

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
И КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКА»**

Учебно-методическое пособие для вузов

Составители:
С.Д. Миловидова,
А.С. Сидоркин,
О.В. Рогазинская

Издательско-полиграфический центр
Воронежского государственного университета
2008

Утверждено научно-методическим советом фармацевтического факультета
11 июня 2008 г., протокол № 1500-06

Рецензент проф. В.В. Чернышев

Учебно-методическое пособие подготовлено на кафедре экспериментальной физики физического факультета Воронежского государственного университета.

Рекомендуется в качестве учебного пособия к выполнению контрольных работ по физике для студентов 1 курса заочного отделения фармацевтического факультета.

Работа выполнена при поддержке гранта VZ-010 Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF) и по программе «Фундаментальные исследования и высшее образование».

Для специальности: 060108 – Фармация

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	4
2. Рабочая программа по физике	5
3. Литература	9
4. Методические указания к выполнению и оформлению контрольных работ.....	10
5. Некоторые справочные данные	12
6. Примеры решения задач.....	16
7. Задачи для самостоятельного решения	29
8. Основные вопросы программы	34
9. Пример ответа на вопрос программы	36
10. Контрольная работа	38

ВВЕДЕНИЕ

Учебный план по физике для студентов 1 курса фармацевтического факультета заочной формы обучения Воронежского госуниверситета в 1 семестре состоит из:

- 1) лекций – 12 часов (январь);
- 2) лабораторных занятий – 12 часов (январь);
- 3) контрольной работы, которая выполняется после самостоятельного изучения соответствующих разделов физики по учебникам, список которых приводится ниже (сентябрь–ноябрь).

Контрольную работу по курсу общей физики необходимо выслать в деканат до 1 декабря.

К итоговому зачету по теоретическому материалу (1 сессия 1 курса, январь) допускаются студенты, которые получили зачет по контрольным работам, выполнили лабораторные работы и отчитались по ним.

В настоящем пособии приведены основные вопросы программы, список литературы по курсу общей физики и методические указания по выполнению и оформлению контрольной работы.

Вопросы программы рекомендуется изучать самостоятельно с карандашом и бумагой. После прочтения необходимого параграфа следует записать основные формулы с краткими пояснениями всех величин, входящих в них. Затем проверить, правильно ли записаны формулы по учебнику.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПО ФИЗИКЕ

ВВЕДЕНИЕ

Физика как фундаментальная естественная наука. Роль физики в познании окружающего мира. Значение физики для биофизики, медицины и фармации.

МЕХАНИКА

Кинематика. Скорость и ускорение при поступательном и вращательном движении материальной точки.

Динамика. Законы Ньютона. Уравнения движения. Законы сохранения (механической энергии и импульса). Упругие и неупругие центральные столкновения.

Масса и сила. Виды сил. Физические основы центрифугирования. Физические основы взвешивания на аналитических весах.

Движение твердого тела. Момент силы. Момент инерции. Основной закон динамики для вращательного движения. Момент импульса тела. Закон сохранения момента импульса тела.

Механика жидкостей и газов. Вязкость. Уравнение Ньютона. Формула Пуазейля. Зависимость вязкости жидкости от температуры. Методы определения вязкости жидкости. Использование этих методов для исследования веществ.

КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Гармонические колебания. Дифференциальное уравнение гармонического колебания. Смещение, скорость и ускорение колеблющегося тела. Энергия колеблющегося тела.

Затухающие колебания. Дифференциальное уравнение затухающего колебания. Логарифмический декремент затухания.

Вынужденные колебания. Резонанс. Автоколебания.

Сложение гармонических колебаний, направленных вдоль одной прямой. Сложное колебание и его гармонический спектр. Теорема Фурье.

Механические волны. Уравнение волны. Интерференция волн. Стоячие волны как частный случай интерференции.

Звуковые волны. Физические характеристики звуковой волны и физиологические характеристики восприятия звука.

Ультразвук. Источники ультразвука. Особенности взаимодействия ультразвука с веществом. Использование ультразвука в медицине и фармации.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

Основные положения молекулярно-кинетической теории. Отличия молекулярной структуры и свойств газов, жидкостей и твердых тел.

Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов. Скорости молекул газа. Средняя кинетическая энергия движения молекул газа. Степени свободы. Распределение энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия идеального газа. Распределение Максвелла. Барометрическая формула. Распределение Больцмана. Средняя длина свободного пробега молекул газа.

Применение первого начала термодинамики к процессам в идеальном газе. Количество теплоты, работа и изменение внутренней энергии. Теплоемкости. Уравнение Майера. Молярные теплоемкости одноатомных, двухатомных, трехатомных и многоатомных идеальных газов. Зависимость теплоемкости газа от температуры.

Явления переноса. Общий вид уравнений переноса. Уравнения диффузии, вязкости и теплопроводности. Коэффициенты переноса и их связь с величинами, характеризующими молекулярную структуру вещества.

Реальные газы. Взаимодействие между молекулами газа. Внутренняя энергия реального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Сравнение опытных и теоретических изотерм реального газа. Критическое состояние вещества. Сжижение газов. Применение низких температур в фармации и медицине.

Жидкости. Общие свойства и особенности молекулярного строения жидкостей. Молекулярное движение в жидкостях. Явления переноса в жидкостях и коэффициенты переноса. Теплопроводность.

Поверхностное натяжение. Энергия поверхностного слоя жидкости. Методы исследования поверхностного натяжения жидкости. Давление под изогнутой поверхностью жидкости. Формула Лапласа. Капиллярные явления.

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

Основные характеристики электрического поля: напряженность и потенциал. Напряженность электрического поля диполя. Электрический момент диполя. Теорема Гаусса – Остроградского, ее применение для расчета электрических полей.

Проводники в электрическом поле. Емкость. Энергия заряженного конденсатора. Объемная плотность энергии электрического поля в вакууме и в диэлектриках.

Поляризация диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость вещества. Диэлектрическая проницаемость биологических объектов. Пьезоэлектрический эффект.

Постоянный электрический ток. Плотность тока. Закон Ома в дифференциальной форме. Сопротивление проводников. Сверхпроводимость.

Элементы электронной теории проводимости твердых тел. Понятие о зонной теории твердых тел. Контактная разность потенциалов. Термоэлектродвижущая сила. Термопары. Термостолбики. Явление Пельтье, его применение в холодильниках. Применение термохолодильников в фармации и медицине.

Индукция магнитного поля. Напряженность магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение для расчета магнитных полей.

Действие магнитного поля на проводник с током. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Принцип действия циклотрона. Определение удельного заряда частиц. Физические основы масс-спектрографии. Электронно-лучевая трубка.

Магнитное поле в веществе. Магнитные моменты электрона, атома и молекулы. Вектор намагничивания. Магнитная проницаемость вещества. Формула, связывающая индукцию и напряженность магнитного поля. Магнитное поле в диамагнетиках и парамагнетиках. Строение и свойства ферромагнетиков. Магнитное поле в ферромагнетиках. Ферриты, их свойства и применение.

Электромагнитная индукция. Магнитный поток. Закон Фарадея-Ленца. Энергия магнитного поля. Вращение рамки в магнитном поле. Получение переменного тока.

Переменный ток. Индуктивность в цепи переменного тока. Емкость в цепи переменного тока. Полное сопротивление цепи переменного тока. Обобщенный закон Ома. Мощность, выделяемая в цепи переменного тока.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ

Электромагнитные колебания. Дифференциальные уравнения незатухающих и затухающих электромагнитных колебаний. Получение незатухающих колебаний.

Основные положения теории Максвелла. Уравнения электромагнитной волны. Энергия волны. Вектор Умова – Пойнтинга. Применение электромагнитных волн в фармации и медицине.

ОПТИКА

Волновая оптика

Интерференция света. Интерференция в тонких пленках. Интерферометры, их применение для анализа вещества.

Понятие о голографии и ее применение.

Дифракция света. Принцип Гюйгенса – Френеля. Дифракционная решетка. Дифракционный спектр. Применение дифракционной решетки. Разрешающая способность оптических приборов (дифракционной решетки, микроскопа).

Рассеяние света. Эффект Тиндаля. Молекулярное рассеяние. Закон Релея. Зависимость интенсивности и поляризации рассеянного света от отношения размера частиц к длине волны и от строения частиц дисперсной фазы.

Поглощение света. Закон Бугера – Ламберта.

Рентгеновские лучи. Дифракция рентгеновских лучей. Простейшая рентгеновская трубка. Тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. Характеристические рентгеновские спектры, их применение для химического анализа. Действие рентгеновского излучения на вещество. Применение рентгеновских лучей в медицине и фармации. Рентгеноструктурный анализ, его применение в биофизике, медицине, фармации.

Поляризация света. Естественный и поляризованный свет. Поляризация при отражении и преломлении света на границе двух диэлектриков. Закон Брюстера. Поляризация при двойном лучепреломлении. Закон Малюса. Оптическая активность веществ. Удельное вращение. Поляриметры и их применение для исследования оптически-активных веществ.

Геометрическая оптика. Рефрактометрия. Применение рефрактометрии в фармации. Волоконная оптика и ее применение.

Квантовая оптика

Тепловое изучение тел. Закон Кирхгофа. Законы излучения черного тела (Вина и Стефана – Больцмана). Гипотеза Планка. Формула Планка. Особенности действия ультрафиолетового излучения, его бактерицидное действие. Инфракрасное излучение. Применение инфракрасного и ультрафиолетового излучения в медицине и фармации.

Взаимодействие электромагнитных волн с веществом

Дисперсия света. Понятие о классической теории дисперсии света. Нормальная и аномальная дисперсии света. Применение дисперсии света в спектральных приборах.

Люминесценция. Источники люминесцентных излучений. Фосфоресценция и флюоресценция. Люминесцентный анализ и его применение в фармации и медицине. Внешний фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

СТРОЕНИЕ АТОМА И АТОМНОГО ЯДРА

Строение атома. Модель атома Резерфорда. Постулаты Бора. Квантово-механическая модель атома. Квантовые числа. Электронные орбитали. Принцип Паули. Энергетические уровни атомов и молекул. Элементы квантовой физики. Волновые свойства движущихся микрочастиц. Длина волны де Бройля. Дифракция электронов, нейтронов и других частиц. Использование электронографии для исследования веществ. Принцип действия электронного микроскопа и его применение.

Излучение и поглощение энергии атомами и молекулами. Оптические спектры атомов. Спектр атома водорода. Спектральный анализ в фармации. Эмиссионные и абсорбционные спектры. Молекулярные спектры.

Понятие об индуцированном излучении. Инверсная заселенность. Принцип действия гелий-неонового лазера. Свойства лазерного излучения. Применение лазера в фармации и медицине.

Строение и свойства ядер. Атомное ядро. Заряд, масса и радиус ядра. Магнитный момент ядра. Ядерные силы. Энергия связи частиц в ядре.

Связь между массой и энергией. Дефект массы. Устойчивость ядер. Радионуклиды. Способ освобождения энергии ядра (реакции деления и синтеза).

Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Период полураспада и его определение. Активность радиоактивных препаратов. Радиоуглеродный анализ.

Альфа-распад ядер. Бета-распад ядер. Гамма-излучение ядер. Взаимодействие альфа-, бета-, рентгеновского и гамма-излучения с веществом. Первичный механизм действия ионизирующего излучения на организм. Ионизирующая и проникающая способности. Ядерные реакции. Цепная реакция деления ядер. Ядерные реакторы. Мирное использование ядерной энергии. Применение радиоактивных изотопов для диагностики и лечения. Меченые атомы. Термоядерные реакции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грабовский Р.И. Курс физики / Р.И. Грабовский. – СПб. : Лань, 2002. – 607 с.

2. Практикум по курсу общей физики. Механика и молекулярная физика. Часть 1. Специальность – фармация / сост. : С.Д. Миловидова [и др.]. – Воронеж : ВГУ, 2004. – 32 с.

3. Практикум по курсу общей физики. Электричество и магнетизм. Часть 2. Специальность – фармация / сост. : С.Д. Миловидова [и др.]. – Воронеж : ВГУ, 2004. – 36 с.

4. Практикум по курсу общей физики. Оптика. Часть 3. – Специальность – фармация / сост. : С.Д. Миловидова [и др.]. – Воронеж : ВГУ, 2004. – 36 с.

5. Практикум по курсу общей физики для специальности – фармация. учеб. пособие для вузов / сост. : С.Д. Миловидова [и др.]. – Воронеж : ВГУ, 2006. – 80 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ И ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ ПО ФИЗИКЕ

1. Выполнять контрольную работу нужно только после изучения всех разделов физики: 1) Физические основы механики, включая «Колебания и волны»; 2) Молекулярная физика и термодинамика; 3) Электричество и магнетизм; 4) Оптика. Элементы атомной и ядерной физики

2. При рассмотрении различных разделов физики встречается множество физических величин – длина, время, сила, импульс и т. д. Эти понятия имеют не только численные значения, они обладают размерностями, а кроме того, единицей, в которой физическая величина имеет данное значение. Нет никакого смысла в утверждении, что самые большие растения – гигантские секвойи – имеют высоту, равную 100. Весьма существенно, что эта высота – 100 метров. Мельчайшие клетки имеют размеры приблизительно 10^{-6} м (а не просто 10^{-6}), т. е. максимальные отношения размеров живых объектов составляют 10^8 или 100 млн.

