

**Министерство Российской Федерации
по связи и информатизации**

**Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики**

**Т. Ю. Пинегина
Н. И. Ким**

КУРС ФИЗИКИ

**Методические указания
к самостоятельной работе студентов**

**Новосибирск
2004**

УДК 53 (075.8)

Кф-мн Т.Ю. Пинегина, кф-мн Н.И. Ким

Курс физики: Методические указания к самостоятельной работе студентов / СибГУТИ. – Новосибирск, 2004. – 107 с.

Методические указания предназначены помочь студентам при самостоятельной работе над курсом физики. Программа курса для факультета информатики и вычислительной техники рассчитана на 2 семестра, в отличие от остальных технических специальностей. В данном пособии приведены графики лабораторных и практических занятий на оба семестра, разработаны вопросы для коллоквиумов и экзаменов, темы для самостоятельной проработки учебного материала. В методическое обеспечение курса включены два индивидуальных задания (25 и 30 вариантов), требования к оформлению заданий, рекомендации по решению задач. Данное методическое пособие предназначено для студентов факультета информатики и вычислительной техники, но может быть использовано студентами других технических факультетов.

Для специальностей 23010565 (Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем) и 230101165 (Вычислительные машины, комплексы, системы и сети).

Кафедра физики.

Табл. 13, илл. 25.

Рецензент: В.И. Агульник.

Утверждено редакционно-издательским советом СибГУТИ в качестве методических указаний к самостоятельной работе студентов.

© Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики, 2004 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЧАСТЬ 1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КУРСУ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	4
ГЛАВА 1 СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ФИЗИКИ	4
1.1 Структура курса физики для специальностей факультета ИВТ	4
1.1.1 Программа курса	4
1.1.2 Содержание индивидуальных заданий	10
1.1.3 Общие рекомендации по оформлению индивидуальных заданий	11
1.1.4 Темы курса, выделенные на самостоятельную проработку студентами	12
1.1.5 Формы обучения и контроля знаний	13
1.2 Графики самостоятельной работы студентов	14
1.2.1 График СРС по курсу физики для специальностей 23010565 и 23010165 (2-й семестр)	14
1.2.2 График проведения практических занятий по курсу физики (2-й семестр)	15
1.2.3 График СРС по курсу физики (3-й семестр)	17
1.2.4 График проведения практических занятий по курсу физики (3-й семестр)	18
ГЛАВА 2 МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ПО КУРСУ ФИЗИКИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ	20
2.1 Формы отчета по СРС	20
2.1.1 Выполнение индивидуальных заданий	20
2.1.2 Конспект теории	20
2.1.3 Сравнительные таблицы	22
2.2 Основные формулы	23
2.2.1 Основные понятия и формулы по механике	23
2.2.2 Основные формулы по электростатике	25
2.2.3 Основные формулы по разделу «Постоянный электрический ток»	26
2.2.4 Основные формулы по электромагнетизму	26
2.3 Дополнительные задачи	27
2.3.1 Специальная теория относительности	28
2.3.2 Постоянный ток	29
ЧАСТЬ 2 ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО КУРСУ ФИЗИКИ	31
ГЛАВА 1 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ № 1	32
ГЛАВА 2 ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ № 2	78

ЧАСТЬ 1

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КУРСУ ОБЩЕЙ ФИЗИКИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

ГЛАВА 1

СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ФИЗИКИ

1.1 Структура курса физики для специальностей факультета ИВТ

Изучение курса физики для специальностей 23010565 и 23010165 рассчитано на два семестра, начиная со второго (весеннего) семестра 1-го курса.

1.1.1 Программа курса

Второй (весенний) семестр – первая часть курса (Механика. Электростатика. Постоянный ток. Магнетизм. Колебания.)

МЕХАНИКА

1. Механическое движение, материальная точка, система отчета, радиус-вектор, путь, перемещение, траектория.
2. Кинематика поступательного движения. Скорость (средняя и мгновенная), ускорение. Равномерное, равнопеременное, переменное движение, кинематические уравнения движения, графики.
3. Криволинейное движение. Нормальное, тангенциальное, полное ускорение.
4. Кинематика вращательного движения. Угловое перемещение, угловая скорость, угловое ускорение (величина, направление, единицы измерения). Равномерное, равнопеременное, переменное вращение, кинематические уравнения движения, графики.
5. Динамика поступательного движения. Динамические характеристики: сила, масса, импульс. Принцип суперпозиции. Законы Ньютона, импульс силы.
6. Динамика вращательного движения. Момент инерции тела, теорема Штейнера. Момент силы, момент импульса (величина, направление, единицы измерения). Принцип суперпозиции. Основной закон динамики вращательного движения (вывод), импульс момента силы.
7. Работа. Работа постоянной и переменной силы. Работа при вращении твердого тела (вывод).
8. Энергия. Кинетическая энергия при поступательном движении (вывод). Кинетическая энергия вращающегося тела (вывод). Потенциальная энергия. Энергия сжатой упругой пружины (вывод), потенциальная энергия тяготения. Потенциальные (консервативные) силы.
9. Замкнутая система. Законы сохранения энергии и импульса. Привести несколько примеров, поясняющих выполнение законов сохранения.

- Применение законов сохранения к: а) абсолютно упругому удару, б) абсолютно неупругому удару.
- Закон сохранения момента импульса. Привести примеры.
- Специальная теория относительности. Постулаты Эйнштейна. Релятивистская кинематика. Релятивистская динамика. Релятивистская частица.

ЭЛЕКТРОСТАТИКА

- Электростатическое поле. Элементарный, точечный, пробный заряды. Закон сохранения электрического заряда (привести примеры). Закон Кулона. Относительная диэлектрическая проницаемость среды. Взаимодействие зарядов в диэлектрической среде.
- Характеристики электрического поля: напряженность поля, силовые линии, вектор электростатической индукции (вектор электростатического смещения), поток вектора напряженности, поток вектора электрической индукции.
- Работа по перемещению заряда в электрическом поле (вывод).
- Характеристики электрического поля: потенциал, разность потенциалов. Эквидистантные поверхности, связь потенциала с напряженностью. Доказательство: эквидистантные поверхности перпендикулярны вектору E (силовым линиям).
- Принцип суперпозиции электрических полей.
- Характеристики электрического поля точечного заряда. Поле диполя. Электрический момент диполя.
- Расчет электрических полей:
 - расчет характеристик (E , D , $\Delta\phi$) электрического поля нескольких точечных зарядов;
 - теорема Гаусса (показать на примерах ее выполнение);
 - применение теоремы Гаусса к расчету полей (определение E , D , $\Delta\phi$):
 - заряженной нити,
 - заряженной плоскости,
 - двух параллельных заряженных плоскостей (поле плоского конденсатора),
 - заряженной сферы,
 - заряженного шара.
- Циркуляция вектор напряженности, физический смысл, потенциальный характер электрического поля.
- Диэлектрики в электрическом поле. Полярные и неполярные диэлектрики. Вектор поляризации, диэлектрическая проницаемость, диэлектрическая восприимчивость. Сегнетоэлектрики. (Самостоятельная работа).
- Проводники в электрическом поле. Напряженность поля у поверхности проводника, зависимость ее от радиуса кривизны поверхности.
- Емкость единственного проводника. Взаимная электроемкость. Емкость шара и плоского конденсатора. Соединение конденсаторов.

