0, ω0 = 0).

 1.27. Колесо вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением (рад.). Определить радиус колеса, если известно, что к концу второй секунды движения нормальное ускорение точек, лежащих на ободе колеса, равно 289 м/c2 . Найти полное ускорение в этот момент времени.

 1.28. Обруч, вся масса которого 3 кг равномерно распределена по ободу, вращается относительно неподвижной оси, перпендикулярной к его плоскости и проходящей через его центр. Радиус обруча 0,4 м. Зависимость момента импульса обруча от времени имеет вид: (кг**·**м2/c). Определить: угловое ускорение обруча в момент времени *t* = 1 с ; момент силы, действующей на обруч при *t* = 1 с ; работу силы за промежуток времени от *t*1 = 0 до *t*2 = 1 c ; угловой путь, пройденный за этот промежуток времени.

 1.29. Колесо радиусом 0,2 м , вся масса которого распределена по ободу, вращается относительно неподвижной оси, перпендикулярной к его плоскости и проходящей через его центр, так, что зависимость момента силы от времени задается уравнением  (н**·**м). Определить для момента времени *t* = 10 с : силу, действующую по касательной к траектории; момент импульса колеса (при *t* = 0, ω0 = 0) и его кинетическую энергию.

 1.30. Материальная точка массой 0,1 кг движется по окружности радиусом 0,25 м. Её угловая скорость зависит от времени согласно уравнению: . Определить для момента времени *t* = 4 с : силу, действующую по касательной к траектории; нормальное, тангенциальное и полное ускорения точки; кинетическую энергию.

 1.31. Диск начинает вращаться с постоянным угловым ускорение 1 с-2 относительно неподвижной оси, проходящей через его центр, и через 10 с после начала вращения приобретает момент импульса 80 кг**·**м2/c. Определить кинетическую энергию диска через 20 с после начала вращения.

 1.32. Стержень длиной 2 м и массой 10 кг может вращаться вокруг неподвижной оси, проходящей через верхний конец стержня. В середину стержня ударяет пуля массой 0,01 кг, летящая в горизонтальном направлении со скоростью 500 м/c, и застревает в стержне. На какой угол отклонится стержень после удара?

 1.33. Диск массой 3 кг и радиусом 0,1 м вращается относительно оси, проходящей через центр диска перпендикулярно его плоскости, со скоростью 30 с-1 . Определить: работу, которую нужно совершить, чтобы увеличить угловую скорость диска в 3 раза; импульс момента силы, которым надо подействовать для этого на диск.

 1.34. Длинный стержень массой 1 кг и длиной 0,5 м может вращаться относительно оси, проходящей через его середину перпендикулярно к стержню. В конец стержня попадает пуля массой 0,01 кг, летящая перпендикулярно к оси и к стержню со скоростью 500 м/c. Определить: c какой скоростью будет вращаться стержень, если пуля застрянет в нем? Какой импульс момента силы должен подействовать на стержень, чтобы остановить его вращение?

 1.35. На неподвижной скамье Жуковского стоит человек и держит в руках велосипедное колесо. Ось колеса вертикальна и совпадает с осью скамьи. Момент инерции человека со скамьей 3 кг**·**м2, момент инерции колеса 0,5 кг**·**м2 . С какой скоростью будет вращаться скамья, если человек приведет колесо во вращение с угловой скоростью 15 с-1? Какую работу при этом совершит человек? Скамью Жуковского считать однородным диском.

 1.36. Шарик массой 0,2 кг, привязанный к концу нити длиной 1,5 м, вращается в горизонтальной плоскости с частотой 1,5 об/c. Нить укорачивают, приближая шарик к оси вращения до расстояния 0,5 м. С какой скоростью будет при этом вращаться шарик? Какую работу совершит внешняя сила, укорачивающая нить? Cчитать шарик материальной точкой.

 1.37. Горизонтальный диск вращается вокруг вертикальной оси с угловой скоростью 15 с-1. Масса диска 0,5 кг, радиус 0,2 м. На него падает другой диск с моментом инерции 0,05 кг**·**м2 , вращающийся с угловой скоростью 10 с-1 . Плоскости дисков параллельны, центры на одной вертикальной линии. Придя в соприкосновение, диски мгновенно склеиваются. Найти угловую скорость образовавшейся системы и изменение кинетической энергии дисков.