3. Приступая к решению задач, необходимо:

- а) полностью написать условие задачи в тетради;
- б) выписать заданные величины в буквенных выражениях с их численными значениями и размерностями, а искомые величины – с вопросительными знаками; при решении задач пользоваться системой СИ;
- в) если это необходимо по условию задачи, сделать чертеж (с помощью чертежных принадлежностей), на нем указать направление заданных и искомых величин, сами эти величины обозначить буквами.

4. Решения задач сопровождать объяснениями.

5. Все физические величины выражаются в своих единицах, и в уравнениях, связывающих физические величины, как числа, так и их единицы в обеих частях уравнений должны быть одинаковыми.

6. Простые задачи лучше решать в общем виде и только в конечных выражениях производить вычисления. Если задача требует громоздких вычислений, то можно производить их не в конечных, а в промежуточных формулах.

7. В конечных формулах обязательно указывать размерность величин, полученных в результате вычислений.

8. Обязательно выписать ответ задачи.

Порядок выполнения и оформления работ

1. На обложке тетради нужно указать номер контрольной работы, номер зачетной книжки, вариант, факультет, курс, фамилию и инициалы студента.

2. Условия задач нужно переписывать полностью, а решения их излагать по правилам, приведенным выше.

3. Текст контрольной работы должен быть написан грамотно, разборчиво и аккуратно.

Небрежно оформленные работы будут возвращены без проверки.

4. Писать контрольную работу нужно с оставлением полей (3–4 см) для замечаний рецензента.

5. В конце контрольной работы должен быть указан перечень литературы, использованной при её выполнении.

6. Закончив работу, нужно внимательно прочитать ее, исправить ошибки, подписаться и поставить дату.

7. Если при выполнении контрольной работы в процессе решения задач и связанного с этим изучением теоретического материала встречаются отдельные затруднения, которые самостоятельно преодолеть не удастся, нужно прийти на консультацию к преподавателю, читающему курс физики на факультете или (для иногородних) послать по почте запрос в университет для получения необходимых указаний.

Умение решать задачи приобретает систематическими упражнениями. Чтобы научиться решать задачи и подготовиться к выполнению контрольных работ, нужно после изучения очередного раздела учебника внимательно разобрать помещенные в этом указании примеры решения типовых задач, решить задачи, предлагаемые для самостоятельного решения, и после этого приступить к выполнению контрольной работы.

На зачете по теоретическому материалу студент должен уметь объяснить решение любой задачи контрольной работы по указанию преподавателя.

НЕКОТОРЫЕ СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ
ОСНОВНЫЕ ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН
МЕЖДУНАРОДНОЙ СИСТЕМЫ СИ

Единицы всех механических величин можно выразить через три основные – единицы длины, массы и времени (см. табл. 1).

Таблица 1

Наименование	Название единицы	Обозначение
Длина	метр	м
Масса	килограмм	кг
Время	секунда	с
Сила электрического тока	ампер	А
Термодинамическая температура	кельвин	К
Количество вещества	моль	моль
Сила света	кандела	Кд
Дополнительные единицы системы СИ		
Плоский угол	радиан	Рад
Телесный угол	стерадиан	Ср

Когда вводятся такие величины, как сила или энергия, для удобства единицам даются специальные названия (ньютон или джоуль), но они определены как комбинации единиц длины, массы и времени. Эти три единицы:

- метр,
- килограмм,
- секунда

– все, что нам необходимо, так как любая механическая величина может быть выражена через эти единицы (см. табл. 2).

Основная единица длины – метр. Стандарт длины – это длина волны желтой линии в спектре излучения изотопа криптона.

Основной единицей времени служит секунда. Период колебания атомов цезия принят за стандарт времени.

Основная единица массы – килограмм. Пока еще нет высокоточного стандарта массы в атомных терминах, поэтому используемый эталон – это определенный брус металла, находящийся в международном хранилище стандартов.

Таблица 2

Наименование	Название единицы	Сокращенное обозначение	Выражение через основные и дополнительные единицы
Сила	Ньютон	Н	$\text{Н} = \text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-2}$
Давление	Паскаль	Па	$\text{Па} = \text{Н}/\text{м}^2 = \text{м}^{-1} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	Джоуль	Дж	$\text{Дж} = \text{Н} \cdot \text{м} = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Мощность Момент силы	Ватт Ньютон-метр	Вт Н · м	$\text{Вт} = \text{Дж}/\text{с} = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3}$ $\text{Н} \cdot \text{м} = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}$
Импульс (количество движения)	Килограмм-метр в секунду		$\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$
Импульс силы Частота	Ньютон-секунда Герц	Гц	$\text{Н} \cdot \text{с} = \text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$ $\text{Гц} = \text{с}^{-1}$
Теплоемкость	Джоуль на кельвин	Дж/К	$\text{Дж}/\text{К} = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1}$
Количество электричества (электрический заряд)	Кулон	Кл	$\text{А} \cdot \text{с}$
Электрическое напряжение, потенциал, разность потенциалов, электродвижущая сила	Вольт	В	$\text{В} = \text{м}^2 \cdot \text{кг}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Электрическая емкость	Фарада	Ф	$\text{Ф} = \text{м}^{-2} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^2 \cdot \text{А}^2$
Электрическое сопротивление	Ом	Ом	$\text{Ом} = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{А}^{-2}$
Поток магнитной индукции, магнитный поток	Вебер	Вб	$\text{Вб} = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Плотность магнитного потока, магнитная индукция	Тесла	Тл	$\text{Тл} = \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-1}$
Индуктивность, взаимная индукция	Генри	Гн	$\text{Гн} = \text{м}^2 \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{А}^{-2}$

Плотность электрического тока	Ампер на квадратный метр	А/м ²	А · м ⁻²
Напряженность магнитного поля	Ампер на метр	А/м	А · м ⁻¹
Световой поток	Люмен	лм	Кд · ср
Освещенность	Люкс	Лк	м ⁻² · кд · ср

НЕКОТОРЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ПОСТОЯННЫЕ

Скорость света в вакууме	c	$3 \cdot 10^8$ м/с
Гравитационная постоянная	γ	$6,67 \cdot 10^{-11}$ Н · м ² /кг ²
Число Авогадро	N_A	$6,022 \cdot 10^{23}$ моль ⁻¹
Универсальная газовая постоянная	R	8,314 Дж/(моль · К)
Заряд электрона	e	$1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл
Электрическая постоянная	ϵ_0	$8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м
Магнитная постоянная	μ_0	$4 \pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м
Масса покоя электрона	m_e	$9,11 \cdot 10^{-31}$ кг
Масса покоя протона	m_p	$1,673 \cdot 10^{-27}$ кг
Постоянная Планка	h	$6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж · с
Постоянная Стефана – Больцмана	σ	$5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м ² град. ⁴)
Постоянная Ридберга	R	$1,10 \cdot 10^7$ м ⁻¹
Радиус первой Боровской орбиты	r_1	$5,29 \cdot 10^{-11}$ м

Некоторые употребляемые величины и их значения в СИ
 Ангстрем Å $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ м}$
 Электронвольт эВ $1 \text{ эВ} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

ПРИСТАВКИ К ОБОЗНАЧЕНИЯМ ЕДИНИЦ

Приставка	Обозначение	Множитель
Мега	М	10^6
Кило	к	10^3
Деци	д	10^{-1}
Санта	с	10^{-2}
Милли	м	10^{-3}
Микро	мк	10^{-6}
Пико	п	10^{-12}

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

Задача 1. Точка вращается вокруг неподвижной оси по закону, выражаемому формулой $\varphi = A + Bt - Ct^2$, где φ – угол поворота, t – время вращения, $A = 10$, $B = 20 \text{ с}^{-1}$, $C = 2 \text{ с}^{-2}$. Найти величину и направление полного ускорения точки, находящейся на расстоянии $0,1 \text{ м}$ от оси вращения для момента времени $t = 4 \text{ с}$.

Дано:

$$\varphi = A + Bt - Ct^2,$$

$$A = 10,$$

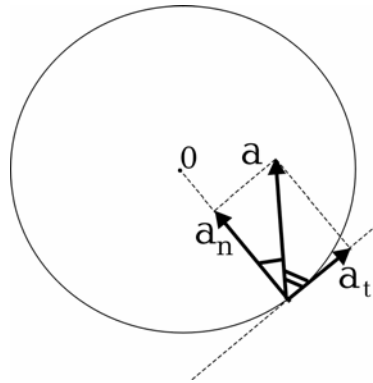
$$B = 20 \text{ с}^{-1},$$

$$C = 2 \text{ с}^{-2},$$

$$t = 4 \text{ с},$$

$$r = 0,1 \text{ м}.$$

$$a = ?, \alpha = ?, \gamma = ?$$



Решение. Полное ускорение точки, движущейся по кривой линии, является векторной суммой тангенциального a_t и нормального a_n ускорений: $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$. Тангенциальное ускорение направлено по касательной к траектории движения, нормальное направление к центру кривизны траектории. Согласно рисунку 1

$$a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}, \quad (1)$$

a_t и a_n связаны с угловой скоростью и ускорением следующими соотношениями:

$$a_t = \beta \cdot r, \quad (2)$$

$$a_n = \omega^2 \cdot r, \quad (3)$$

где β – угловое ускорение вращающейся точки, ω – угловая скорость вращающейся точки, r – расстояние точки от оси вращения. Определим ω и β .

Угловая скорость ω равна первой производной от угла поворота по времени:

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \frac{d(A + Bt - Ct^2)}{dt} = B - 2 \cdot C \cdot t \quad (4)$$

В момент времени $t = 4 \text{ с}$ угловая скорость

$$\omega = 20 \text{ с}^{-1} - 2 \cdot 2 \text{ с}^{-2} \cdot 4 \text{ с} = 4 \text{ с}^{-1}.$$

Угловое ускорение вращающегося тела равно первой производной от угловой скорости ω по времени:

$$\beta = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d(B - 2Ct)}{dt} = -2C \quad (5)$$

$$\beta = -2 \cdot 2 \text{ с}^{-2} = -4 \text{ с}^{-2}.$$

Вычислим теперь по формулам (2) и (3) a_t и a_n :

$$a_t = -4 \cdot 0,1 = -0,4 \text{ м/с}^2; \quad a_n = 4^2 \cdot 0,1 = 1,6 \text{ м/с}^2.$$

Подставив выражения для a_t и a_n в формулу (1), определяющую модуль полного ускорения и воспользовавшись формулами (2) и (3), получим:

$$a = r\sqrt{\beta^2 + \omega^4}, \quad (6)$$

$$a = 0,1\sqrt{(-4)^2 + 4^4} \text{ м/с}^2 = 1,65 \text{ м/с}^2.$$

Направление полного ускорения определим, если найдем углы, которые вектор ускорения образует с касательной к траектории или нормалью к ней (см. рисунок 1):

$$\cos \alpha = \frac{a_t}{a}, \quad \cos \gamma = \frac{a_n}{a}.$$

$$\cos \alpha = 0,4 / 1,65 = 0,242, \quad \cos \gamma = 1,6 / 1,65 = 0,97.$$

По тригонометрическим таблицам находим $\alpha = 76^\circ$, $\gamma = 14^\circ$.

Ответ: $a = 1,65 \text{ м/с}^2$; $\alpha = 76^\circ$, $\gamma = 14^\circ$.

Задача 2. Диск радиусом $R = 1,5 \text{ м}$ и массой $m_1 = 180 \text{ кг}$ вращается по инерции вокруг вертикальной оси, делая $n = 10 \text{ об/мин}$. В центре диска стоит человек массой $m_2 = 60 \text{ кг}$. Какую линейную скорость относительно пола будет иметь человек, если он перейдет на край диска?

Решение. Для системы человек – диск будет выполняться закон сохранения импульса:

$$(I_1 + I_2) \cdot \omega = (I_1 + I'_2) \cdot \omega', \quad (1)$$

где I_1 – момент инерции диска, I_2 – момент инерции человека, стоящего в центре диска, ω – угловая скорость диска с человеком, стоящим в ее центре, I'_2 – момент инерции человека, стоящего на краю диска, ω' – угловая скорость диска с человеком, стоящим на краю.

Величина линейной скорости человека, стоящего на краю диска, связана с угловой скоростью ω соотношением $V = \omega' \cdot R$.

Используя (1), получим выражение для величины линейной скорости

$$V = (I_1 + I_2) \cdot \omega \cdot R / (I_1 + I'_2). \quad (2)$$

Момент инерции диска определим по формуле $I_1 = (1/2)m_1R^2$, момент инерции человека рассчитаем по формуле, определяющей момент инерции материальной точки массы m_2 . Поэтому для момента инерции человека, находящегося в центре диска, $I_2 = 0$, а для момента инерции человека на краю диска – $I'_2 = m_2 R^2$.