12. Энергия заряженного проводника, плоского конденсатора. Энергия электрического поля. Объемная плотность энергии.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

1. Условие возникновения электрического тока. Характеристики электрического тока: сила тока, плотность тока.
2. Источники тока (ЭДС, внутреннее сопротивление). Электрические цепи. Постоянный электрический ток. Однородный и неоднородный участки цепи.
3. Сопротивление проводников. Зависимость сопротивления проводника от его размеров и температуры.
4. Законы Ома (для однородного и неоднородного участков цепи, для замкнутой цепи) и Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах.
5. Ток в металлах. Классическая теория электропроводности металлов. Вывод законов Ома и Джоуля-Ленца из теории электропроводности. (Самостоятельная работа).
6. Токи в вакууме (на примере лабораторной работы 3.3). Работа выхода электронов из металла. Вакуумный диод, ВАХ диода, схема для снятия ВАХ, вывод формулы для определения работы выхода.
7. Ток в газах. Ионизация газов, потенциал ионизации. Газовый разряд. ВАХ для тока в газах. Самостоятельный и несамостоятельный разряды. (Самостоятельная работа).

ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

1. Магнитное поле (привести примеры создания магнитных полей). Вектор магнитной индукции, напряженность магнитного поля, силовые линии. Магнитная проницаемость вещества. Принцип суперпозиции магнитных полей. Поток вектора магнитного индукции.
2. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение для расчета магнитного поля:
 - прямолинейного конечного проводника с током;
 - прямолинейного бесконечного проводника с током;
 - кругового тока (в центре витка).
3. Теорема о циркуляции вектора B в вакууме. Закон полного тока. Магнитное поле соленоида.
4. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в продольном и поперечном магнитных полях.
5. Действие магнитного поля на проводник с током. Закон Ампера. Взаимодействие проводников с током. Контур с током в магнитном поле. Магнитный момент контура с током.
6. Ускорители заряженных частиц. Циклотрон. (Самостоятельная работа).
7. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.
8. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. Вывод закона Фарадея из закона сохранения энергии. Вывод закона Фарадея из электронной теории проводимости металлов.

9. Явление самоиндукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. Индуктивность, индуктивность соленоида. Явление взаимной индукции.
10. Энергия магнитного поля. Энергия магнитного поля соленоида. Объемная плотность энергии.
11. Полная система уравнений Максвелла в интегральной форме.

КОЛЕБАНИЯ

1. Колебательные процессы (привести примеры). Характеристики колебаний: амплитуда, частота, период, фаза.
2. Гармонические колебания, (примеры). Незатухающие свободные колебания в механической системе (на примере пружинного маятника). Дифференциальное уравнение свободных колебаний (вывод из уравнения движения). Уравнение колебаний, основные характеристики колебаний, графики смещения, скорости, ускорения. Энергия колебательного движения (кинетическая, потенциальная и полная).
3. Математический и физический маятники. Упругая и квазиупругая силы.
4. Идеальный колебательный контур. Возникновение колебаний в контуре.
5. Собственные колебания в колебательном контуре. Дифференциальное уравнение для заряда (вывод из второго уравнения Кирхгофа или из закона сохранения энергии). Уравнения колебания заряда, напряжения, тока, амплитудные значения q_m, u_m, i_m , графики $q(t), u(t), i(t)$, период, частота колебаний. Энергия колебательного процесса в контуре (электрическая, магнитная, полная).
6. Затухающие колебания в колебательном контуре. Вывод дифференциального уравнения для заряда, уравнение колебания заряда на пластинах конденсатора, амплитудное значение заряда, график $q(t)$. Характеристики затухающих колебаний: коэффициент затухания, время релаксации, логарифмический декремент затухания, добротность, связь логарифмического декремента с коэффициентом затухания (вывод), критическое сопротивление. Изменение энергии в контуре.
7. Затухающие колебания в механической системе (пружинный маятник). Дифференциальное уравнение затухающих колебаний. Уравнение колебаний смещения, изменение амплитуды в зависимости от времени, графики. Логарифмический декремент и добротность, связь логарифмического декремента с коэффициентом затухания.
8. Сложение одинаково направленных колебаний с одинаковыми ($\omega_1 = \omega_2 = \omega$) частотами (уравнение результирующего смещения, амплитуда, начальная фаза).
9. Сложение одинаково направленных колебаний с разными, но близкими частотами $\omega_1 \neq \omega_2$, $\Delta\omega \ll \omega_1$ (или $\Delta\omega \ll \omega_2$). Биения, амплитуда и период биений.
10. Сложение взаимно-перпендикулярных колебаний:
 - $\omega_1 = \omega_2 = \omega$, вывод формулы траектории движений, частные случаи: $\Delta\phi = 2\pi m$, где $m = 0, 1, 2\dots$; $\Delta\phi = \pi$; $\Delta\phi = -\pi$; $\Delta\phi = \pi/2$; $\Delta\phi = -\pi/2$;
 - частоты не равные, но кратные $\omega_2/\omega_1 = n$, где $n = 1, 2, 3\dots$. Фигуры Лиссажу.

11. Вынужденные колебания в колебательном контуре. Вывод дифференциального уравнения, уравнение колебания заряда, амплитудное значение заряда (q_m), зависимость q_m от Ω , резонанс, резонансная частота (Ω_p), зависимость амплитуды вынужденных колебаний q_m от частоты вынуждающей силы Ω и коэффициента затухания β .
12. Вынужденные колебания в механической системе. Вывод для уравнения движения, уравнение смещения, амплитуда, зависимость амплитуды от частоты вынуждающей силы, резонанс, резонансная частота.

Третий (осенний) семестр – вторая часть курса. (Волны. Волновая оптика. Квантовая оптика. Основы квантовой механики. Атомная физика. Физика твердого тела. Полупроводники. Ядерная физика.)

ВОЛНЫ

1. Механические волны: поперечные и продольные, период, частота, фазовая и групповая скорость волны, волновые поверхности, волновой фронт. Вывод уравнения плоской бегущей волны. Волновое уравнение. Энергия, переносимая волной. Вектор Умова.
2. Звуковые волны. Уравнение звуковой волны. Субъективные и объективные характеристики звука.
3. Полная система уравнений Maxwella. Ток смещения. Волновое уравнение. Электромагнитная волна. Характеристики электромагнитных волн.
4. Волновая природа излучения света. Световая волна, уравнение волны, скорость, длина волны в разных средах, показатели преломления сред. Энергия, переносимая электромагнитной волной. Вектор Пойнтинга.

ВОЛНОВАЯ ОПТИКА

1. Фотометрия. Световой поток, сила света, освещенность, светимость, яркость.
2. Монохроматичность, когерентность волн. Получение когерентных источников, световые лучи, оптический ход луча.
3. Интерференция света. Оптическая разность хода. Вывод условий максимума и минимума интенсивностей при интерференции.
4. Расчет интерференционной картины от двух источников. Интерференционная картина в монохроматическом свете и белом свете.
5. Интерференция в тонких пленках (в отраженном и в проходящем свете для монохроматического света и для белого света). Интерференция на клине. Кольца Ньютона.
6. Применение явления интерференции. Просветление оптики, интерферометр Майкельсона, кольца Ньютона (определение радиуса – кривизны линзы), контроль качества поверхности.
7. Дифракция света, условие наблюдения дифракции. Дифракция в расходящихся лучах – дифракция Френеля, принцип Гюйгенса-Френеля, метод зон Френеля, расчет интенсивности на экране наблюдений. Дифракция Френеля на круглых отверстиях и круглых экранах. Зонная пластинка.