 1.38. Фигурист, момент инерции которого 1,2 кг**·**м2 , вращается с угловой скоростью 12 с-1 . Какой станет угловая скорость вращения фигуриста, если он разведет руки в стороны, увеличив при этом свой момент инерции в 2 раза? Сколько оборотов сделает фигурист с этого момента времени до остановки под действием момента тормозящих сил 1,2 Н**·**м ?

 1.39. Горизонтальная платформа в виде диска радиусом 1,5 м и массой 100 кг вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через его центр, делая 1 об/c. В центре платформы стоит человек массой 50 кг. С какой скоростью будет вращаться платформа, если человек перейдет на ее край? Считать платформу однородным диском, человека точечной массой.

 1.40. Экспериментатор находится в центре платформы и вращается вместе с ней с угловой скоростью 3,14 с-1 . Момент инерции человека относительно оси вращения считать постоянным и равным 1,2 кг**·**м2 . В вытянутых руках у него две гири массой 3 кг каждая. Расстояние между гирями 1,6 м. Найти угловую скорость вращения системы, если человек опустит руки, и расстояние между гирями станет равным 0,4 м. Момент инерции скамьи 0,6 кг**·**м2 . Грузы считать материальными точками. Трением пренебречь.

 1.41. Какую скорость должно иметь движущееся тело, чтобы его продольные размеры уменьшились в два раза?

 1.42. Две частицы движутся навстречу друг другу со скоростями, равными 2,25**·** 108 м/c относительно неподвижного наблюдателя. Определить скорость их сближения по классической и релятивистской формулам сложения скоростей.

 1.43. С какой скоростью должен лететь протон, чтобы его релятивистская масса равнялась массе покоя α – частицы?

 1.44. Найти скорость космической частицы, если ее полная энергия в *k* раз превышает энергию покоя.

 1.45. Релятивистская масса частицы в *n* раз больше ее массы покоя. Найти полную и кинетическую энергии частицы, если ее масса покоя равна *m*.

 1.46. Мезон, входящий в состав космических лучей, движется со скоростью, составляющей 95 % скорости света. Какой интервал времени по часам земного наблюдателя соответствует одной секунде «собственного времени» мезона?

 1.47. Две ракеты движутся навстречу друг другу со скоростями, составляющими соответственно 50 и 75 % скорости света по отношению к неподвижной системе отсчета. Найти скорость сближения ракет.

 1.48. Скорость релятивистской частицы отличается от скорости света в вакууме на 1 % . Во сколько раз релятивистская масса частицы превышает ее массу покоя?

 1.49. Определить энергию покоя электрона и протона, выразив ее в джоулях и мегаэлектронвольтах.

 1.50. При какой скорости кинетическая энергия любой частицы равна ее энергии покоя?

 1.51. 10 г азота находятся в сосуде под давлением 2 **·** 105 Па при 27˚ С. Определить: количество молекул в сосуде; концентрацию молекул; среднюю энергию поступательного движения молекулы; среднюю энергию поступательного движения всех молекул.

 1.52. При постоянном давлении газ нагрели от 20 до 313˚ С в открытом сосуде. Найти отношение начальной концентрации молекул газа к конечной.

 1.53. Число молекул газа в единице объема уменьшилось в 2,5 раза. На сколько градусов нагрели при этом газ, если его давление не изменилось? Начальная температура газа 300 К.

 1.54. Во сколько раз увеличивается средняя кинетическая энергия молекулы идеального газа при увеличении температуры в 4 раза?

 1.55. Найти массу моля смеси, состоящей из 25 г кислорода и 75 г азота.

 1.56. Число молекул идеального газа в сосуде увеличилось вдвое. Найти отношение конечного давления к первоначальному. Температура и объем газа неизменны.

 1.57. В баллоне находится двухатомный идеальный газ, половина молекул которого распадается на атомы. Найти отношение конечного давления газа к начальному. Процесс считать изотермическим.

 1.58. Концентрация молекул увеличилась в 4 раза, а температура уменьшилась от 455 до 182˚ С. Найти отношение конечного давления газа к начальному.

 1.59. В результате электрического разряда, произведенного в сосуде с кислородом, весь кислород превратился в озон О3 , а температура увеличилась на 5 % . Найти отношение конечного давления к начальному.