Угловая скорость диска до перехода человека $\omega = 2\pi n$. Заменив в формуле (2) величины I_1 , I_2 , I'_2 и ω их выражениями, получим:

$$V = \frac{\frac{1}{2}m_1R^2}{\frac{1}{2}m_1R^2 + m_2R^2} \cdot 2\pi nR \quad \text{или} \quad V = \frac{m_1}{m_1 + 2m_2} \cdot 2\pi nR.$$

Подставляя численные значения, получим:

$$V = \frac{180 \text{ кг}}{180 + 2 \cdot 60 \text{ кг}} \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot \frac{1}{6} \cdot 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 1,18 \text{ м/с.}$$

Задача 3. Сколько молекул содержится в 1 м^3 воды? Какова масса молекулы воды? Считая, что молекулы имеют вид шариков, соприкасающихся друг с другом, найти диаметр молекулы.

Решение. Известно, что число молекул в одном моле любого вещества (твердого, жидкого или газообразного) определяется числом Авогадро N_A . Следовательно, число молей n , содержащихся в массе m , определится соотношением $n = (m/\mu)N_A$, где μ – масса одного моля. Так как $m = \rho \cdot V$, где ρ – плотность воды и V – объем, занимаемый водой, то $n = (\rho \cdot V/\mu) N_A$.

Подставив в формулу числовые значения

$$\rho = 10^3 \text{ кг/м}^3, V = 1 \text{ м}^3, N_A = 6,022 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1}, \mu = 18 \text{ кг/кмоль},$$

получим:

$$n = (10^3/18) \cdot 6,022 \cdot 10^{26} = 3,34 \cdot 10^{28} \text{ (молекул).}$$

Масса одной молекулы $m_1 = \mu / N_A$:

$$m_1 = 18 \text{ кг/кмоль} : 6,022 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1} = 2,99 \cdot 10^{-26} \text{ кг.}$$

Если молекулы воды полностью прилегают друг к другу, то можно считать, что на каждую молекулу приходится объем $V_1 = d^3$, где d – диаметр молекулы. Отсюда $d = \sqrt[3]{V_1}$.

Для определения объема V_1 разделим молярный объем V_0 на число молекул в моле:

$$V_1 = V_0/N_A, \text{ тогда } d = \sqrt[3]{V_0/N_A}.$$

Входящий в эту формулу молярный объем $V_0 = \mu / \rho$, тогда искомый диаметр молекулы:

$$d = \sqrt[3]{\mu/(\rho \cdot N_A)},$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{18 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}}{10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 6,022 \cdot 10^{26} \frac{1}{\text{кмоль}}}} = 3,11 \cdot 10^{-10} \text{ м.}$$

Задача 4. Баллон содержит $m_1 = 0,08$ кг кислорода и $m_2 = 0,3$ кг аргона. Давление смеси $P = 1,01$ МПа, температура $T = 288$ К. Считая газы идеальными, определить объем баллона. (Масса одного моля кислорода $\mu_1 = 32$ кг/кмоль, аргона $\mu_2 = 40$ кг/кмоль.)

Решение. По закону Дальтона давление смеси равно сумме парциальных давлений газов, входящих в состав смеси. Парциальным давлением газа называется давление, которое производил бы этот газ, если бы только он находился в рассматриваемом сосуде.

По уравнению Менделеева – Клайперона парциальные давления P_1 и P_2 кислорода и аргона равны:

$$P_1 = \frac{m_1}{\mu_1} \cdot \frac{RT}{V}, \quad P_2 = \frac{m_2}{\mu_2} \cdot \frac{RT}{V}.$$

В результате суммарное давление P выразится

$$P = P_1 + P_2 = \frac{RT}{V} \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right),$$

откуда

$$V = \left(\frac{m_1}{\mu_1} + \frac{m_2}{\mu_2} \right) \cdot \frac{RT}{P},$$

$$V = \left(\frac{0,08}{32} + \frac{0,3}{40} \right) \cdot \frac{8,31 \cdot 10^3 \cdot 288}{1,01 \cdot 10^6} \frac{\text{кг}}{\text{кг}} \frac{\text{Дж} \cdot \text{К}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \frac{\text{м}^2}{\text{Н}} \approx 0,0237 \text{ м}^3.$$

Задача 5. Найти среднюю кинетическую энергию поступательного движения и полную среднюю кинетическую энергию молекул гелия и азота при температуре $T = 300 \text{ К}$, а также кинетическую энергию вращательного движения всех молекул, содержащихся в $m = 0,004 \text{ кг}$ азота.

Решение. На каждую степень свободы молекулы газа приходится одинаковая энергия, выражаемая формулой

$$W = \frac{1}{2} kT,$$

где k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура газа.

Полная средняя энергия молекул зависит не только от температуры, но и от структуры молекулы – от числа степеней свободы.

Гелий – одноатомный газ, число степеней свободы с учетом только поступательного движения $i = 3$, поэтому полная средняя энергия молекулы гелия равна энергии его поступательного движения, т. е.

$$W = \frac{i}{2} kT = \frac{3}{2} kT,$$

$$W_{\text{He}} = \frac{3}{2} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 300 \text{ К} = 6,21 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}.$$

Азот – двухатомный газ, для него $i = 5$, тогда

$$W_{\text{N}} = (5/2) \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 300 \text{ К} = 10,35 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}.$$

Так как полное число степеней свободы двухатомной молекулы азота $i = 5$, а на долю поступательного движения приходится $i = 3$, то на долю вращательного движения двухатомной молекулы приходится две степени свободы. Тогда энергия вращательного движения одной молекулы азота определится формулой

$$W_{\text{вращ.}} = (2/2)kT; \quad W_{\text{вращ.}} = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К} \cdot 300 \text{ К} = 4,14 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}.$$

Кинетическая энергия вращательного движения всех n молекул азота

$$W_{\text{вращ.}} = n \cdot W_{\text{вращ.}}, \text{ где } n = (m/\mu) \cdot N_A \text{ (см. решение задачи 6).}$$

$$W_{\text{вращ.}} = (m/\mu) \cdot N_A \cdot W_{\text{вращ.}}$$

Для азота $\mu = 28$ кг/кмоль,

$$W_{\text{вращ}} = (0,004 \text{ кг}/28 \text{ кг/кмоль}) \cdot 6,022 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1} \cdot 4,14 \cdot 10^{-21} \text{ Дж} = 3,56 \cdot 10^2 \text{ Дж}.$$

Задача 6. Вычислить удельные теплоемкости при постоянном объеме c_v и при постоянном давлении c_p неона и водорода, считая эти газы идеальными.

Решение. Удельные теплоемкости c_p и c_v идеальных газов выражаются формулами

$$c_v = \frac{i R}{2 \mu}, \quad c_p = \frac{i + 2 R}{2 \mu},$$

i – число степеней свободы молекулы газа, μ – масса киломоля,

$$\mu_{\text{Ne}} = 20 \text{ кг/кмоль}, \quad \mu_{\text{H}_2} = 2 \text{ кг/кмоль}.$$

Неон – одноатомный газ, поэтому $i = 3$.

$$c_v = \frac{3 \cdot 8,31 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{кмоль})}{2 \cdot 20 \text{ кг/кмоль}} = 6,23 \cdot 10^2 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{кг}),$$

$$c_p = \frac{3+2}{2} \frac{8,31 \cdot 10^3}{20} = 1,04 \cdot 10^3 \text{ Дж}/(\text{К} \cdot \text{кг}).$$

Для водорода (двухатомный газ) $i = 5$:

$$c_v = \frac{5 \cdot 8,31 \cdot 10^3}{2 \cdot 2} = 1,04 \cdot 10^4 \text{ Дж/кгК},$$

$$c_p = \frac{5+2}{2} \frac{8,31 \cdot 10^3}{2} = 1,45 \cdot 10^4 \text{ Дж/кгК}.$$

Задача 7. Тепловая машина работает по обратному циклу Карно. Температура нагревателя 500 К. Определить к. п. д. цикла η и температуру T_2 тепловой машины, если за счет каждого килоджоуля теплоты, полученной от нагревателя, машина совершает работу 350 Дж.

Решение. К. п. д. тепловой машины равен отношению полезной работы к затраченной: $\eta = A/A_1 = A/Q$, A – работа, совершенная рабочим телом тепловой машины; Q – теплота, полученная от нагревателя:

$$\eta = 350/1000 = 0,35 = 35 \text{ \%}.$$

Зная к. п. д. цикла, можно по формуле $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$ определить температуру T_2 холодильника (T_1 – температура нагревателя).

$$T_2 = T_1(1 - \eta),$$

$$T_2 = 500 \cdot (1 - 0,35) = 500 \cdot 0,65 = 325 \text{ К}.$$

Задача 8. Материальная точка с массой $m = 0,02$ кг совершает гармонические колебания по закону синуса с периодом $T = 2$ с и начальной фазой, равной нулю. Полная энергия колеблющейся точки $W = 1 \cdot 10^{-3}$ Дж.

Найти: а) амплитуду колебаний A , б) написать уравнение данных колебаний, в) найти наибольшее значение силы F_{\max} , действующей на точку.

Решение. Уравнение гармонических колебаний без начальной фазы имеет вид

$$x = A \sin \omega t, \quad (1)$$

откуда скорость колеблющейся точки равна:

$$v = \frac{dx}{dt} = A \cdot \omega \cdot \cos \omega t.$$

Кинетическая энергия колеблющейся точки

$$W_k = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} m (A \omega \cos \omega t)^2 = \frac{1}{2} m A^2 \omega^2 \cos^2 \omega t.$$

Полная энергия колеблющейся точки определится из уравнения

$$A = \frac{1}{\omega} \sqrt{2W},$$

отсюда амплитуда колебаний

$$A = \frac{1}{\omega} \sqrt{\frac{2W}{m}}.$$

Круговая (циклическая) частота связана с периодом колебаний T : $\omega = \frac{2\pi}{T}$,

тогда
$$A = \frac{1}{\frac{2\pi}{T}} \sqrt{\frac{2W}{m}} = \frac{T}{2\pi} \sqrt{\frac{2W}{m}}.$$

$$A = \frac{2}{2 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-2}}} = \frac{1}{3,14} \sqrt{\frac{1}{10^2}} = \frac{1}{10 \cdot 3,14} \approx 0,03 \text{ (м)}.$$

Найдем ω : $\omega = 2\pi/2 = \pi \text{ (с}^{-1}\text{)}$. Зная A и ω , согласно (1), уравнение колеблющейся точки будет:

$$x = 0,03 \sin \pi t.$$

F_{\max} определим из 2-го закона Ньютона: $F_{\max} = m \cdot a_{\max}$,

$$a = \frac{dv}{dt} = -A \cdot \omega^2 \cdot \sin \omega t, \quad a_{\max} = A \omega^2, \quad F_{\max} = -m A \omega^2.$$

$$F_{\max} = -0,02 \cdot 0,03(\pi)^2 \text{ (кг} \cdot \text{м)/с}^2 = -5,9 \cdot 10^{-3} \text{ Н}.$$

Знак минус указывает на то, что направление силы противоположно направлению смещения.

Задача 9. Сплошная металлическая сфера радиусом $R = 20$ см несет равномерно распределенный заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 10^{-9}$ Кл/м². Определить напряженность и потенциал электрического поля на поверхности сферы.

Решение. Условие статического распределения зарядов в проводнике требует, чтобы внутри сферы напряженность поля равнялась нулю. Из этого

же условия следует, что потенциал φ_1 в любой точке сферы одинаков и равен потенциалу φ_2 на поверхности сферы: $E_1=0$, $\varphi_1 = \varphi_2$. Заряженная сфера создает вокруг себя такое же поле, которое создавал бы точечный заряд (равный заряду, находящемуся на сфере), помещенный в центр сферы:

$$E = F/q_{\text{пробн.}} \quad (1)$$

Силу F определяем по закону Кулона:

$$F = (1/4 \pi \epsilon \epsilon_0) Q \cdot q_{\text{пробн.}} / r^2. \quad (2)$$

$r = R$, $Q = \sigma \cdot S$, где Q – заряд сферы, S – площадь сферы,

$$F = 4\pi R^2 \sigma. \quad (3)$$

Подставляя формулу (3) в (2), получим

$$F = (1/4 \pi \epsilon \epsilon_0) \cdot 4\pi R^2 \sigma q_{\text{пр}} / r^2 = \sigma q_{\text{пр}} / \epsilon \epsilon_0,$$

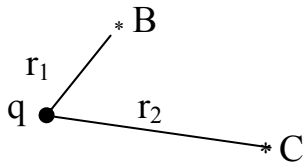
$$\text{тогда } E = (\sigma q_{\text{пр}} / \epsilon \epsilon_0) / q_{\text{пр}} = \sigma / \epsilon \epsilon_0.$$

Так как $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м, то потенциал, создаваемый точечным зарядом Q , определяется по формуле

$$\varphi = (1/4 \pi \epsilon \epsilon_0) \cdot 4\pi R^2 \sigma / R = R\sigma / \epsilon \epsilon_0, \text{ или}$$

$$\varphi = (0,2 \text{ м} \cdot 10^{-19} \text{ Кл/м}^2) / 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}^2 \cdot 1 \approx 22,6 \text{ В}.$$

Задача 10. Электрическое поле образовано зарядом $q_1 = 5,0 \cdot 10^{-7}$ Кл, находящимся в среде с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$. Определить разность потенциалов φ точек В и С, удаленных от заряда на 5 см и 0,2 м. Какая работа совершается полем при перемещении заряда $q_2 = 0,3 \cdot 10^{-7}$ Кл между точками В и С?