8. Дифракция в параллельных лучах на одной щели, условие максимума и минимума, распределение интенсивности на экране.
9. Дифракционная решетка, условия главных максимумов, условия прежних и дополнительных минимумов, распределение интенсивности на экране. Разрешающая способность решетки. Критерий Релея.
10. Дифракция рентгеновских лучей. Условие Вульфа-Брэггов.
11. Поляризация света, отличие поляризованного света от естественного, уравнение волны поляризованного света. Поляризация при отражении. Закон Брюстера.
12. Поляризация при прохождении через анизотропное вещество, двойное лучепреломление, обыкновенный и необыкновенный лучи, призма Николя, поляризатор и анализатор. Закон Малюса (вывод).
13. Искусственная поляризация – эффект Керра, фотоупругость, вращение плоскости поляризации.
14. Основы голограммии: запись голограмм, воспроизведение голограмм, особенности голограмм, применение голограммии. (Самостоятельная работа).

КВАНТОВАЯ ОПТИКА

1. Квантовая природа излучения. Термовое излучение, отличие его от других видов излучения. Физические величины, характеризующие термовое излучение: световой поток, энергетическая светимость, излучательная и поглощающая способность.
2. Абсолютно черное тело. Экспериментальные законы теплового излучения: закон Стефана-Больцмана, законы Вина, закон Кирхгофа. Объяснение теплового излучения: гипотеза Планка, квантовая природа излучения.
3. Квантовая природа излучения. Фотоны, масса, энергия, импульс фотона.
4. Внешний фотоэффект, фотоэлементы, ВАХ фотоэлемента. Работа выхода электрона из металла. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов. Уравнение Эйнштейна. Красная граница фотоэффекта.
5. Эффект Комптона. Комптоновская длина волны. (Самостоятельная работа).
6. Давление света.
7. Корпускулярно-волновой дуализм света.

ЭЛЕМЕНТЫ КВАНТОВОЙ МЕХАНИКИ

1. Волновые свойства микрочастиц. Волны де Бройля.
2. Соотношения неопределенностей Гейзенberга.
3. Уравнение Шредингера. Решение уравнения Шредингера. Собственные волновые функции и собственные значения энергий.
4. Микрочастица в бесконечной потенциальной яме. Спектр собственных значений энергии. Спектр собственных волновых функций.
5. Туннельный эффект. (Самостоятельная работа).
6. Атом водорода по теории Бора.
7. Атом водорода в квантовой механике.

ОСНОВЫ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

1. Строение твердых тел. Тепловое расширение, упругие свойства твердых тел.
2. Понятие о зонной теории твердых тел. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории.
3. Полупроводники: собственные и примесные. Проводимость полупроводников. Ток в полупроводниках.
4. Понятие о контактных электрических явлениях в металлах. Внешняя и внутренняя контактная разность потенциалов. Термоэлектричество. (Самостоятельная работа).
5. Понятие о контактных электрических явлениях в полупроводниках.
6. Внутренний фотоэффект (на примере лабораторной работы). Красная граница внутреннего фотоэффекта.
7. Вентильный фотоэффект (на примере лабораторной работы).

ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

1. Состав ядра. Ядерные силы. Модели ядра.
2. Дефект массы. Энергия связи. Удельная энергия связи.
3. Радиоактивность. Альфа-, бета-, гамма-излучение. Спектры излучений.
4. Ядерные реакции. Законы сохранения при ядерных реакциях. Энергия при ядерных реакциях.
5. Реакция деления. Цепная реакция. Коэффициент размножения нейтронов. Термоядерная реакция. Атомная энергетика.
6. Общие сведения об элементарных частицах. Взаимопревращения элементарных частиц. Фундаментальные взаимодействия.

1.1.2 Содержание индивидуальных заданий

Таблица 1 – Содержание индивидуального задания №1 (2-й семестр)

№ задачи	Тема курса
1	Кинематика.
2	Кинематика.
3	Динамика.
4	Работа, энергия, законы сохранения.
5	Электрическое поле системы точечных зарядов.
6	Электрическое поле протяженных заряженных тел.
7	Законы постоянного тока.
8	Магнитное поле проводников с током.
9	Действие магнитного поля на проводники с током и движущиеся заряды.
10	Энергия электрического и магнитного полей. Электроемкость и индуктивность.
11	Электромагнитная индукция.
12	Колебания (свободные, незатухающие).
13	Затухающие колебания.
14	Сложение колебаний.

Таблица 2 – Содержание индивидуального задания №2 (3-й семестр)

№ задачи	Тема курса
1	Волны.
2	Интерференция.
3	Интерференция.
4	Дифракция Френеля.
5	Дифракция Фраунгофера.
6	Поляризация.
7	Тепловое излучение, фотоэффект.
8	Волны де Бройля.
9	Соотношения неопределенностей.
10	Теория Бора.
11	Полупроводники.
12	Ядерная физика.

ПРИМЕЧАНИЕ. По всем индивидуальным заданиям предусмотрены защиты по форме, заданной преподавателем.

1.1.3 Общие рекомендации по оформлению индивидуальных заданий

1. Индивидуальные задания должны выполняться в отдельных тетрадях и оформляться согласно требованиям, предъявляемым к оформлению работ в техническом вузе: титульный лист, рисунки и графики по ГОСТу.
2. Записать полностью текст задачи.
3. Затем необходимо сделать краткую запись условия задачи, все единицы измерения величин перевести в СИ.
4. Сделать рисунок, иллюстрирующий решение задачи. Рисунок выполняется четко, аккуратно, с помощью чертежных инструментов.
5. Решение задачи должно сопровождаться текстовыми пояснениями, обосновывая выбор физических законов, упрощений, предельных переходов, если они принимаются по ходу решения. **Без текстового пояснения индивидуальные задания не принимаются.**
6. Вывести расчетную формулу в общем виде, проверить ее по размерности. Если возможно, следует избегать промежуточных вычислений.
7. Построить графики (если требуется по условию задачи) с помощью чертежных инструментов и обязательным указанием по координатным осям величин, их масштабов и размерностей.

1.1.4 Темы курса, выделенные на самостоятельную проработку студентами

Виды отчетов по самостоятельной работе могут быть различными: рефераты, конспекты теории, опорные конспекты, сравнительные таблицы. Вид отчета определяется преподавателем. Вопросы по темам, выделенным на СРС, включаются в экзамен.

Таблица 3 – Темы курса для самостоятельной проработки

№ темы	Название темы (2-й семестр)
1	Основы молекулярной физики. Идеальный газ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Основное уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы. Термодинамика. Первое начало термодинамики. Термодинамические циклы.
2	Диэлектрики. Типы диэлектриков. Поляризация диэлектриков. Сегнетоэлектрики.
3	Классическая теория проводимости металлов
4	Ток в газах. Ионизация газов, потенциал ионизации. Газовый разряд. ВАХ для тока в газах. Самостоятельный и несамостоятельный разряды.
5	Ускорители заряженных частиц. Циклотрон.
6	Магнетики. Типы магнетиков. Намагниченность магнетиков. Ферромагнетизм.