 1.60. Какое давление производят пары ртути в баллоне лампы объемом 0,03 л при температуре 27˚ С , если в ней находится 1018 атомов ртути? Постоянная Больцмана 1,38 **·** 10-23 Дж/К .

 1.61. Идеальный газ был переведен из состояния с внутренней энергией 200 Дж в состояние с внутренней энергией 600 Дж, при этом газ совершил работу 300 Дж. Какое количество теплоты сообщили газу?

 1.62. В закрытом сосуде объемом 2 л находится гелий плотностью 2 кг/м3 . Какое количество теплоты надо сообщить гелию, чтобы повысить его температуру на 10 К?

 1.63. Определить количество теплоты, необходимое для изохорического нагревания моля идеального одноатомного газа на 60 К.

 1.64. Идеальный одноатомный газ находится в закрытом сосуде объемом 2 л под давлением 100 кПа. Какое количество теплоты надо сообщить газу, чтобы увеличить его давление вдвое?

 1.65. Один моль гелия, имевший температуру 27˚ С , нагревается при постоянном давлении. Какое количество теплоты необходимо сообщить газу, чтобы его объем удвоился?

 1.66. Какое количество теплоты необходимо сообщить гелию массой 40 г, содержащемуся в баллоне, для его нагревания на 20 К? Чему равна удельная теплоемкость гелия в этом процессе?

 1.67. Некоторую массу идеального одноатомного газа нагревают на 1 К первый раз изохорически, второй – изобарически. Найти отношение количества теплоты, полученного газом в первом процессе, к количеству теплоты, полученному газом во втором процессе.

 1.68. Моль одноатомного идеального газа нагревают на 1˚ С первый раз изобарически, второй – изохорически. На сколько больше теплоты сообщено газу в первом процессе, чем во втором?

 1.69. Найти работу газа при изобарическом увеличении его объема в 3 раза, если начальный объем равен 1 л, а давление равно 100 кПа.

 1.70. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в два раза выше абсолютной температуры охладителя. Какую долю теплоты, получаемой за один цикл от нагревателя, газ отдает охладителю?

 1.71. Электроны, имеющие энергию 200 эВ, влетают в поле плоского воздушного конденсатора. Скорость электронов перпендикулярна силовым линиям поля. Плотность заряда на обкладках конденсатора 5**·**10-11 Кл/см2 Определить: смещение электронов вдоль поля за 10-8 с движения в поле.

 1.72. Сферический конденсатор состоит из двух концентрических обкладок радиусами 10 см и 14см, пространство между которыми заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью равной 6. Конденсатор заряжен до напряжения 100В. Определить энергию, заключённую между сферическими поверхностями радиусами 11 см и 13 см.

 1.73. Три точечных заряда расположены в вершинах квадрата со стороной 10 см в вакууме: *q*1=*q*3=10-9 Кл; *q*2= -10-9 Кл. Определить напряженность поля и потенциал в четвёртой вершине квадрата.
 1.74. На кольце из тонкой проволоки равномерно распределён заряд *q*= 10-8 Кл. Радиус кольца *R*=6 см. Окружающая среда - воздух: Определить: напряженность поля и потенциал в точке на оси кольца на расстоянии *R*=10см от его центра; положение точки, в которой напряженность максимальна; положение точки, в которой потенциал поля минимален.

 1.75. На отрезке тонкого прямого проводника длиной *ℓ*=10 см равномерно распределён заряд с линейной плотностью λ= 3 мкКл/м. Вычислить напряжённость, создаваемую этим зарядом в точке, расположенной на оси проводника и удалённой от ближайшего конца отрезка на расстояние, равное длине этого отрезка. Диэлектрик – воздух.

 1.76. Между двумя равномерно заряженными плоскостями с поверхностной плотностью σ = 10-11 Кл/см2 свободно установился электрический диполь. Заряды диполя q = 10-8 Кл, плечо диполя *ℓ*=1 см. Определить работу, необходимую для того, чтобы повернуть диполь на 180˚.Окружающая среда – воздух.