Решение. Разность потенциалов точек В и С поля

$$\varphi_{bc} = U = \varphi_b - \varphi_c; \quad U = q_1 / (4\pi \epsilon \epsilon_0 r_{1,}) - q_1 / (4\pi \epsilon \epsilon_0 r_2) = (q_1 / 4\pi \epsilon \epsilon_0) (1/r_1 - 1/r_2),$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная: $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м. Работу по перемещению заряда в электрическом поле определим по формуле

$$A = q \cdot U.$$

Учитывая, что $1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл} / 1 \text{ В}$ по определению емкости проводников, получим

$$U = \frac{5 \cdot 10^{-7} \text{ Кл}}{4\pi \cdot 2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{Ф}}{\text{м}}} \left(\frac{1}{5 \cdot 10^{-2} \text{ м}} - \frac{1}{0,2 \text{ м}} \right) \approx 3,4 \cdot 10^4 \text{ В},$$

$$A = 0,3 \cdot 10^{-7} \text{ Кл} \cdot 3,4 \cdot 10^4 \text{ В} = 0,001 \text{ Дж}.$$

Задача 11. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,1$ Тл равномерно вращается рамка, содержащая $N = 1000$ витков. Площадь рамки $S = 150 \text{ см}^2$, рамка делает 10 об/с. Определить мгновенное значение э.д.с., соответствующее углу поворота рамки в 30° .

Решение. Мгновенное значение э.д.с. индукции $\epsilon_{\text{инд}}$ определяется основным уравнением электромагнитной индукции Фарадея

$$\epsilon_{\text{инд}} = - \frac{d\Phi}{dt},$$

Φ – магнитный поток через площадь витка (т. е. «связанный» с данным витком).

В катушке, содержащей N одинаковых витков (т. е. N одинаковых последовательно соединенных контуров), э.д.с. индукции, возбуждаемые в витках, суммируются, тогда

$$\varepsilon_{инд} = -\frac{d\Phi}{dt} \cdot N,$$

т. е. можно сказать, что с этой катушкой «связан» магнитный поток в N раз больший, чем с одним витком.

$$\Phi = B S \cos\varphi = B S \cos\omega t.$$

Здесь S – площадь витка, (φ – угол между нормалью n к площади витка S и вектором B , ω – круговая (циклическая) частота. В итоге

$$\varepsilon_{инд} = -\frac{d}{dt}(B \cdot S \cdot \cos\omega t) \cdot N = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin\omega t,$$

т. к. $\omega = 2\pi\nu$ и $\omega t = 30^\circ = \pi/6$, получим

$$\begin{aligned} \varepsilon_{инд} &= 2\pi\nu \cdot N \cdot B \cdot S \cdot \sin\omega t. \\ \varepsilon_{инд} &= 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \text{ с}^{-1} \cdot 10^3 \cdot 0,1 \text{ Гл} \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot \text{м}^2 \cdot \sin \pi/6 = \\ &= 2 \cdot 3,14 \cdot 10 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 1,5 \cdot 10^{-2} \cdot 0,5 = 47,1 \text{ В}. \end{aligned}$$

Задача 12. При изменении тока от 2,5 А до 14,5 А в соленоиде без сердечника, содержащем 800 витков, его магнитный поток увеличивается на $2,4 \cdot 10^{-3}$ Вб. Чему равна средняя э.д.с. самоиндукции, возникающая при этом в соленоиде, если изменение тока происходит за 0,15 с? Определить магнитную энергию соленоида при токе 5 А.

Решение. Согласно закону Фарадея

$$\varepsilon_{самоинд} = -N \frac{d\Phi}{dt}.$$

Поток напряжений магнитного поля через контур прямо пропорционален току в этом контуре: $\Phi \sim L$, или $\Phi = LJ$.

$$\varepsilon_{самоинд} = -L \frac{dJ}{dt},$$

где L – индуктивность, следовательно, $-\frac{d\Phi}{dt} N = -L \frac{dJ}{dt}$,

т. к. мы определяем среднюю, а не мгновенную э.д.с., то

$$N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = L \frac{\Delta J}{\Delta t}, \quad N \cdot \Delta\Phi = L \cdot \Delta J, \quad \text{отсюда } L = \frac{N\Delta\Phi}{\Delta J},$$

$$L = \frac{800 \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ Вб}}{(14,5 - 2,5) \text{ А}} = 0,16 \text{ Гн}, \quad \varepsilon_{ср} = -L \frac{\Delta J}{\Delta t},$$

$$\varepsilon_{ср} = -0,16 \frac{14,5 - 2,5}{0,15} = -13 \text{ В}.$$

Знак минус показывает, что возникающая э.д.с. индукции препятствует нарастанию тока.

Э.д.с. индукции можно найти и из основной формулы для э.д.с. индукции:

$$\varepsilon_{\text{инд}} = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \text{или} \quad \varepsilon_{\text{инд}} = -800 \frac{2,4 \cdot 10^{-3}}{0,15} = -13 \text{ В.}$$

Магнитную энергию можно подсчитать из соотношения:

$$W = L \frac{J^2}{2}, \quad W = 0,16 \frac{25}{2} = 2 \text{ Дж.}$$

Задача 13. Колебательный контур состоит из конденсатора с емкостью $C = 48 \text{ мкФ}$, катушки с индуктивностью $L = 24 \text{ мГн}$ и активным сопротивлением $R = 20 \text{ Ом}$. Определить частоту свободных электромагнитных колебаний в этом контуре. На сколько изменится частота электромагнитных колебаний в контуре, если пренебречь активным сопротивлением катушки?

Решение. Период T электромагнитных колебаний в контуре, состоящем из емкости C , индуктивности L и сопротивления R , определяется следующей формулой:

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}}. \quad (1)$$

Но $\nu = \frac{1}{T}$, следовательно, для 1-го случая $\nu_1 = \frac{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}}{2\pi}$.

Если сопротивление R будет равно нулю, то формула (1) примет вид:

$$T_2 = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC}}} = 2\pi\sqrt{LC}, \quad \text{а частота } \nu_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad \Delta\nu = \nu_2 - \nu_1.$$

$$\nu_1 = \frac{\sqrt{\frac{1}{2,4 \cdot 10^{-2} \cdot 4,8 \cdot 10^{-5}} - \frac{20}{2 \cdot 2,4 \cdot 10^{-2}}}}{2 \cdot 3,14} = 132 \text{ Гц,}$$

$$\nu_2 = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{2,4 \cdot 10^{-2} \cdot 4,8 \cdot 10^{-5}}} = 148 \text{ Гц,}$$

$$\Delta\nu = 148 - 132 \text{ Гц,}$$

$$\Delta\nu = 16 \text{ Гц.}$$

Задача 14. На стакан, наполненный водой, положена стеклянная пластинка. Под каким углом должен падать на пластинку луч света, чтобы от поверхности раздела воды со стеклом произошло полное внутреннее отражение (см. рис.)? Показатели преломления стекла – $n_1 = 1,6$, воды – $n_2 = 1,33$.

Решение. Если луч падает на границу раздела оптически более плотной и оптически менее плотной сред под углом $\alpha = \alpha_{np}$, преломленный луч скользит по границе раздела сред, т. е. угол преломления $\beta = 90^\circ$.

В таком случае согласно закону преломления

$$\frac{\sin \alpha_{np}}{\sin 90^\circ} = \frac{n_2}{n_1},$$

где n_2 – показатель преломления воды.

$$\sin \alpha_{np} = \frac{n_2}{n_1} = 0,8312;$$

$$\alpha_{np} = 56^\circ 13'.$$

Для границы раздела воздух – стекло закон преломления записывается в

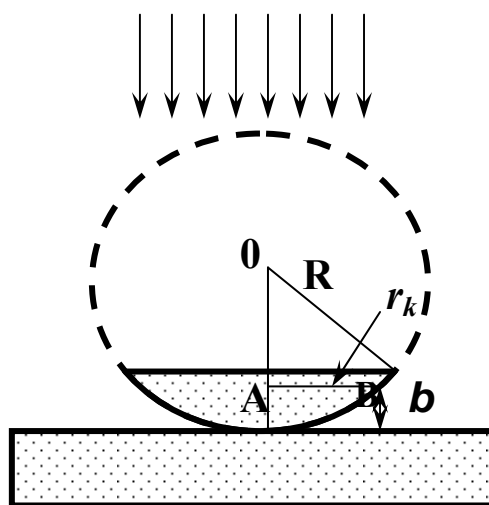
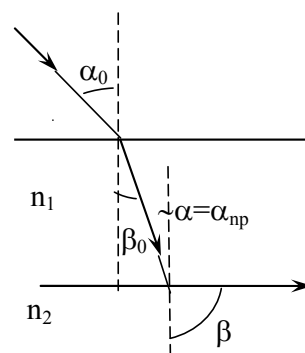
виде $\frac{\sin \alpha_o}{\sin \beta_o} = n_1$.

Из рисунка следует, что $\beta_o = \alpha_{np}$, т. е. $\sin \alpha_o = n_1 \sin \beta_o = 1,33$.

Таким образом, для полного внутреннего отражения на границе стекло – вода луч должен падать на стеклянную пластинку под углом, синус которого равен 1,33, что невозможно.

Задача 15. Кольца Ньютона наблюдаются при отражении света от соприкасающихся друг с другом плоскопараллельной толстой стеклянной пластинки и плоско-выпуклой линзой с большим радиусом кривизны. Роль тонкой пленки, от которой отражаются когерентные волны, играет воздушный зазор между пластинкой и линзой. Расстояние между светлыми кольцами Ньютона с номерами m и n равно ℓ . Радиус кривизны линзы – R . Найти длину волны монохроматического света, падающего нормально на установку. Наблюдения проводятся в отраженном свете.

Решение. Найдем радиусы колец Ньютона, получающихся при падении света по нормали к пластинке. В этом



случае угол падения $\alpha = 0$, $\cos\beta = 1$ и оптическая разность хода равна удвоенной толщине зазора (показатель преломления воздуха $n = 1$) плюс $\lambda/2$ вследствие того, что отражение происходит от более оптически плотной среды (от пластинки). Из рисунка следует, что

$$R^2 = (R - b)^2 + r^2 \approx R - 2Rb + r^2,$$

где R – радиус кривизны линзы; r – радиус кольца Ньютона (ввиду малости величины воздушного зазора b мы пренебрегаем величиной b^2 по сравнению с $2Rb$).

Из вышеприведенного выражения находим $b = r^2/2R$. Таким образом,

$$\Delta = 2b + \frac{\lambda}{2} = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2}.$$

В точках, для которых $\Delta = k\lambda$, возникнут максимумы, а в точках, для которых $\Delta = (2k + 1)\lambda/2$, – минимумы интенсивности. Следовательно, радиусы светлых колец Ньютона будут определяться формулой

$$r_k^c = \sqrt{(2k - 1)R \frac{\lambda}{2}} \quad (k = 1, 2, \dots),$$

радиусы темных колец – формулой

$$r_k^t = \sqrt{kR\lambda} \quad (k = 1, 2, \dots).$$

Расстояние между светлыми кольцами с номерами m и n :

$$\ell = r_m^c - r_n^c = \sqrt{(2m - 1)R \frac{\lambda}{2}} - \sqrt{(2n - 1)R \frac{\lambda}{2}}.$$

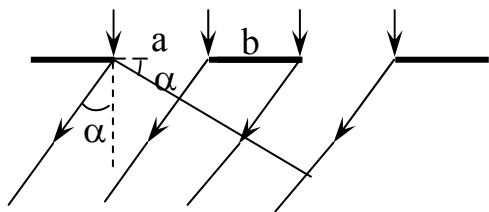
Путем несложных преобразований получим формулу

$$\ell^2 = R\lambda \left[m + n - 1 - \sqrt{(2m - 1)(2n - 1)} \right],$$

откуда

$$\lambda = \frac{\ell^2}{R \left[m + n - 1 - \sqrt{(2m - 1)(2n - 1)} \right]}.$$

Задача 16. Чему равна постоянная дифракционной решетки, если, для того чтобы увидеть красную линию ($\lambda = 0,7$ мкм) в спектре третьего порядка, зрительную трубу пришлось установить под углом $\alpha = 48^\circ 36'$ к оси коллиматора? Какое число штрихов нанесено на 1 см длины этой решетки? Свет падает на решетку нормально.



лиматора? Какое число штрихов нанесено на 1 см длины этой решетки? Свет падает на решетку нормально.

Решение. Условием получения дифракционного максимума является:

$$d \cdot \sin\alpha = k\lambda, \text{ где } d = a + b \text{ – постоянная}$$

дифракционной решетки; a – ширина щели; b – расстояние между щелями; α – угол отклонения лучей; k – порядок спектра; λ – длина волны. Отсюда

$$d = \frac{k\lambda}{\sin\alpha} = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ см.}$$

Число штрихов на 1 см решетки

$$n = \frac{1}{d} = 3570.$$

Задача 17. Красная граница фотоэффекта для цезия $\lambda_0 = 6530 \text{ \AA}$. Определить скорость фотоэлектронов при облучении цезия фиолетовыми лучами с длиной волны $\lambda = 4000 \text{ \AA}$.