№ темы	Название темы (3-й семестр)
1	Комптон эффект. Давление света.
2	Основы голограмии: запись голограмм, воспроизведение голограмм, особенности голограмм, применение голограмм
3	Некоторые задачи квантовой механики: прохождение частицей потенциального прямоугольного барьера, гармонический осциллятор.
4	Понятие о контактных электрических явлениях в металлах. Внешняя и внутренняя контактная разность потенциалов. Термоэлектричество.
5	Ядерные реакции деления. Цепная реакция. Коэффициент размножения нейтронов. Термоядерные реакции. Атомная энергетика.

1.1.5 Формы обучения и контроля знаний

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

2-й семестр: лабораторные работы 1.2, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1, 5.1, 5.3 (по темам: механика, электродинамика, колебания)

3-й семестр: волновая оптика (лаб.раб. 7.0÷7.7), квантовая оптика, физика твердого тела, атомная и ядерная физика (лаб. раб. 6.0÷6.10).

ПРИМЕЧАНИЕ. Ко всем работам следует решать задачи (по методическим указаниям, разработанным на кафедре, или по рекомендованным задачникам).

КОЛЛОКВИУМЫ

2-й семестр

1-й коллоквиум. Механика. Специальная теория относительности.

2-й коллоквиум. Электростатика. Постоянный ток. Электромагнетизм.

3-й коллоквиум. Колебания (только для студентов, отлично успевающих в течение всего семестра по всем видам контроля и претендующих на автоматическое получение досрочной оценки за экзамен).

3-й семестр

1-й коллоквиум. Основы квантовой механики. Уравнение Шредингера.

2-й коллоквиум. Физика твердого тела. Полупроводники.

КОНТРОЛЬНЫЕ РАБОТЫ

2-й семестр: контрольная работа № 1 Механика.

3-й семестр:

контрольная работа № 1 Волновая оптика;

контрольная работа № 2 Полупроводники.

1.2 Графики самостоятельной работы студентов

1.2.1 График СРС по курсу физики для специальностей 23010565 и 23010165 (2-й семестр)

Таблица 4 – График СРС по курсу физики (2-й семестр)

№ недели	1	2	3	4	5	6	7	8
№ лабораторной работы	1.2 выполнение	1.2 выполнение	1.2 защита *	3.1 выполнение	3.1 защита *	КЛ 1 Механика	3.2 выполнение	3.2 защита *
Тема практического занятия	Механика		Механика		К/Р Механика		Электростатика	
ЛЕКЦИИ 52 часа	Механика (10 часов), СТО (2 часа)				Электростатика (12 часов)			

№ недели	9	10	11	12	13	14	15	16	17
№ лабораторной работы	3.3 выполнение	3.3 защита *	4.1 выполнение	4.1 защита *	5.1 выполнение	КЛ 2 Электростатика, магнетизм	5.1 защита *	5.2 выполнение	5.2 защита *
Тема практического занятия	Магнетизм		Магнетизм		Магнетизм		Колебания		Колебания
ЛЕКЦИИ 52 часа	Постоянный ток (4 часа)		Магнетизм (12 часов)			Колебания (12 часов)			

ПРИМЕЧАНИЕ. 18-я неделя семестра является зачетной.

**1.2.2 График проведения практических занятий по курсу физики
(2-й семестр)**

Таблица 5 – График практических занятий по курсу физики (2-й семестр)

№ недели	№ занятия	Тема занятий	Основные вопросы по теме занятий	Задание на дом
1	1	Кинематика и динамика поступательного движения.	1. Понятия перемещения, пути, скорости, ускорения. 2. Кинематические уравнения движения. 3. Сила, масса, импульс. 4. Законы сохранения.	§1 №№ 8, 24, 26, 32, 56, 62; §2 №№ 9, 15, 30, 40. Выдача индивидуального задания
3	2	Работа. Энергия. Законы сохранения.	1. Работа постоянной и переменной силы. 2. Кинетическая и потенциальная энергия. 3. Законы сохранения энергии и импульса в механике.	§2 №№ 44, 50, 52, 60, 61, 79, 81, 88, 92.
5	3	Контрольная работа № 1. Механика.		Прием индивидуального задания (часть 1, задачи по механике).
7	4	Характеристики электрических полей. Расчет электрических полей точечных зарядов и заряженных протяженных тел.	1. Напряженность и потенциал. 2. Принцип суперпозиции. 3. Связь напряженности и потенциала. 4. Расчет электрических полей системы точечных зарядов. 5. Электрические поля протяженных заряженных тел: бесконечной плоскости, нити, поле шара и сферы.	§9 №№ 9, 15, 19, 20, 25, 26, 27, 28.
9	5	Работа в электрическом поле. Движение заряженных частиц в электрических полях.	1. Разность потенциалов. Работа в электрическом поле. 2. Движение заряженных частиц в электрических полях.	§9 №№ 45, 46, 51, 52, 53, 59, 60, 64, 66, 67.

Продолжение таблицы 5

№ недели	№ занятия	Тема занятий	Основные вопросы по теме занятий	Задание на дом
11	6	Расчет характеристик магнитных полей.	1. Характеристики магнитных полей. Напряженность и магнитная индукция. 2. Принцип суперпозиции. 3. Магнитные поля проводников с током и движущихся зарядов.	§11 №№ 3, 7, 8, 9, 15, 20, 25, 27, 29, 30.
13	7	Действие магнитного поля на проводники с током и движущиеся заряды.	1. Сила Ампера. 2. Сила Лоренца. 3. Движение заряженных частиц в магнитных полях.	§11 №№ 56, 58, 72, 73, 77, 78, 80, 86, 87, 88.
15	8	Электромагнитная индукция.	1. Закон Фарадея. 2. Правило Ленца. 3. Самоиндукция. 4. Индуктивность.	§11 №№ 94, 95, 96, 98, 103, 108, 113, 118, 119, 120.
17	9	Колебания (незатухающие) в механической системе и в колебательном контуре. Колебания затухающие. Характеристики затухающих колебаний.	1. Незатухающие колебания. Дифференциальное уравнение. Уравнение колебаний, Амплитуда, частота, период, фаза и начальная фаза. 2. Графики колебательных движений. 3. Затухающие колебания. Дифференциальное уравнение. Уравнение колебаний, Амплитуда, частота, период, фаза и начальная фаза. 4. Характеристики затухающих колебаний: коэффициент затухания, время релаксации, логарифмический декремент затухания, добротность.	§12 №№ 3, 10, 12, 21, 24. §14 №№ 1, 4, 5. §12 №№ 45, 47. §14 №№ 10, 12, 14.

ПРИМЕЧАНИЕ. Номера домашних задач по сборнику задач под ред. Волькенштейн В.С. (год выпуска любой). Номера задач в домашних заданиях могут быть изменены или дополнены.