 1.77. Перпендикулярно плечу диполя с электрическим моментом *p* =12 пКл·м возбуждено однородное электрическое поле напряжённостью Е= 300 кВ/м. Под действием сил поля диполь начинает поворачиваться относительно оси, проходящей через его центр. Найти угловую скорость ω диполя в момент прохождения им положения равновесия. Момент инерции I диполя относительно оси, перпендикулярной плечу и проходящей через его центр, равен 2·10-9 кг·м2.

 1.78. Площадь обкладок плоского конденсатора 300 см2. Заряд на обкладках 10-8 Кл. Диэлектрик - стекло (ε= 6). Определить : диэлектрическую восприимчивость стекла; вектор поляризации.

 1.79. Между пластинами плоского конденсатора зажата пластина стекла. Площадь пластины конденсатора равна 100 см2. Пластины конденсатора притягиваются друг к другу с силой, равной 4,9·10-3 Н. Найти поверхностную плотность связанных зарядов на поверхности стекла.

 1.80. Пространство внутри плоского конденсатора заполнено двумя слоями диэлектриков, расположенными параллельно его обкладкам. Толщина слоёв и диэлектрическая проницаемость материалов, из которых сделаны слои, соответственно равны *ℓ*1, *ℓ*2, *Е*1, *Е*2. Конденсатор заряжен до разности потенциалов *U*. Определить напряженность *Е*1, *Е*2 электрического поля в каждом из диэлектриков, а также напряженность *Е*0 поля в зазоре между обкладками и диэлектриками.

 1.81. Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов 300В и отключён от источников. Расстояние между пластинами 0,5 см, площадь пластин 400 см2. Пластины раздвигаются до расстояния 2,5 см. Определить: объёмную плотность энергии поля конденсатора до и после раздвижения пластин; работу раздвижения пластин.

 1.82. Пластины плоского конденсатора имеют площадь 100 см2 . Расстояние между пластинами 0.5мм. Диэлектрик - стекло (ε = 7). Поверхностная плотность заряда на обкладках 10-10 Кл/см2 постоянна. Определить: работу, необходимую для удаления диэлектрика из конденсатора; объёмную плотность энергии поля до и после удаления диэлектрика.

 1.83. Цилиндрический конденсатор состоит из двух коаксиальных обкладок высотой 10 см. и радиусами 2 см и 5 см, пространство между которыми заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью, равной 7. Конденсатор заряжен до напряжения 200 В. Определить энергию, заключенную между цилиндрическими поверхностями коаксиальными с осью конденсатора высотой 10 см и радиусами 3 см и 4 см.

 1.84. Плоский конденсатор заряжен до разности 300 В и отключен от источника. Расстояние между пластинами 5 мм, их площадь 300 см2. Определить заряд и энергию конденсатора, если при извлечении диэлектрика из конденсатора его энергия увеличивается в 8 раз.

 1.85. Плоский конденсатор заполнен двумя слоями диэлектрика: парафином (ε1= 2) и стеклом (ε2=7). Расстояние между пластинами конденсатора 6 см, разность потенциалов 500 В. Толщина слоёв диэлектриков одинакова.

Определить напряжённость поля и электрическое смещение (индукцию) в каждом слое.

 1.86. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено диэлектриком с диэлектрической проницаемостью, равной 4. Расстояние между пластинами конденсатора 5 мм, разность потенциала 4 кВ, площадь пластин 200 см2 . Определить: поверхностную плотность заряда на пластинах и на диэлектрик; работу поляризации диэлектрика.

 1.87. Пространство между пластинами плоского конденсатора площадью 100 см2 заполнено стеклом (ε = 7). Расстояние между пластинами 1см. Какую разность потенциалов нужно подать на пластины этого конденсатора, чтобы поверхностная плотность связанных (поляризационных) зарядов на поверхности стекла была равна 6·10-10 Кл/см2 ? Определить работу поляризации диэлектрика.

 1.88. Цилиндрический конденсатор, имеет два диэлектрика с электрическими проницаемостями ε1 и ε2 и с предельными напряженностями *Е*1 и *Е*2. Чтобы наиболее рационально использовать материал, желательно, чтобы напряженность поля достигала значения, соответствующего пробою в обоих диэлектриков одновременно. При каком соотношении между радиусами цилиндров диэлектриков это будет иметь место?

 1.89. Определить ёмкость одного метра длинной воздушной двухпроводной линии. Радиус проводов 2мм. Расстояние между осями проводов 20 см. Расстояние до земли считать большим по сравнению с расстоянием между проводами.