Решение. Скорость фотоэлектронов найдем из уравнения Эйнштейна для фотоэффекта:

$$\varepsilon = A + T, \quad (1)$$

где ε – энергия фотона, A – работа выхода, T – кинетическая энергия фотоэлектрона.

Выразив энергию фотона через длину волны, получим

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}. \quad (2)$$

Работы выхода A равна энергии фотона с длиной волны, соответствующей красной границе фотоэффекта:

$$A = \frac{hc}{\lambda_0}. \quad (3)$$

Так как энергия фотонов видимой части спектра очень мала по сравнению с энергией покоя электрона, то кинетическую энергию электрона можно выразить формулой классической механики:

$$T = \frac{m_0 v^2}{2}. \quad (4)$$

Заменив в формуле (1) величины ε , A и T по формулам (2), (3) и (4), получим

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + \frac{m_0 v^2}{2}.$$

Откуда

$$v = \sqrt{\frac{2hc(\lambda_0 - \lambda)}{m_0 \lambda_0 \lambda}}. \quad (5)$$

Подставив числовые значения величин в (5):

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,62 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot (6,63 \cdot 10^{-7} - 4 \cdot 10^{-7})}{9,11 \cdot 10^{-31} \cdot 6,53 \cdot 10^{-7} \cdot 4 \cdot 10^{-7}}} \text{ м/с} = 6,5 \cdot 10^5 \text{ м/с}.$$

Задача 18. Пользуясь теорией Бора, определить радиус атома водорода, когда электрон находится на ближайшей к ядру орбите, и скорость движения электрона на этой орбите.

Решение. r_1 – радиус ближайшей к ядру орбиты (в соответствии с условием – радиус атома водорода). Ядро атома водорода (протон) и вра-

щающийся вокруг него электрон взаимодействуют по закону Кулона с силой

$$F_{эл} = e^2 / \pi \epsilon_0 r^2,$$

где e – элементарный электрический заряд. Эта сила является центростремительной силой, заставляющей электрон массой m вращаться по орбите радиусом r_1 , т. е.

$$e^2 / 4\pi \epsilon_0 (r_1)^2 = m(v_1)^2 / r_1. \quad (1)$$

Здесь два неизвестных: r_1 и v_1 , где v_1 – скорость движения электрона на 1-й орбите.

Для решения задачи нужно еще одно уравнение с этими же неизвестными. Его дает один из постулатов Бора. Согласно этому постулату электрон может двигаться только по таким орбитам, для которых момент количества движения электронов $m_e \cdot v \cdot r_n$ является целым кратным числом $h/2\pi$ (квантование орбит по Бору), т. е.

$$m \cdot v \cdot r_n = n \cdot h/2\pi,$$

где n – целое число ($n = 1, 2, 3, \dots$). Для ближайшей к ядру орбиты электрона $n = 1$. Следовательно, $mv_1 r_1 = h/2\pi$,

откуда $v_1 = h/2\pi m r_1$.

Тогда (1) переписывается

$$E^2 / 4\pi \epsilon_0 r^2 = (m/r_1)(h/2\pi m r_1)^2$$

или

$$r_1 = h^2 \epsilon_0 / \pi m e^2.$$

Подставляя в формулу численные значения заряда электрона, массу электрона и постоянной Планка, получим для r_1 :

$$r_1 = \frac{6,62^2 \cdot 10^{-68} \text{ Дж}^2 \cdot \text{с}^2 \cdot 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}}{3,14 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 1,6^2 \cdot 10^{-38} \text{ кг}} = 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ м},$$

$$v_1 = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{6,28 \cdot 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \cdot 5,3 \cdot 10^{-11} \text{ м}} = 2,0 \cdot 10^6 \text{ м/с}.$$

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

1. Точка движется по окружности радиуса 8 м. Закон ее движения выражается уравнением $s = a + bt^2$, где $a = 20$ м, $b = 2$ м · с⁻². Найти, в какой момент времени нормальное ускорение точки a_n будет равно 3 м · с⁻². (Ответ: 1,21 с.)

2. С какой средней силой F давит при стрельбе ручной пулемет, если масса пули $m = 0,01$ кг, ее скорость при вылете $v = 800$ м/с и скорострельность пулемета $n = 600$ вылетов в минуту? (Ответ: 80 Н.)

3. Стальной шарик, упавший с высоты 1 м на стальную доску, отскакивает от нее со скоростью $V_2 = 0,75V_1$, где V_1 – скорость, с которой он подлетел к доске. 1) На какую высоту он поднимется? 2) Сколько времени пройдет от начала движения шарика до вторичного его падения на доску? (Ответ: $h = 0,84$ м, $t = 1,4$ с.)

4. На скамье Жуковского сидит человек и держит на вытянутых руках гири по 10 кг каждая. Расстояние от каждой гири до оси вращения скамьи $l_1 = 0,75$ м. Скамья вращается, делая $n = 1$ об/с. Как изменится скорость вращения скамьи и какую работу произведет человек, если он сожмет руки так, что расстояние от каждой гири до оси уменьшится до $l_2 = 0,2$ м? Суммарный момент инерции человека и скамьи относительно оси вращения $I_0 = 2,5$ кг · м². (Ответ: $\omega = 4,2$ об/с, $A = 870$ Дж.)

5. Какое количество молекул находится в комнате объемом 80 м³ при температуре 17 °С и давлении 750 мм рт. ст.? (Ответ: $2 \cdot 10^{27}$)

6. Найти среднюю длину свободного пробега атомов гелия в условиях, когда плотность гелия $\rho = 2,1 \cdot 10^{-2}$ кг/м³. (Ответ: $1,8 \cdot 10^{-6}$ м.)

7. Рассчитать полную энергию всех молекул кислорода, занимающего при давлении $P = 0,2$ МПа, объем $V = 30$ л. Ответ: $1,5 \cdot 10^4$ Дж.)

8. 160 г кислорода нагреваются от 50 до 60 °С. Найти количество поглощенной теплоты и изменение внутренней энергии в случаях, если:

1) процесс происходит при постоянном объеме, 2) при постоянном давлении. (Ответ: 1) $Q_1 = U_1 = 1040$ Дж, 2) $U_2 = 1040$ Дж, $Q_2 = 1400$ Дж.)

9. Работа изотермического расширения 10 г некоторого газа от объема V_1 до объема $V_2 = 2V_1$ равна 575 Дж. Найти среднюю квадратичную скорость молекул газа при этой температуре. (Ответ: 500 м/с.)

10. Газ совершает цикл Карно. Абсолютная температура нагревателя в три раза выше, чем температура охладителя. Нагреватель передал газу $Q_1 = 10$ ккал теплоты. Какую работу совершил газ? (Ответ: $2,81 \cdot 10^4$ Дж.)

11. Заряды по 0,1 мкКл расположены на расстоянии 6 см друг от друга. Найти напряженность и потенциал в точке, удаленной на 5 см от каждого из зарядов. Оба заряда считать положительными. (Ответ: 576 кВ/м, 36 кВ.)

12. Два шарика массой $m = 1$ г каждый подвешены на нитях, верхние концы которых соединены вместе. Длина каждой нити $\ell = 10$ см. Какие

одинаковые заряды надо сообщить шарикам, чтобы нити разошлись на угол $\alpha = 60^\circ$? (Ответ: 79 нКл.)

13. Длинная прямая тонкая проволока несет равномерно распределенный заряд. Вычислить линейную плотность τ заряда, если напряженность поля на расстоянии $r = 0,5$ м от проволоки против ее середины $E = 2$ В/см. (Ответ: 5,55 нКл/м.)

14. Какую ускоряющую разность потенциалов U должен пройти электрон, чтобы получить скорость $v = 8$ мм/с? (Ответ: 182 В.)

15. Для изучения структуры и функции биологических мембран используют модели – искусственные фосфолипидные мембраны, состоящие из бимолекулярного слоя фосфолипидов. Толщина искусственной мембраны достигает около $\ell = 6$ нм. Найдите емкость 1 см² такой мембраны, считая ее относительную диэлектрическую проницаемость $\epsilon_r = 3$. Сравните полученную емкость с аналогичной характеристикой конденсатора, расстояние между пластинами которого $\ell = 1$ мм. (Ответ: $C_{\text{мембраны}} = 0,44$ мкФ/см², $C_{\text{конденсатора}} = 2,7$ пФ/см².)

16. Вычислите емкость тела человека, считая ее равной емкости электропроводящего шара того же объема. Среднюю плотность тела принять равной $\rho = 1$ г/см³, масса человека $m = 60$ кг. (Ответ: 9 пФ.)

17. В проводнике сопротивлением 2 Ом, подключенном к элементу с э.д.с. 1,1 В, идет ток 0,5 А. Какова сила тока при коротком замыкании элемента? На концах медного провода длиной $\ell = 5$ м поддерживается напряжение $U = 1$ В. Определить плотность тока δ в проводе. (Ответ: $1,18 \cdot 10^7$ А/м².)

18. Определить силу тока в цепи, состоящей из двух элементов с э.д.с. $\epsilon_1 = 1,6$ В и $\epsilon_2 = 1,2$ В с внутренним сопротивлением $r_1 = 0,6$ Ом и $r_2 = 0,4$ Ом, соединенных одноименными полюсами. (Ответ: 0,4 А.)

19. Термопара из Pb-Ag создает термоэлектродвижущую силу 3 мкВ при разности температур спаев 1 К. Можно ли такой термопарой уверенно установить температуры тела человека от 36,5 до 37,0 °С, если потенциометр позволяет измерить напряжение с точностью до 1 мкВ?

20. Самолет, имеющий размах крыльев $\ell = 40$ м, летит горизонтально со скоростью $v = 900$ км/ч. Определите разность потенциалов на концах крыльев, если вертикальная составляющая напряженности магнитного поля Земли $H = 40$ А/м. (Ответ: 0,5 В.)

21. В проводнике с длиной активной части 8 см сила тока равна 50 А. Он находится в однородном магнитном поле с индукцией 20 мТл. Найти совершенную работу, если проводник переместился на 10 см перпендикулярно силовым линиям. (Ответ: 8 мДж.)

22. По тонкому проводнику, изогнутому в виде правильного шестиугольника со стороной $a = 10$ см, идет ток силой $I = 20$ А. Определить магнитную индукцию в центре шестиугольника. (Ответ: 138 мкТ.)

23. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,01$ Т помещен прямой проводник длиной $\ell = 20$ см (подводящие провода находятся вне поля). Определить силу F , действующую на проводник, если по нему течет ток силой $I = 50$ А, а угол между направлением тока и вектором магнитной индукции $\varphi = 30^\circ$. (Ответ: 50 мН.)

24. Протон влетел в магнитное поле перпендикулярно линиям индукции и описал дугу радиусом $R = 10$ см. Определить скорость протона, если магнитная индукция $B = 1$ Т. (Ответ: $9,57 \cdot 10^6$ м/с.)

25. По обмотке соленоида индуктивностью $L = 0,2$ Г течет ток $I = 10$ А. Определить энергию W магнитного поля соленоида. (Ответ: 10 Дж.)

26. Какой величины э.д.с. самоиндукции возбуждается в обмотке электромагнита с индуктивностью $0,4$ Гн при равномерном изменении силы тока в ней на 5 А за $0,02$ с? (Ответ: 100 В.)

27. Два конденсатора емкостью $C_1 = 0,4$ мкФ и $C_2 = 0,2$ мкФ включены последовательно в цепь переменного тока напряжением 220 В и частотой 50 Гц. Найти силу тока в цепи и падение напряжения на каждом конденсаторе. (Ответ: $0,009$ А; $73,3$ В; $146,7$ В.)

28. Какую индуктивность надо включить в колебательный контур, чтобы при емкости $C = 2$ мкФ получить звуковую частоту $\nu = 10^3$ Гц? Сопротивлением контура пренебречь. (Ответ: $0,05$ Г.)

29. Показатели преломления воды – $n_1 = 1,33$, скипидара – $n_2 = 1,48$. Как должны относиться толщины слоев жидкостей, чтобы времена распространения в них луча были одинаковыми? (Ответ: $\frac{d_1}{d_2} = 1,112$.)

30. На дно сосуда, наполненного водой до высоты 10 см, помещен точечный источник света. На поверхности воды плавает круглая непрозрачная пластинка таким образом, что ее центр находится над источником света. Какой наименьший радиус должна иметь эта пластинка, чтобы ни один луч не мог выйти через поверхность воды? (Ответ: $0,114$ м.)

31. На пути одного из интерферирующих лучей помещена тонкая стеклянная пластинка, вследствие чего центральная светлая полоса смещается в положение, первоначально занимаемое шестой светлой полосой (не считая центральной). Луч падает на пластинку перпендикулярно. Показатель преломления пластинки $n = 1,6$, длина волны $\lambda = 6,6 \cdot 10^{-7}$ м. Какова толщина пластинки? (Ответ: $d = 6,6 \cdot 10^{-6}$ м.)

32. Каково расстояние между 20 и 21 светлыми кольцами Ньютона, если расстояние между 2 и 3 – 1 мм, а наблюдение ведется в отраженном свете? (Ответ: $0,32$ мм.)