1.2.3 График СРС по курсу физики (3-й семестр)

Таблица 6 – График СРС по курсу физики (3-й семестр)

№ недели	1	2	3	4	5	6	7	8
№ лабораторной работы	Лабораторные работы выполняются согласно индивидуальным графикам по «Волновой оптике», «Квантовой оптике», «Атомной физике», «Физике твердого тела», «Ядерной физике» №№ 7.0÷7.7, №№ 6.0÷6.10.							
Тема практического занятия	Волны		Интерференция света		Дифракция света		K/P № 1 Интерференция, дифракция	
ЛЕКЦИИ 52 часа	Волны (6 часов)	Волновая оптика (22 часа)						

№ недели	9	10	11	12	13	14	15	16	17
№ лабораторной работы	На 13-й неделе – коллоквиум № 1 – Уравнение Шредингера. Элементы квантовой механики. На 15-й неделе – коллоквиум № 2 – Полупроводники.								
Тема практического занятия	Поляризация света		Квантовые свойства излучения		Волны де Броиля. Соотношения неопределенностей	Теория Бора. Атом водорода в квантовой механике	Физика твердого тела		Физика ядра
ЛЕКЦИИ 52 часа	Волновая оптика	Квантовая оптика (7 часов)			Основы квантовой механики (7 часов)	Физика твердого тела (6 часов)		Физика ядра (4 часа)	

ПРИМЕЧАНИЕ. К защите соответствующей работы решить задачи, заданные преподавателем, который проводит занятия по лабораторному практикуму. 17-я неделя семестра является зачетной.

1.2.4 График проведения практических занятий по курсу физики (3-й семестр)

Таблица 7 – График практических занятий по курсу физики (3-й семестр)

№ недели	№ занятия	Тема занятий	Основные вопросы по теме занятий	Задание на дом
1	1	Волны (механические и электромагнитные, интерференция волн).	1. Волновое уравнение. 2. Уравнение волны. 3. Характеристики волн. 4. Оптический путь. 5. Условия максимума и минимума интенсивности при интерференции. 6. Опыт Юнга.	§ 12 №№ 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63. Выдача индивидуального задания.
3	2	Интерференция света.	1. Интерференция в тонких пленках в отраженном и в проходящем свете. 2. Кольца Ньютона. 3. Интерферометры.	§ 16 №№ 4, 6, 7, 9, 11, 20, 23, 24, 26, 27.
5	3	Дифракция света.	1. Дифракция Френеля. 2. Дифракция в параллельных лучах на щели и на решетке. 3. Разрешающая способность решетки.	§ 16 №№ 29, 31, 33, 34, 37, 40, 42, 44, 50, 53.
7	4	Контрольная работа. Прием ИЗ.	Контрольная работа по теме: «Интерференция и дифракция света».	Прием индивидуального задания (часть 1).
9	5	Поляризация света.	1. Закон Брюстера. 2. Закон Малиоса.	§ 16 №№ 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68.
11	6	Квантовые свойства излучения.	1. Тепловое излучение. Законы теплового излучения. 2. Фотоэффект. Внешний. Уравнение Эйнштейна. Внутренний фотоэффект.	§ 19 №№ 1, 4, 11, 14, 17, 18, 20. § 18 №№ 1, 4, 15, 17, 18, 20.

Продолжение таблицы 7

№ недели	№ занятия	Тема занятий	Основные вопросы по теме занятий	Задание на дом
13	7	Волны де Броиля. Соотношения неопределенностей.	1. Волны де Броиля, их физический смысл. 2. Соотношения неопределенностей для координаты и импульса. 3. Соотношения неопределенностей для энергии и времени.	Индивидуальные задания (часть 3), (методическое пособие кафедры). Задачи задаются преподавателем, проводящим практические занятия.
15	8	Теория атома.	1. Атом водорода. 2. Линейчатые спектры. 3. Квантовые числа.	§20 №№ 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 17, 20, 26.
17	9	Полупроводники.	1. Проводимость (собственная и примесная) полупроводников. 2. Ток в полупроводниках.	Индивидуальные задания (часть 3). Задачи задаются преподавателем.

ПРИМЕЧАНИЕ. Номера домашних задач по сборнику задач под ред. Волькенштейн (год выпуска любой).

ГЛАВА 2

МЕТОДИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ ПО КУРСУ ФИЗИКИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

2.1 Формы отчета по СРС

2.1.1 Выполнение индивидуальных заданий

Правила оформления индивидуальных заданий приведены в главе 1, тексты задач приведены ниже.

2.1.2 Конспект теории

При самостоятельной работе студентов над курсом физики запланировано выполнение конспекта теории по некоторым разделам (темы разделов курса приведены в главе 1).

ТРЕБОВАНИЯ К КОНСПЕКТУ ТЕОРИИ

К выполнению конспекта следует приступать после изучения теоретического материала по данной теме по учебникам общей физики, рекомендуемым для высшей школы.

Конспект должен содержать:

- название темы;
- определение рассматриваемого явления;
- описание экспериментального изучения рассматриваемого явления;
- характеристики физических величин, описывающих явление;
- законы, вывод формул, выражающих связь между физическими величинами;
- поясняющие основные выводы рисунки, чертежи и графики зависимостей должны быть выполнены аккуратно с помощью чертежных инструментов или на компьютере;
- примеры практического применения рассматриваемого явления.

ПЛАНЫ ИЗЛОЖЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕМ, ПРЕДЛАГАЕМЫХ ДЛЯ КОНСПЕКТА ТЕОРИИ

1) ТИПЫ ДИЭЛЕКТРИКОВ. ПОВЕДЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ. ПОЛЯРИЗАЦИЯ ДИЭЛЕКТРИКОВ

1. Определение диэлектриков как класса веществ.
2. Поларные и неполарные диэлектрики (определения).
3. Возникновение электрического момента в неполарной молекуле диэлектрика под действием внешнего электрического поля. Зависимость электрического момента от величины внешнего электрического поля. Поляризуемость молекулы.
4. Поведение поларной молекулы диэлектрика во внешнем электрическом поле.
5. Вектор поляризации диэлектрика.

6. Связь величины вектора поляризации с величиной внешнего электрического поля, в которое помещен диэлектрик. Диэлектрическая восприимчивость.
7. Связанные заряды. Связь величины вектора поляризации с поверхностной плотностью связанных зарядов.
8. Вектор электрической индукции D . Диэлектрическая проницаемость.
9. Примеры практического использования диэлектриков.

2) СЕГНЕТОЭЛЕКТРИКИ

1. Определение сегнетоэлектриков как класса веществ.
2. Нелинейная зависимость величины вектора поляризации от величины внешнего электрического поля, в которое помещен сегнетоэлектрик.
3. Гистерезис в сегнетоэлектриках.
4. Домены. Связь особых свойств сегнетоэлектриков со структурой веществ.
5. Зависимость свойств сегнетоэлектриков от температуры.
6. Применение сегнетоэлектриков.

3) ТИПЫ МАГНЕТИКОВ. МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В МАГНЕТИКАХ

1. Определение магнетиков как класса веществ.
2. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики (определения). Магнитная проницаемость вещества.
3. Возникновение магнитного момента у электрона в атоме. Магнитные моменты атома, молекулы магнетика.
4. Наведенный магнитный момент электрона в атоме магнетика.
5. Поведение атома или молекулы магнетика во внешнем магнитном поле.
6. Вектор намагниченности.
7. Связь величины вектора намагниченности с величиной внешнего магнитного поля, в котором находится магнетик. Магнитная восприимчивость.
8. Различие между векторами H и B в магнетиках.
9. Примеры практического использования магнетиков.