 1.90. Плоский воздушный конденсатор заряжен до разности потенциалов 300В. Расстояние между пластинами 0,5 см, площадь пластин 300 см2. Пластины раздвигаются до расстояния 3 см. Определить работу раздвижения пластин. Рассмотреть два случая: конденсатор отключен от источника; конденсатор соединен с источником.

 1.91. В конденсатор, заряженный до 4000 В и отключенный от источника, вводится стеклянная пластина (ε = 6) толщиной 3 см, заполняющая весь объём между обкладками. Площадь обкладок 300см2. Определить: разность потенциалов между обкладками после введения стекла; изменение энергии конденсатора.

 1.92. Конденсаторы С1 и С2 соединены параллельно, а С3 – последовательно с ними. Все конденсаторы имеют площадь пластин 200 см2 , расстояние между пластинами 0,5 см. В конденсаторе С1 ε1= 2, в конденсаторе С2 ε2 =6, в конденсаторе С3 ε3 = 1. Разность потенциалов на С3 равна 100 В. Определить напряженность поля каждого конденсатора.

 1.93. Электроемкость плоского конденсатора равна 1,5 мкФ. Расстояние между пластинами 5 мм. Какова будет электроемкость конденсатора, если на нижнюю пластину положить лист эбонита (ε=3) толщиной 3 мм?

 1.94. Между пластинами плоского конденсатора, заряженного до разности потенциалов 600 В, находятся два слоя диэлектрика, расположенных параллельно пластинам: стекло (ε=6) толщиной 2 мм и парафин (ε=2) толщиной 5 мм. Площадь пластин 200 см2. Определить: емкость конденсатора; напряженность и индукцию в каждом слое.

 1.95. К воздушному конденсатору, заряженному до разности потенциалов 600 В и отключенному от источника напряжения, присоединили параллельно второй незаряженный конденсатор таких же размеров и формы, но с диэлектриком (фарфор). Определить диэлектрическую проницаемость фарфора, если после присоединения второго конденсатора разность потенциалов уменьшилась до 100 В.

 1.96. Радиусы обкладок цилиндрического конденсатора 2 см и 4 см. Обкладки находятся в вакууме. Определить: силу, действующую на электрон в точке на расстоянии 3 см от оси конденсатора; скорость, которую приобретет электрон, двигаясь от этой точки до внешней обкладки конденсатора.

 1.97. В конденсатор, заряженный до 4000 В и отключенный от источника, вводится стеклянная пластина (ε = 6) толщиной 3 см, заполняющая весь объем между обкладками. Площадь обкладок 300 см2 . Определить: разность потенциалов между обкладками после введения стекла; изменение энергии конденсатора.

 1.98. Конденсатор электроемкостью 3 мкФ был заряжен до разности потенциалов 40 В. После отключения от источника напряжения конденсатор был соединен параллельно с другим незаряженным конденсатором электроемкостью 5 мкФ. Определить энергию, израсходованную на образование искры в момент присоединения второго конденсатора.

 1.99. Радиус внутренней жилы коаксиального кабеля 0,5 см, радиус внешней оболочки 3 см. Диэлектрик – парафин (ε = 2). Линейная плотность заряда на жиле 10-9 Кл/см. Определить: напряженность и индукцию поля в точке, находящейся на расстоянии 1 см от кабеля; энергию 1 м кабеля.

 1.100. Сплошной парафиновый (ε = 2) шар радиусом 10 см заряжен равномерно по объему с объемной плотностью 10 нКл/м3 . Определить энергию электрического поля, сосредоточенную в самом шаре и вне его.

СОДЕРЖАНИЕ

Методические указания к выполнению контрольных заданий 3

Методические указания к решению задач 3

Программа первой части курса физики 4

Механика 4

 Вопросы программы 4

 Основные определения и формулы 5

Специальная теория относительности 8

 Вопросы программы 8

 Основные определения и формулы 8

Молекулярная физика и термодинамика 10

 Вопросы программы 10

 Основные определения и формулы 10

Электростатика 12

 Вопросы программы 12

 Основные определения и формулы 13

Литература 17

Контрольная работа 1 17

 Примеры решения задач 17

 Задачи 25