33. На щель падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны λ . Ширина щели равна 6λ . Под каким углом будет наблюдаться третий дифракционный минимум света? (Ответ: $\varphi = 30^\circ$.)

34. На дифракционную решетку нормально падает пучок света от рядной трубки. Чему должна быть равна постоянная дифракционной решетки, чтобы в направлении $\varphi = 41^\circ$ совпадали максимумы двух линий: $\lambda_1 = 6563 \text{ \AA}$ и $\lambda_2 = 4102 \text{ \AA}$? Ответ: $d = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м}$.

35. Пучок плоскополяризованного света, длина волны которого в пустоте равна 5890 \AA падает на пластинку исландского шпата перпендикулярно его оптической оси. Найти длины волн обыкновенного и необыкновенного лучей в кристалле, если показатели преломления исландского шпата для обыкновенного и для необыкновенного лучей равны соответственно $n_o = 1,66$ и $n_e = 1,49$. (Ответ: $\lambda_o = 3,55 \cdot 10^{-7} \text{ м}$, $\lambda_e = 3,95 \cdot 10^{-7} \text{ м}$.)

36. Естественный свет проходит через поляризатор и анализатор, поставленные так, что угол между их главными плоскостями равен α . Как поляризатор, так и анализатор поглощают и отражают 8 % падающего на них света. Оказалось, что интенсивность луча, вышедшего из анализатора, равна 9 % интенсивности естественного света, падающего на поляризатор. Найти угол α . (Ответ: $62^\circ 32'$.)

37. Какое количество энергии излучает один квадратный сантиметр затвердевающего свинца в 1 с? Отношение энергетических светимостей поверхности свинца и абсолютно черного тела для этой температуры считать равным 0,6. (Ответ: $w = 0,46 \text{ Дж}$.)

38. Абсолютно черное тело находится при температуре $T_1 = 2900 \text{ К}$. В результате остывания этого тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, изменилась на $\Delta\lambda = 9 \text{ мкм}$. До какой температуры T_2 охладилось тело? (Ответ: $T_2 = 290 \text{ К}$.)

39. Принадлежит ли к составу видимого света излучение, кванты которого обладают энергией $6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$? (Ответ: Нет.)

Какая длина волны соответствует фотону, масса которого 0,001 а.е.м.? (Ответ: $1,33 \cdot 10^{-12} \text{ м}$.)

40. Калий (работа выхода 2,00 эВ) освещается монохроматическим светом с длиной волны 509 нм (зеленая линия кадмия). Определить максимально возможную кинетическую. Энергию фотоэлектронов. Сравнить ее со средней энергией теплового движения электронов при температуре 17°С . (Ответ: $E_k = 0,44 \text{ эВ}$, $\bar{E} = 0,0376 \text{ эВ}$.)

41. Цезий (работа выхода 1,88 эВ) освещается спектральной линией H_β водорода ($\lambda = 0,476 \text{ мкм}$). Какую наименьшую задерживающую разность потенциалов нужно приложить, чтобы фототок прекратился? (Ответ: $U = 0,68 \text{ В}$.)

42. На какой орбите скорость электрона атома водорода равна 734 км/с? (Ответ: $k = 3$.)

43. Наибольшая длина волны спектральной водородной линии серии Лаймана 121,6 нм. Вычислить наибольшую длину волны в серии Бальмера. (Ответ: $\lambda = 656,6 \text{ нм}$.)

44. Наименьшая длина волны сплошного спектра рентгеновских лучей, полученного в результате торможения электронов на антикатоде рентгеновской трубки, 0,5 нм. Какова наибольшая скорость электронов? (Ответ: $v = 2,95 \cdot 10^7$ м/с.)

45. При каком наименьшем напряжении рентгеновская трубка может дать лучи с наименьшей длиной волны 13,3 пм? (Ответ: $U = 93$ кВ.)

46. Вычислить массу ядра изотопа ${}^1_8\text{O}$. (Ответ: $m_{\text{я}} = 15,9005$ а.е.м.)

47. Вычислить энергию реакции ${}^9_4\text{Be}(\alpha, n){}^{12}_6\text{C}$. (Ответ: $Q = 5,7$ МэВ.)

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ПРОГРАММЫ

1. Роль физики в познании окружающего мира. Физика как фундаментальная наука. Значение физики для фармации.
2. Скорость и ускорение при поступательном движении. Тангенциальное и нормальное ускорение.
3. Векторы угловой скорости и ускорения.
4. Второй закон динамики Ньютона. Законы сохранения импульса и механической энергии.
5. Виды сил. Сила Кориолиса. Центробежная сила.
6. Момент силы. Момент инерции. Основной закон динамики при вращательном движении. Закон сохранения момента импульса.
7. Вязкость жидкостей. Сила вязкости по Ньютону. Формула Стокса. Физический смысл коэффициента вязкости. Формула Пуазейля.
8. Свободные гармонические колебания. Дифференциальное уравнение; его решение. Зависимости смещения, скорости, ускорения от времени. График гармонического колебания. Полная энергия колеблющегося тела.
9. Затухающие колебания. Зависимости смещения и амплитуды от времени. График затухающих колебаний. Логарифмический декремент затухания.
10. Вынужденные колебания. Дифференциальное уравнение. Резонанс.
11. Сложение гармонических колебаний, направленных по одной прямой. Фигуры Лиссажу. Формула Фурье. Гармонический спектр сложного колебания.
12. Механические волны. Уравнение и график бегущей волны. Поток энергии и интенсивность волны.
13. Уравнение состояния идеального газа. Основное уравнение кинетической теории газов. Распределение энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия идеального газа. Скорости молекул газа. Распределение Максвелла.
14. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
15. Первое начало термодинамики. Применение первого начала к процессам в идеальном газе. Количество теплоты, работы и изменение внутренней энергии. Теплоемкости газов. Уравнение Майера.
16. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Коэффициент полезного действия цикла Карно.
17. Поверхностное натяжение. Коэффициент поверхностного натяжения. Капиллярные явления. Поверхностно-активные вещества.
18. Уравнение состояния реального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние вещества.
19. Электрическое строение тел. Закон Кулона. Электрическое поле. Напряженность и потенциал электрического поля.

20. Теорема Остроградского – Гаусса для электрического поля.
21. Диполь. Электрический момент диполя.
22. Проводники и диэлектрики в электрическом поле. Диэлектрическая проницаемость вещества.
23. Емкость проводников. Емкость плоского конденсатора.
24. Законы Ома в интегральной и дифференциальной формах. Сопротивление проводников. Сверхпроводимость. Плотность тока.
25. Понятие о зонной теории твердых тел.
26. Контактная разность потенциалов. Термоэлектрический эффект. Термопара.
27. Магнитное поле. Силовые линии магнитного поля. Принцип суперпозиции магнитных полей.
28. Закон Био-Савара-Лапласа. Закон полного тока.
29. Магнитное поле проводника с током. Магнитный момент кругового тока.
30. Действие магнитного поля на проводник с током. Закон Ампера. Взаимодействие токов.
31. Действие электрических и магнитных полей на движущийся заряд. Сила Лоренца.
32. Действие магнитного поля на вещество. Диа-, пара-, и ферромагнетики. Физический смысл магнитной проницаемости вещества.
33. Электромагнитная индукция. Закон Фарадея – Ленца.
34. Явления самоиндукции и взаимной индукции. Формула для электродвижущей силы (э. д. с.) самоиндукции.
35. Колебательный контур. Период колебания колебательного контура.
36. Электромагнитные колебания. Вынужденные колебания. Ламповый генератор.
37. Основные положения теории Максвелла. Электромагнитные поля и волны. Уравнения Максвелла в интегральной форме.
38. Уравнение и график электромагнитной волны. Вектор Умова – Пойтинга. Шкала электромагнитных волн.
39. Интерференция света. Условия интерференционных максимумов и минимумов. Интерферометр, его применение для анализа вещества. Понятие о голографии.
40. Дифракция света. Принцип Гюйгенса – Френеля. Дифракционная решетка, формула главных максимумов дифракционной решетки. Дифракционный спектр, его применение.
41. Поляризация света. Естественный и поляризованный свет. Физика явлений в поляриметре. Закон Малюса.
42. Оптически-активные вещества. Удельное вращение. Сахариметр.
43. Рефрактометрия. Применение рефрактометров в фармации.

44. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия.
45. Рассеяние света. Рассеяние в мутных средах, молекулярное рассеяние. Закон Релея.
46. Тепловое излучение тел. Абсолютно черное тело. Закон Кирхгофа.
47. Спектр излучения абсолютно черного тела. Закон Вина. Закон Стефана – Больцмана. Гипотеза Планка. Формула Планка для спектральной плотности излучения абсолютно черного тела.
48. Рентгеновское излучение. Простейшая рентгеновская трубка. Основные свойства рентгеновских лучей. Тормозное рентгеновское излучение, его спектр. Жесткость и мощность рентгеновского излучения. Применение рентгеновского излучения в медицине и фармации.
49. Рентгеновские методы анализа вещества. Характеристическое рентгеновское излучение, характеристические спектры. Рентгеноструктурный анализ.
50. Фотоэлектрический эффект. Виды фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
51. Строение атома. Постулаты Бора. Спектр атома водорода. Серии линий.
52. Радиоактивность, основной закон радиоактивного распада. Активность радиоактивных препаратов.
53. Ядерные реакции. Искусственные радиоактивные изотопы, их использование в фармации. Метод меченых атомов.
54. Действие α , β , γ и рентгеновского излучения на вещество.

ПРИМЕР ОТВЕТА НА ВОПРОС ПРОГРАММЫ

Ответ на вопрос № 51 «Строение атома. Постулаты Бора. Спектр атома водорода. Серии линий».

Атом состоит из электронов и положительно заряженного ядра, заряд которого равен числу электронов в электронных оболочках вокруг ядра.

1 постулат Бора. Электроны могут двигаться в атоме не по любым орбитам, а только по стационарным орбитам определенного радиуса. Радиус орбиты определяется из условия квантования радиуса орбит: $mvr = n h/2\pi$, где m – масса, v – скорость электрона, r – радиус орбиты, n – номер орбиты, h – постоянная Планка.

2 постулат. Движение электронов по стационарным орбитам не сопровождается излучением (или поглощением) энергии.

3 постулат. Переход электрона с одной стационарной орбиты на другую сопровождается излучением (или поглощением) кванта энергии $h\nu$: $h\nu = E_1 - E_2$, где $(E_1 - E_2)$ – разность энергии стационарных состояний атома до и после излучения (поглощения) энергии.

Спектр атома водорода получается при возбуждении атомов за счет внешней энергии. При этом электроны, поглощая внешнюю энергию, переходят на более отдаленные от ядра орбиты. При возвращении электронов на более близкие к ядру орбиты происходят излучения кванта энергии соответствующей частоты. В спектре образуется линия излучения. В видимой части спектра излучения атома водорода все линии объединены в так называемую серию линий Бальмера, которая получается при переходе возбужденных электронов с 3, 4, 5, ... орбиты на строго определенную 2-ю орбиту.

Примечание. При ответе на вопросы программы желательно делать сокращения большинства слов.

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Если нет дополнительных указаний преподавателя, то каждый студент выполняет контрольную работу, номер варианта которой соответствует последней цифре номера зачетной книжки студента.

Контрольная работа состоит из двух частей:

1 часть – 10 задач из табл. 3

2 часть – 5 кратких ответов на вопросы программы из табл. 4. Каждый ответ должен занимать не более 0,5 страницы ученической тетради.

Контрольная работа начинается с указания номера варианта и номера зачетной книжки.

Напоминаем, что условие задачи переписывается полностью.

Таблица 3

Вариант №	Номера задач									
1	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91
2	2	12	22	32	42	52	62	72	82	92
3	3	13	23	33	43	53	63	73	83	93
4	4	14	24	34	44	54	64	74	84	94
5	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95
6	6	16	26	36	46	56	66	76	86	96
7	7	17	27	37	47	57	67	77	87	97
8	8	18	28	38	48	58	68	78	88	98
9	9	19	29	39	49	59	69	79	89	99
10	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Таблица 4

Вариант №	Номера основных вопросов программы				
	1	1	11	21	31
2	2	12	22	32	42
3	3	13	23	33	43
4	4	14	24	34	44
5	5	15	25	35	45
6	6	16	26	36	46
7	7	17	27	37	47
8	8	18	28	38	48
9	9	19	29	39	49
10	10	20	30	40	50

1. Зависимость пройденного телом пути от времени имеет вид $S = 2t - 3t^2 + 4t^3$. Найти зависимость скорости тела от времени и силу, действующую на тело в конце второй секунды после начала движения.

2. Под действием постоянной силы 10 Н тело движется прямолинейно вдоль оси Ox и зависимость его координаты от времени имеет вид $x = 10 - 5t + 2t^2$. Найти массу тела.

3. Тело массой $m = 2$ кг движется с ускорением, изменяющимся по закону $a = 5t - 10$. Определить силу, действующую на тело через 5 с после начала движения и его скорость в конце пятой секунды.