4) ФЕРРОМАГНЕТИЗМ

1. Определение ферромагнетиков как класса веществ.
2. Нелинейная зависимость величины вектора намагниченности от величины внешнего магнитного поля, в которое помещен магнетик.
3. Гистерезис в магнетиках.
4. Домены. Связь особых свойств ферромагнетиков со структурой веществ.
5. Зависимость свойств ферромагнетиков от температуры.
6. Применение ферромагнетиков.

ПРИМЕЧАНИЕ. Планы и теория остальных тем выполняются самостоятельно студентами в произвольной форме.

2.1.3 Сравнительные таблицы

Перечертите таблицы в свои тетради и заполните их. Таблицы могут быть изменены студентом или выполнены в произвольной форме.

Таблица 8 – Поступательное и вращательное движение

Тип движения	Кинематические характеристики	Кинематические уравнения движений	Динамические характеристики	Второй закон Ньютона	Кинетическая энергия	Работа
Поступательное						
Вращательное						

Таблица 9 – Электрический ток в различных средах

СРЕДА	Носители заряда	Условия возникновения электрического тока	Методы изучения	Основные законы	Удельное сопротивление
Металлы					
Вакуум					
Полупроводники					
Газы					
Электролиты					

ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛЕБАНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Таблица 10 – Свободные колебания
(отдельно описать используемые колебательные системы)

Тип используемой колебательной системы	Дифференциальное уравнение колебаний	Уравнение колебаний	Частота и период	Амплитуда	Фаза, начальная фаза
Пружинный маятник					
Математический маятник					
Физический маятник					
Идеальный колебательный LC-контур					

Таблица 11 – Механические колебания
 (указать для какой механической системы заполняется
 приведенная ниже таблица)

Тип колебаний	Дифференциальное уравнение колебаний	Уравнение колебаний	Частота и период	Амплитуда	Фаза, начальная фаза
Свободные					
Затухающие					
Вынужденные					

Таблица 12 – Электромагнитные колебания
 (нарисовать схемы используемых колебательных контуров)

Тип колебаний	Дифференциальное уравнение колебаний	Уравнение колебаний	Частота и период	Амплитуда	Фаза, начальная фаза
Свободные					
Затухающие					
Вынужденные					

2.2 Основные формулы

Для успешного решения задач надо знать основные законы физики (их формулировку и математическое выражение в виде формул). Но нельзя запомнить все формулы. Однако без знания основных формул свободно решать физические задачи вряд ли возможно. Заполняя данные таблицы, студенты должны задуматься, какие величины входят в ту или иную формулу и что они означают, провести анализ их размерности. Кроме того, данный набор формул могут быть полезными при решении задач. Перечертите таблицы в тетрадь или сделайте ксерокопии и напишите ответы.

Таблица 13

№	ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ, ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ
2.2.1 Основные понятия и формулы по механике	
1	Принцип относительности. Закон преобразования скоростей.
2	Траектория. Деление движений по виду траекторий.
3	Скорость (определение). Мгновенная скорость. Средняя скорость.
4	Равномерное движение (определение). Кинематические уравнения для ускорения, скорости и пути при равномерном движении.
5	Равноускоренное движение (определение). Кинематические уравнения для ускорения, скорости и пути при равноускоренном движении.
6	Равнозамедленное движение (определение). Кинематические уравнения для ускорения, скорости и пути при равнозамедленном движении.

Продолжение таблицы 13

№	ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ, ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ
7	Вращательное движение (определение). Угловые характеристики при вращательном движении (угловое перемещение, угловая скорость и угловое ускорение). Величина, направление.
8	Период обращения. Связь числа оборотов с периодом. Связь числа оборотов с угловой скоростью.
9	Связь угловых и линейных характеристик при вращательном движении.
10	Кинематические уравнения для угловой скорости и углового перемещения при равномерном вращении.
11	Кинематические уравнения для угловой скорости и углового перемещения при равноускоренном и равнозамедленном вращении.
12	Динамические характеристики поступательного движения. Сила, масса, импульс.
13	Сила трения. Сила трения покоя и сила трения скольжения.
14	Сила упругости.
15	Закон всемирного тяготения.
16	Сила сопротивления.
17	Сила Архимеда.
18	Второй закон Ньютона (формулировка и математическая запись).
19	Замкнутая (изолированная система). Закон сохранения импульса (формулировка и математическая запись).
20	Кинетическая энергия (определение и формула).
21	Потенциальная энергия (определение).
22	Потенциальная энергия тяготения.
23	Потенциальная энергия упругости.
24	Механическая энергия системы.
25	Закон сохранения механической энергии системы (формулировка и математическая запись).
26	Изменение механической энергии системы и работа.
27	Законы сохранения при абсолютно неупругом ударе (математическая запись).
28	Законы сохранения при абсолютно упругом ударе (математическая запись).
29	Момент силы, момент импульса относительно оси при вращательном движении.
30	Момент инерции. Теорема Штейнера (формулировка и математическая запись).
31	Момент инерции относительно оси, проходящей через центр масс, для обруча, диска, стержня, шара.
32	Второй закон Ньютона для вращательного движения.
33	Закон сохранения момента импульса (формулировка и математическая запись).
34	Кинетическая энергия при вращательном движении.
35	Работа при вращательном движении.

Продолжение таблицы 13

№	ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ, ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ
2.2.2 Основные формулы по электростатике	
1	Точечные заряды. Закон Кулона для точечных зарядов.
2	Напряженность, вектор электростатического смещения, потенциал электрического поля.
4	Связь векторов напряженности и электростатического смещения.
5	Связь напряженности и потенциала.
4	Напряженность поля точечного заряда.
5	Потенциал поля точечного заряда.
6	Запись принципа суперпозиции для характеристик результирующего поля $E_{рез}$ и $\Phi_{рез}$.
7	Сила, действующая на заряд q , помещенный в точку C , напряженность поля в которой равна E .
8	Работа сил электрического поля.
9	Поверхностная плотность заряда.
10	Линейная плотность заряда.
11	Объемная плотность заряда.
12	Напряженность и потенциал поля бесконечной равномерно заряженной плоскости.
13	Напряженность и разность потенциалов поля бесконечной равномерно заряженной по длине нити.
14	Напряженность и потенциал поля заряженной сферы (внутри и вне).
15	Напряженность и потенциал поля заряженного по объему шара (внутри и вне).
16	Поток вектора D (или E) через поверхность, площадь которой S .
17	Теорема Гаусса (формулировка и математическая запись).
18	Электроемкость уединенного проводника.
19	Электроемкость конденсатора.
20	Электроемкость уединенного шара.
21	Электроемкость сферического конденсатора.
22	Характеристики поля плоского конденсатора: поверхностная плотность заряда, напряженность и ее связь с напряжением на обкладках конденсатора, электроемкость, энергия поля конденсатора.
23	Электроемкость батареи последовательно соединенных конденсаторов.
24	Электроемкость батареи параллельно соединенных конденсаторов.
25	Энергия системы точечных зарядов.
26	Объемная плотность энергии.
27	Диполь. Дипольный момент.
28	Вектор поляризации.
29	Напряженность электрического поля внутри диэлектрика во внешнем электрическом поле.
30	Вектор электрического смещения электрического поля внутри диэлектрика, помещенного во внешнее электрическое поле.