4. Скорость материальной точки описывается уравнением $v_x = 0,2 - 0,1t$. Найти координату точки в момент времени $t = 10$ с, если в начальный момент времени она находилась в точке $x_0 = 1$. Построить графики зависимостей $x(t)$, $v_x(t)$ и $a_x(t)$.

5. Движение материальной точки задано уравнениями $x = 4t^2 + 2$; $y = 6t^2 - 3$; $z = 0$. Найти модули скорости и ускорения точки в конце 3-й секунды после начала движения.

6. Материальная точка движется в пространстве согласно уравнениям $x = 2 - 4t^2$; $y = 3t$; $z = 3t + 4t^2$. Найти модули радиус-вектора точки, векторов скорости и ускорения точки в момент времени $t = 2$ с.

7. Уравнение движения материальной точки $x = 4t^2 - 2t + 2$. В какой момент времени направление движения точки изменится на противоположное? Построить графики зависимостей $x(t)$, $v_x(t)$ и $a_x(t)$.

8. Движение материальной точки задано уравнениями: $x = 8t^2 + 4$; $y = 6t^2 - 3$; $z = 0$. Определить модули скорости и ускорения точки в момент времени $t = 10$ с.

9. Тело движется по закону $x = 10t - 20t^2$. Масса тела 5 кг. Найти силу, действующую на тело. Построить графики зависимостей $x(t)$, $v_x(t)$, $a_x(t)$.

10. Точка движется по прямой согласно уравнению $x = At + Bt^3$, где $A = 6$ м/с, $B = -0,125$ м/с³. Определить скорость и ускорение точки в моменты времени $t_1 = 2$ с и $t_2 = 6$ с. Построить графики $x(t)$, $v_x(t)$, $a_x(t)$.

11. Велосипедное колесо вращается с частотой 5 об/с. Под действием сил трения оно остановилось за 1 мин. Определить угловое ускорение колеса и число оборотов, которое сделало колесо до остановки.

12. Материальная точка движется по окружности радиуса $R = 20$ см равноускоренно с тангенциальным ускорением $a_t = 5$ см/с. Через какое время после начала движения нормальное ускорение точки будет больше тангенциального в два раза?

13. Вентилятор вращается с частотой 900 об/мин. После выключения вентилятор, вращаясь равнозамедленно, сделал до остановки 15 оборотов. Сколько времени прошло с момента выключения вентилятора до полной остановки?

14. Маховое колесо спустя $t = 1$ мин после начала вращения приобретает скорость, соответствующую $n = 720$ об/мин. Найти угловое ускорение колеса и число оборотов колеса за эту минуту. Движение считать равноускоренным.

15. Определить полное ускорение a в момент времени $t = 3$ с точки, находящейся на ободу колеса радиусом $R = 0,5$ м, которое вращается согласно уравнению $\varphi(t) = At + Bt^3$, где $A = 2$ рад/с, $B = 0,2$ рад/с³.

16. Материальная точка массой 1 г движется по окружности радиуса 2 м согласно уравнению $S = 8t - 0,2t^3$. Найти угловую и линейную скорость точки, тангенциальное, нормальное и полное ускорение точки в момент времени $t = 2$ с.

17. Тело вращается равноускоренно с начальной угловой скоростью 5 рад/с и угловым ускорением 1 рад/с^2 . Сколько оборотов сделает тело за 10 с ?

18. Точка движется по окружности радиусом $R = 20 \text{ см}$ с постоянным тангенциальным ускорением $a_t = 5 \text{ см/с}^2$. Через сколько времени после начала движения нормальное ускорение a_n точки будет равно тангенциальному?

19. Точка движется по окружности радиусом $R = 8 \text{ м}$. В некоторый момент времени нормальное ускорение точки $a_n = 4 \text{ м/с}^2$, а вектор полного ускорения – a образует с вектором нормального ускорения a_n угол 60° . Найти скорость v и тангенциальное ускорение a_t точки в этот момент.

20. Материальная точка движется по окружности радиусом $0,5 \text{ м}$. Ее тангенциальное ускорение равно 10 м/с^2 . Чему равны нормальное и полное ускорения точки в конце третьей секунды после начала движения? Найти угол между векторами полного и нормального ускорения в этот момент.

21. В центре горизонтальной платформы, вращающейся с угловой скоростью $\omega = 6 \text{ рад/с}$, стоит человек. С какой скоростью будет вращаться платформа, если человек перейдет на ее край? Масса платформы $M = 120 \text{ кг}$, масса человека $m = 80 \text{ кг}$, радиус платформы $R = 1 \text{ м}$. Платформу считать однородным диском.

22. Горизонтальная платформа массой $m_1 = 120 \text{ кг}$ вращается с частотой $n = 6 \text{ об/мин}$. Человек массой $m_2 = 80 \text{ кг}$ стоит на краю платформы. С какой частотой начнет вращаться платформа, если человек перейдет в ее центр?

23. Шарик массой $m = 60 \text{ г}$, привязанный к концу нити длиной $L_1 = 1,2 \text{ м}$, вращается с частотой $n_1 = 2 \text{ об/с}$, опираясь на горизонтальную плоскость. Нить укорачивается, приближая шарик к оси вращения до расстояния $L_2 = 0,6 \text{ м}$. С какой частотой n_2 будет вращаться шарик после этого?

24. На краю платформы в виде диска, вращающегося по инерции вокруг вертикальной оси с частотой $n_1 = 8 \text{ об/мин}$, стоит человек массой $m_1 = 70 \text{ кг}$. Когда человек перешел в центр платформы, она стала вращаться с частотой $n_2 = 10 \text{ об/мин}$. Определить массу платформы. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

25. Платформа в виде диска диаметром $D = 3 \text{ м}$ и массой $m_1 = 180 \text{ кг}$ может вращаться вокруг вертикальной оси. С какой угловой скоростью будет вращаться эта платформа, если по ее краю пойдет человек массой $m_2 = 70 \text{ кг}$ со скоростью $v = 1,8 \text{ м/с}$ относительно платформы?

26. Однородный стержень длиной $L = 1$ м и массой $M = 0,7$ кг подвешен на горизонтальной оси, проходящей через верхний конец стержня. В точку, отстоящую от оси на $2L/3$ абсолютно неупруго ударяет пуля массой $m = 5$ г, летящая перпендикулярно стержню и оси со скоростью 200 м/с. Определить угловую скорость, с которой начнет вращаться стержень.

27. Человек, стоящий на скамье Жуковского, вращается вместе с ней с угловой скоростью $\omega = 2$ рад/с. Затем он ловит мяч массой $m = 0,5$ кг, летящий в горизонтальном направлении на расстоянии $R = 1$ м от оси вращения со скоростью $v = 20$ м/с. Суммарный момент инерции человека и скамьи $J = 10$ кг \cdot м². С какой угловой скоростью будет вращаться человек со скамьей, если пойманный мяч ускорит их вращение?

28. Платформа, имеющая форму диска, может вращаться около вертикальной оси. На краю платформы стоит человек. На какой угол повернется платформа, если человек пойдет вдоль края платформы и, обойдя ее, вернется в исходную (на платформе) точку? Масса платформы $m_1 = 280$ кг, масса человека $m_2 = 80$ кг. Момент инерции человека рассчитывать как для материальной точки.

29. Человек, стоящий на расстоянии 2 м от оси горизонтальной круглой платформы, ловит мяч, летящий на него со скоростью 10 м/с. Траектория мяча горизонтальна и проходит на расстоянии 2 м от оси платформы. Масса мяча 5 кг. Момент инерции платформы с человеком 500 кг \cdot м². Определить, с какой угловой скоростью начнет вращаться платформа.

30. На скамье Жуковского стоит человек и держит в руках тонкий стержень, расположенный вертикально по оси вращения. Скамья с человеком вращается с частотой 8 об/мин. С какой частотой будет вращаться скамья с человеком, если повернуть стержень так, чтобы он принял горизонтальное положение? Суммарный момент инерции человека и скамьи равен 2 кг \cdot м², длина стержня 2 м, масса 4 кг. Центр масс стержня постоянно находится на оси вращения.

31. Определить молярную массу двухатомного газа и его удельные теплоемкости при постоянном давлении и постоянном объеме, если известно, что разность удельных теплоемкостей этого газа равна 260 Дж/(кг \cdot К).

32. Найти удельные c_p и c_v , а также молярные C_p и C_v теплоемкости углекислого газа.

33. В сосуде вместимостью 6 л находится при нормальных условиях двухатомный газ. Определить теплоемкость этого газа при постоянном объеме.

34. Определить молярную массу газа, если разность его удельных теплоемкостей равна $2,08$ кДж/(кг \cdot К).

35. Определить молярные теплоемкости газа, если его удельные теплоемкости $c_v = 10,4$ кДж/(кг · К) и $c_p = 14,6$ кДж/(кг · К).

36. Найти удельные и молярные теплоемкости азота при постоянном объеме и постоянном давлении.

37. Найти удельные и молярные теплоемкости гелия при постоянном объеме и постоянном давлении.

38. Вычислить удельные теплоемкости газа, зная, что его молярная масса $M = 0,004$ кг/моль и отношение теплоемкостей $C_p/C_v = 1,67$.

39. Трехатомный газ под давлением 240 кПа при температуре 293 К занимает объем 10 л. Определить теплоемкость C_p этого газа при постоянном давлении.

40. Одноатомный газ при нормальных условиях занимает объем 5 л. Вычислить теплоемкость C_v этого газа при постоянном объеме.

41. Найти работу и изменение внутренней энергии при адиабатном расширении воздуха, если его объем увеличился в 10 раз. Начальная температура 15 °С, масса $m = 0,28$ кг.

42. Кислород массой 2 кг занимает объем 1 м³ и находится под давлением 0,2 МПа. Газ был нагрет сначала при постоянном давлении до объема 3 м³, а затем при постоянном объеме до давления 0,5 МПа. Найти изменение внутренней энергии газа, совершенную им работу и количество теплоты, переданной газу. Построить график процесса.

43. Кислород при неизменном давлении 80 кПа нагревается. Его объем увеличивается от 1 м³ до 3 м³. Определить изменение внутренней энергии, работу, а также теплоту, сообщенную газу.

44. Азот массой 5 кг был изобарно нагрет на 150 К. Найти количество теплоты, сообщенное газу, изменение внутренней энергии, совершенную газом работу.

45. Кислород массой 200 г занимает объем 100 л и находится под давлением 200 кПа. При нагревании газ изобарно расширяется до объема 300 л, а затем его давление возрастает до 500 кПа при постоянном объеме. Найти изменение внутренней энергии газа, совершенную им работу и количество теплоты, переданной газу. Построить график процесса.

46. Объем водорода при изотермическом расширении ($T = 300$ К) увеличился в 3 раза. Определить работу, совершенную газом, и полученное им количество теплоты. Масса водорода равна 200 г.

47. Водород массой 40 г, имевший температуру 300 К, адиабатно расширяется, увеличив объем в 3 раза. Затем при изотермическом сжатии объем газа уменьшился в два раза. Определить полную работу, совершенную газом и конечную температуру газа.

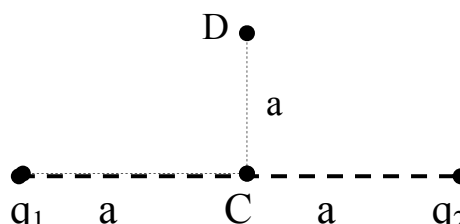
48. Определить, какое количество теплоты необходимо сообщить углекислому газу массой 220 г, чтобы нагреть его на 20 К: а) при постоянном объеме, б) при постоянном давлении?

49. Определить количество теплоты, поглощаемой водородом массой 0,2 кг при нагревании его от 0 °С до 100 °С при постоянном давлении. Найти также изменение внутренней энергии газа и совершаемую им работу.

50. Во сколько раз увеличится объем водорода, содержащий количество вещества 0,4 моль, при изотермическом расширении, если при этом газ получил 2 кДж теплоты? $T = 300$ К.

51. Напряженность электрического поля у поверхности Земли равна приблизительно 130 В/м. Определить величину заряда Земли, допустив, что Земля имеет форму шара радиусом 6400 км.

52. Определить работу сил поля, созданного двумя точечными зарядами, при перенесении заряда $q = 10^{-9}$ Кл из точки С в точку Д, если $a = 6$ см, $q_1 = 4 \cdot 10^{-9}$ Кл, $q_2 = -2 \cdot 10^{-9}$ Кл.



53. Две наэлектризованные пластины образовали однородное поле с напряженностью 25 000 В/м. Каково напряжение на пластинах, если расстояние между ними 4 см?

54. Электрическое поле в глицерине ($\epsilon = 39$) образовано точечным зарядом, равным $0,9 \cdot 10^{-8}$ Кл. Какова разность потенциалов двух точек, удаленных от заряда на 3 см и 12 см?

55. Сто маленьких одинаковых капель, заряженных до потенциала 3 В каждая, при слиянии образовали одну большую каплю. Каков ее потенциал?

56. Радиус орбиты электрона в атоме водорода $5 \cdot 10^{-9}$ см. Определить потенциал поля, создаваемого в точках орбиты электрона.

57. На расстоянии 0,9 м от поверхности шара радиусом 10 см, несущего заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 3 \cdot 10^{-5}$ Кл/м², находится точечный заряд $q = 7 \cdot 10^{-9}$ Кл. Определить работу, которую необходимо произвести, чтобы перенести заряд q в точку, расположенную на расстоянии 50 см от центра шара. Окружающая среда – воздух.

58. В точке 1 на расстоянии $\ell_1 = 1,4$ м от поверхности шара радиусом $R = 20$ см, несущего заряд с поверхностной плотностью $\sigma = 3 \cdot 10^{-5}$ Кл/м², находится точечный заряд $q = 2 \cdot 10^{-6}$ Кл. Определить работу, которая совершается при перенесении этого заряда в воздухе в точку 2 на расстоянии $\ell_2 = 40$ см от центра шара.

59. Несколько маленьких капель ртути радиусом r и с зарядом e каждая сливаются в одну большую каплю. Найти потенциал последней и плотность заряда на ее поверхности, если в воздухе находится n капель ртути.

60. Электрическое поле образовано точечным зарядом $4 \cdot 10^{-7}$ Кл, помещенным в трансформаторное масло. Каковы напряженность и потенциал в точке, удаленной от заряда на 20 см? Относительную диэлектрическую проницаемость среды принять равной 2,5.

61. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора емкостью $C = 100$ пФ каждый соединены в батарею последовательно. Определить, на сколько изменится емкость батареи, если пространство между пластинами одного из конденсаторов заполнить парафином.

62. Два конденсатора емкостями $C_1 = 2$ мкФ и $C_2 = 5$ мкФ заряжены до напряжений $U_1 = 100$ В и $U_2 = 150$ В соответственно. Определить напряжение на обкладках конденсаторов после их соединения обкладками, имеющими разноименные заряды.

63. На пластинах плоского конденсатора находится заряд $Q = 10$ нКл. Площадь S каждой пластины конденсатора равна 100 см², диэлектрик – воздух. Определить силу F , с которой притягиваются пластины. Поле между пластинами считать однородным.

64. Расстояние между пластинами плоского конденсатора $d = 2$ мм, разность потенциалов $U = 600$ В. Заряд $Q = 40$ нКл. Определить энергию W поля конденсатора и силу F взаимного притяжения пластин.

65. К батарее с э.д.с. $E = 300$ В подключены два плоских конденсатора емкостями $C_1 = 2$ пФ и $C_2 = 3$ пФ. Определить заряд и напряжение на пластинах конденсаторов при последовательном и параллельном соединении.

66. Два конденсатора емкостью $C_1 = 5$ мкФ и $C_2 = 8$ мкФ соединены последовательно и присоединены к батарее с э. д. с. $E = 80$ В. Определить заряды Q_1 и Q_2 конденсаторов и разности потенциалов U_1 и U_2 между их обкладками.

67. Конденсаторы емкостью $C_1 = 5$ мкФ и $C_2 = 10$ мкФ заряжены до напряжений $U_1 = 60$ В и $U_2 = 100$ В соответственно. Определить напряжение на обкладках конденсаторов после их соединения обкладками, имеющими одноименные заряды.

68. Два одинаковых плоских воздушных конденсатора соединены последовательно в батарею, которая подключена к источнику с э.д.с. $E = 12$ В. Определить, на сколько изменится напряжение на одном из конденсаторов, если другой погрузить в трансформаторное масло.

69. Воздушный конденсатор, заряженный до разности потенциалов $U_0 = 800$ В, соединяется параллельно с одинаковым по размерам незаряженным конденсатором, заполненным диэлектриком. Какова диэлектрическая проницаемость диэлектрика, если после соединения разность потенциалов $U = 100$ В ?

70. Плоский конденсатор с площадью пластин $S = 200$ см² каждая заряжена до разности потенциалов $U = 2$ кВ. Расстояние между пластинами $d = 2$ см. Диэлектрик – стекло. Определить энергию W поля конденсатора и плотность w энергии поля.

71. В однородном магнитном поле с индукцией $0,25$ Тл находится плоская катушка с радиусом 25 см, в которой 75 витков. Плоскость катушки составляет угол в 60° с направлением магнитных силовых линий. Определить вращающий момент, действующий на катушку в магнитном поле, если по ее виткам течет ток 8 А. Какую работу нужно произвести, чтобы удалить эту катушку из магнитного поля?

72. Какую работу совершает однородное магнитное поле с индукцией $1,5$ Тл при перемещении проводника длиной $0,2$ м, по которому течет ток в 10 А, на расстоянии $0,25$ м, если направление перемещения перпендикулярно к направлению поля и направлению тока. Проводник расположен под углом 30° к направлению поля.

73. В однородном магнитном поле, индукция которого $B = 0,6$ Тл, движется равномерно проводник длиной $\ell = 20$ см. По проводнику течет ток силой $J = 4$ А. Скорость движения проводника $v = 20$ см/с, она направлена перпендикулярно к магнитному полю. Найти работу перемещения проводника за 10 с движения.

74. По проводнику, согнутому в виде квадрата со стороной $a = 10$ см, течет ток $J = 20$ А. Плоскость квадрата перпендикулярна силовым линиям поля. Определить работу, которую необходимо совершить для того, чтобы удалить проводник за пределы поля. Индукция поля $B = 0,1$ Тл. Поле считать однородным.

75. По двум бесконечно длинным параллельным проводникам, расстояние между которыми L , в одном направлении текут токи J_1 и J_2 . Определить индукцию магнитного поля в точке C , лежащей на продолжении прямой, соединяющей проводники и отстоящей на расстоянии d от второго проводника. Считать, что оба проводника расположены в воздухе.

76. Два параллельных бесконечно длинных провода, по которым текут в одном направлении токи силой $J = 60$ А, расположены на расстоянии $d = 10$ см друг от друга. Определить индукцию магнитного поля в т. А, отстоящей от одного проводника на расстоянии $\ell_1 = 5$ см и от другого – на расстоянии $\ell_2 = 12$ см. (Указание: для нахождения численного значения суммарной индукции воспользоваться теоремой косинусов.)

77. Ток силой J , протекая по проволочному кольцу из медной проволоки сечением S , создает в центре кольца индукцию магнитного поля, равную B . Какова разность потенциалов между концами проволоки, образующей кольцо?

78. Проводник с током в 5 А помещен в магнитное поле с индукцией 10 Тл. Угол между направлениями тока и поля 60° . Определить длину проводника, если поле действует на него с силой 20 Н.

79. На прямолинейный проводник с током в 14,5 А в однородном магнитном поле с индукцией 0,34 Тл действует сила 1,65 Н. Определить длину проводника, если он расположен под углом 38° к силовым линиям.

80. Найти индукцию магнитного поля в центре кругового тока с радиусом 6,4 см, если сила тока равна 12,4 А.

81. На установке для наблюдения колец Ньютона был измерен в отраженном свете радиус третьего темного кольца ($k = 3$). Когда пространство между плоскопараллельной пластиной и линзой заполнили жидкостью, то тот же радиус стало иметь кольцо с номером, на единицу большим. Определить показатель преломления n жидкости.

82. Две плоскопараллельные стеклянные пластинки образуют клин с углом $\theta = 30^\circ$. Пространство между пластинками заполнено глицерином. На клин нормально к его поверхности падает пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 500$ нм. В отраженном свете наблюдается интерференционная картина. Какое число N темных интерференционных полос приходится на 1 см длины клина?

83. Плосковыпуклая линза с оптической силой $\Phi = 2$ Дптр выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Радиус r_4 четвертого темного кольца Ньютона в проходящем свете равен 0,7 мм. Определить длину световой волны.

84. Поверхности стеклянного клина образуют между собой угол $\theta = 0,2'$. На клин нормально к его поверхности падает пучок лучей монохроматического света с длиной волны $\lambda = 0,55$ мкм. Определить ширину b интерференционной полосы.

85. Плоская световая волна ($\lambda = 0,5$ мкм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием диаметром $d = 1$ см. На каком расстоянии b от отверстия должна находиться точка наблюдения, чтобы отверстие открывало: 1) одну зону Френеля, 2) две зоны Френеля?

86. Точечный источник света с длиной волны $\lambda = 0,50$ мкм расположен на расстоянии $a = 100$ см перед диафрагмой с круглым отверстием радиуса $r = 1,5$ мм. Найти расстояние b от диафрагмы до точки наблюдения, для которой число зон Френеля в отверстии составляет $k = 3$.

87. Между точечным источником света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которого r можно менять. Расстояние от диафрагмы до источника и экрана равны $a = 100$ см и $b = 125$ см. Определить длину волны света, если максимум освещенности в центре дифракционной картины на экране наблюдается при $r_1 = 1,00$ мм и следующий максимум – при $r_2 = 1,29$ мм.

88. Плоская световая волна $\lambda = 1,20$ мм с интенсивностью I_0 падает нормально на круглое отверстие радиуса $R = 1,20$ мм. Найти интенсивность

в центре дифракционной картины на экране, отстоящем на $b = 1,50$ м от отверстия.

89. Плоская световая волна ($\lambda = 0,7$ мкм) падает нормально на диафрагму с круглым отверстием радиусом $r = 1,4$ мм. Определить расстояния b_1, b_2, b_3 от диафрагмы до трех наиболее удаленных от нее точек, в которых наблюдаются минимумы интенсивности.

90. Плоская световая волна длины λ и интенсивности I_0 падает нормально на большую стеклянную пластинку, противоположная сторона которой представляет собой непрозрачный экран с круглым отверстием, равным первой зоне Френеля для точки наблюдения Р. В середине отверстия сделана круглая выемка, равная половине зоны Френеля. При какой глубине h этой выемки интенсивность света в точке Р будет максимальной? Чему она равна?

91. Угол α между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 60° ?

92. На пути частично поляризованного света, степень поляризации Р которого равна 0,6, поставили анализатор так, что интенсивность света, прошедшего через него, стала максимальной. Во сколько раз уменьшится интенсивность света, если плоскость пропускания анализатора повернуть на угол $\alpha = 30^\circ$?

93. Угол φ поворота плоскости поляризации желтого света 5893 \AA при прохождении через трубку с раствором сахара равен 40° . Длина трубки $d = 15$ см. Удельное вращение $[\alpha]$ сахара равно $1,17 \cdot 10^2 \cdot \text{рад} \cdot \text{м}^3/(\text{м} \cdot \text{кг})$. Определить плотность ρ раствора.

94. На систему, состоящую из двух поляроидов, у которых угол между оптическими осями составляет 45° , падает естественный свет. Во сколько раз уменьшится интенсивность светового пучка? Потери света в каждом поляроиде составляют 10 %. Потерями на отражение света пренебречь.

95. Если между двумя скрещенными поляроидами поместить третий, оптическая ось которого составляет угол α с оптической осью анализатора, то поле зрения просветлеет. Найти интенсивность прошедшего света. Потерями света на отражение и поглощение пренебречь. При каком угле α просветление максимальное?

96. Раствор глюкозы с массовой концентрацией $C_1 = 280 \text{ кг/м}^3$, содержащийся в стеклянной трубке, поворачивает плоскость поляризации монохроматического света, проходящего через этот раствор, на угол $\varphi_1 = 32^\circ$. Определить массовую концентрацию C_2 глюкозы в другом растворе, налитом в трубку такой же длины, если он поворачивает плоскость поляризации на угол $\varphi_2 = 24^\circ$.

97. Определить толщину пластинки из кальцита, которая в желтом свете с длиной волны 5893 \AA создаст сдвиг фаз между обыкновенным и не-

обыкновенным лучами, равный $\pi/2$ (пластинка в четверть волны). Какой сдвиг фаз возникнет при этом в фиолетовом свете (4062 \AA), проходящем через эту же пластинку?

98. Чтобы скомпенсировать сдвиг фаз, вызванный четвертьволновой пластинкой из кальцита, на пути светового пучка поставили четвертьволновую пластинку из кварца. Сопоставить толщины пластин. Опыт проводится в зеленом участке спектра (5460 \AA).

99. Раствор глюкозы с концентрацией $2,8 \cdot 10^2 \text{ кг/м}^3$, налитый в стеклянную трубку, поворачивает плоскость поляризации света, проходящего через раствор, на угол 64° . Другой раствор, налитый в эту же трубку, вращает плоскость поляризации на 48° . Найти концентрацию второго раствора.

100. При падении естественного света на некоторый поляризатор проходит $n_1 = 30 \%$ светового потока, а через два таких поляризатора – $n_2 = 13,5 \%$.

Найти угол между плоскостями пропускания этих поляризаторов.

Учебное издание

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
И КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ФИЗИКА»**

Учебно-методическое пособие для вузов

Составители:

Миловидова Светлана Дмитриевна,
Сидоркин Александр Степанович,
Рогазинская Ольга Владимировна

Редактор О.А. Исаева

Подписано в печать 25.09.08. Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 3,02.
Тираж 100 экз. Заказ 1472.

Издательско-полиграфический центр
Воронежского государственного университета.
394000, г. Воронеж, пл. им. Ленина, 10. Тел. 208-298, 598-026 (факс)
<http://www.ppc.vsu.ru>; e-mail: pp_center@ppc.vsu.ru

Отпечатано в типографии Издательско-полиграфического центра
Воронежского государственного университета.
394000, г. Воронеж, ул. Пушкинская, 3. Тел. 204-133