Продолжение таблицы 13

№	ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ, ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ
2.2.3 Основные формулы по разделу «Постоянный электрический ток»	
1	Сила тока, плотность тока.
2	Зависимость плотности тока от концентрации носителей тока.
3	Сопротивление проводников (зависимость от геометрических размеров).
4	Сопротивление металлов (зависимость от температуры).
5	Эквивалентное сопротивление проводников, соединенных последовательно.
6	Эквивалентное сопротивление проводников, соединенных параллельно.
7	Закон Ома для однородного участка цепи.
8	Напряжение на концах неоднородного участка цепи.
9	Закон Ома для полной цепи (схема + формула).
10	Закон Ома в дифференциальной форме.
11	Связь удельного сопротивления с удельной проводимостью.
12	Работа тока. Мощность тока.
13	Закон Джоуля-Ленца (тепловое действие тока).
14	Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме.
15	Работа источника тока. КПД процесса.
16	Первый закон Кирхгофа.
17	Второй закон Кирхгофа.
18	Термоэлектронная эмиссия. Закон Ричардсона-Дэшмана.
19	Плотность дрейфового тока в полупроводниках.
20	Плотность диффузионного тока в полупроводниках.
21	Удельная проводимость собственного проводника (зависимость от температуры).
22	Удельная проводимость примесного проводника (зависимость от температуры).
2.2.4 Основные формулы по электромагнетизму	
1	Закон Био-Савара-Лапласа.
2	Вектор магнитной индукции. Направление вектора магнитной Индукции. Напряженность магнитного поля.
3	Связь напряженности магнитного поля с вектором магнитной индукции.
4	Вектор магнитной индукции бесконечного проводника с током на расстоянии a от него.
5	Вектор магнитной индукции конечного проводника с током на расстоянии a от него.
6	Вектор магнитной индукции кругового тока в центре витка.
7	Вектор магнитной индукции на оси кругового тока радиуса R на расстоянии a от плоскости витка.
8	Вектор магнитной индукции движущегося заряда на расстоянии r от него.
9	Циркуляция вектора B по контуру.

Продолжение таблицы 13

№	ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ, ПОНЯТИЯ И ЗАКОНЫ
10	Закон полного тока (формулировка и математическая запись).
11	Вектор магнитной индукции магнитного поля бесконечного соленоида.
12	Сила Ампера. Направление силы Ампера.
13	Сила Лоренца. Направление силы Лоренца.
14	Магнитный момент тока.
15	Сила взаимодействия двух проводников с током.
16	Вращающей момент рамки с током в однородном магнитном поле.
17	Радиус траектории движущейся заряженной частицы, влетающей в магнитное поле перпендикулярно силовым линиям поля.
18	Радиус и шаг винтовой линии движущейся заряженной частицы, влетающей в магнитное поле под углом к силовым линиям поля.
19	Магнитный поток.
20	Электромагнитная индукция. Закон Фарадея. Правило Ленца.
21	ЭДС самоиндукции. Закон Фарадея.
22	Индуктивность соленоида.
23	Энергия магнитного поля соленоида.
24	Объемная плотность энергии магнитного поля.
25	Механическая работа в магнитном поле.
26	Заряд, протекающий через поперечное сечение проводника при изменении магнитного потока, пронизывающего площадь, ограниченную проводником.
27	Поле в магнетиках. Магнитная проницаемость вещества.
28	Ток смещения.
29	Полная система уравнений Максвелла в интегральном виде.

ПРИМЕЧАНИЕ. Таблицы основных формул и законов по теме «Колебания» и к темам третьего семестра составьте самостоятельно и заполните их.

2.3 Дополнительные задачи

Ниже приведены типовые задачи по темам, не включенными в график практических занятий из-за ограниченного по программе времени на практические занятия. Однако эти темы являются важными при дальнейшем изучении специальных курсов в СиБГУТИ (например, законы постоянного тока). Раздел физики «Специальная теория относительности» (СТО) является важным разделов механики, кроме того, основные соотношения СТО используются при изучении других разделов курса физики (например, электромагнетизма, атомной и ядерной физики). Дополнительные задачи могут быть предложены вместо теоретических вопросов на коллоквиумах, а также включены в экзаменационные билеты.

2.3.1 Специальная теория относительности (ответы в скобках)

- Квадрат со стороной $a = 1 \text{ см}$ движется равномерно относительно системы координат XOY так, что две его стороны параллельны оси OX (на рисунке скорость $V_1 = V$) со скоростьюю $V = 0,6c$ (c – скорость света в вакууме). Какую форму примет квадрат для неподвижного наблюдателя? Рассчитать периметр фигуры.
- Мю-мезоны космических лучей рождаются в верхних слоях атмосферы. При скорости $0,995c$ (c – скорость света в вакууме) они успевают пролететь до распада путь 6 км . Определить: τ – время жизни мю-мезона для наблюдателя на Земле; t_0 – его собственное время жизни; ℓ_0 – длину пути, пройденного мю-мезоном за собственное время.
 $(\tau = 2 \cdot 10^{-5} \text{ с}; t_0 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ с}; \ell_0 = 600 \text{ м}).$
- Определить импульс протона, масса которого равна массе покоя альфа-частицы. Какую ускоряющую разность потенциалов должен пройти протон, чтобы приобрести этот импульс?

$$\left(p = 1,93 \cdot 10^{-18} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}; U = 2814 \text{ МВ} \right).$$

- Какой кинетической энергией обладает ранее покоящееся тело, если в результате разгона его масса увеличилась на $2 m_0$ (m_0 – масса покоя тела)? Какой стала его полная энергия тела и импульс?
 $(W_0$ – энергия покоя; $W_{\text{кин}} = 2 \cdot W_0$; $W_{\text{полная}} = 3 \cdot W_0$; $p = 2,82 \cdot m_0 \cdot c$).
- При какой скорости кинетическая энергия частицы равна ее энергии покоя?
 $(V = 0,866c$, где c – скорость света в вакууме).
- Релятивистская масса движущегося электрона в 11 раз больше его массы покоя. Определить кинетическую энергию электрона и его импульс.
 $(W_{\text{кин}} = 10 \cdot W_0$; $p = \sqrt{120} \cdot m_0 \cdot c$).
- Какую разность потенциалов должен пройти первоначально покоящийся протон, чтобы его полная энергия стала в 11 раз больше его энергии покоя? Во сколько раз возрастет при этом его масса?
 $(U = 9380 \text{ МВ}$; масса возрастет в 11 раз).
- Протон и α -частица, двигаясь из состояния покоя, проходят одинаковую разность потенциалов, после чего динамическая масса протона составляет одну третью динамической массы α -частицы. Определить эту разность потенциалов.
 $(U = 938 \text{ МВ})$.
- Какая энергия выделилась бы при полном превращении 1 г вещества в материю в виде поля?
 $(9 \cdot 10^{13} \text{ Дж})$.

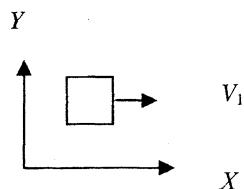


Рисунок 1

10. Какому изменению массы соответствует энергия, вырабатываемая электростанцией мощностью $2,4 \cdot 10^3 \text{ MBt}$ за одни сутки?
 $(2,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг}).$
11. На каждый квадратный метр Земли, расположенной перпендикулярно солнечным лучам, падает ежесекундно $1,37 \text{ кДж}$ энергии. Расстояние от Солнца до Земли $1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}$. Определить энергию, излучаемую Солнцем за 1 с , а также массу, теряемую Солнцем ежесекундно.
 $(3,87 \cdot 10^{26} \text{ Дж}; 4,3 \cdot 10^9 \text{ кг}).$
12. Каким импульсом обладает фотон излучения с частотой $5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$? Какова масса этого фотона?
 $(1,1 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}; 3,7 \cdot 10^{-36} \text{ кг}).$
13. Определить импульс фотона излучения с длиной волны 600 нм . Какова масса этого фотона?
 $(1,1 \cdot 10^{-27} \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}}; 3,7 \cdot 10^{-36} \text{ кг}).$
14. Во сколько раз масса фотона, соответствующая инфракрасному излучению с длиной волны 800 нм меньше массы фотона ультрафиолетового излучения с частотой $1,5 \cdot 10^{15} \text{ Гц}$?
 $\left(\frac{m_{\text{ультрафиолет}}}{m_{\text{инфракрас}}} = 4 \right).$
15. При разгоне электронов в ускорителе их масса увеличивается на 50% . Определить скорость электронов.
 $(V = 0,745 \text{ с}).$
- 2.3.2 Постоянный ток** (ответы в скобках)
1. Какой заряд переносится, если сила тока равномерно возрастает от нуля до 3 А в течение 10 с ?
 $(15 \text{ Кл}).$
 2. Определить суммарный импульс электронов в прямом проводе длиной 500 м , по которому течет ток $I = 20 \text{ А}$.
 $(\approx 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ Н} \cdot \text{с}).$
 3. Как изменится сопротивление медной проволоки длиной ℓ , если ее растянуть на $0,1\%$?
 $(0,2\%).$
 4. Из куска проволоки сопротивлением 100 Ом сделано кольцо. В каких точках кольца следует присоединить провода подводящие ток, чтобы сопротивление между ними равнялось 9 Ом ?
 (Точки делят длину провода в отношении $1:9$).

5. Определить общее сопротивление электрической цепи, изображенной на рисунке 2.
(R).

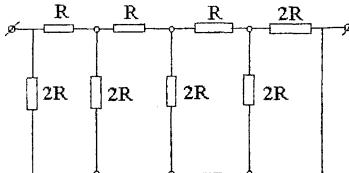


Рисунок 2

6. Если вольтметр соединить последовательно с сопротивлением $10 \text{ k}\Omega$, то при напряжении 120 V вольтметр покажет только 50 V . Если его соединить последовательно с неизвестным сопротивлением R_x , то при том же напряжении он покажет 10 V . Определите сопротивление R_x .
($78,6 \text{ k}\Omega$).
7. Участок электрической цепи составлен из трех кусков провода одинаковой длины, изготовленных из одного и того же материала, соединенных последовательно. Сечения кусков провода соответственно равны $1, 2, 3 \text{ mm}^2$. Разность потенциалов на концах участка 12 V . Найдите разность потенциалов на каждом участке провода.
($6,5 \text{ V}; 3,3 \text{ V}; 2,2 \text{ V}$).
8. На сколько равных частей надо разрезать проволоку сопротивлением $48 \text{ }\Omega$, чтобы при параллельном включении частей получить сопротивление $3 \text{ }\Omega$?
(На 4 части).
9. При внешнем сопротивлении $8 \text{ }\Omega$ сила тока в цепи $0,8 \text{ A}$, а при сопротивлении $15 \text{ }\Omega$ сила тока $0,5 \text{ A}$. Определить ток короткого замыкания.
($\approx 2,5 \text{ A}$).
10. Батарея гальванических элементов с ЭДС 15 V и внутренним сопротивлением $5 \text{ }\Omega$ замкнута на резистор сопротивлением $10 \text{ }\Omega$. К полюсам батареи подключен конденсатор емкостью $1 \text{ }\mu\text{F}$. Определите величину заряда на обкладках конденсатора.
($10 \text{ }\mu\text{Kl}$).
11. Два проводника, сопротивления которых $7 \text{ }\Omega$ и $5 \text{ }\Omega$, соединили параллельно и подключили к источнику тока. В первом проводнике в течение некоторого времени выделилось 300 Дж тепла. Какое количество теплоты выделилось во втором проводнике за то же время?
(420 Дж).
12. ЭДС батареи 12 V . При силе тока в 4 A кпд батареи равен $0,6$. Определить внутреннее сопротивление батареи.
($1,2 \text{ }\Omega$).
13. На резисторе сопротивлением $9 \text{ }\Omega$, подключенном к источнику тока с ЭДС $3,1 \text{ V}$, выделяется мощность 1 W . Определить внутреннее сопротивление источника тока.
($0,3 \text{ }\Omega$).

14. При ремонте электроплитки ее спираль укоротили на 0,1 ее первоначальной длины. Во сколько раз при этом изменилась мощность плитки? (10/9).
15. Нагреватель электроплитки состоит из двух обмоток. При подключении одной обмотки вода в чайнике на плитке закипит через 15 минут, при подключении другой обмотки – через 20 минут. Через какое время закипит вода в чайнике при включении обеих обмоток: а) последовательно? б) параллельно? (35 мин; 8,6 мин).
16. Электродвигатель подъемного крана работает под напряжением 380 В и потребляет ток 20 А. Каков КПД установки, если груз массой 1 т кран поднимает равномерно на высоту 19 м за 50 с? (50%).
17. Троллейбус массой 11 т движется равномерно со скоростью 36 км/час. Найти силу тока в обмотке двигателя, если напряжение равно 550 В и КПД – 80%. Коэффициент сопротивления движению равен 0,02. (50 А).
18. Батарейка для карманного фонарика имеет ЭДС 4 В и внутреннее сопротивление 2 Ом. Сколько таких батареек надо соединить последовательно, чтобы питать лампу мощностью 60 Вт, рассчитанную на напряжение 120 В? (40).

19. Выразить через R сопротивление R_{AB} между клеммами A и B в схеме, показанной на рисунке 3.

$$\left(\frac{4R}{3} \right).$$

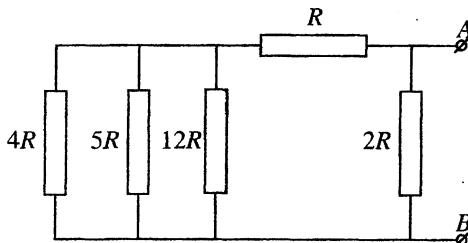


Рисунок 3

20. В схеме, показанной на рисунке 4, разность потенциалов U_{AB} между клеммами A и B равна 10 В, $R_1 = 0,8 \text{ Ом}$, $R_2 = 2 \text{ Ом}$, $R_3 = 3 \text{ Ом}$. Определить ток I_1 . (5 А).

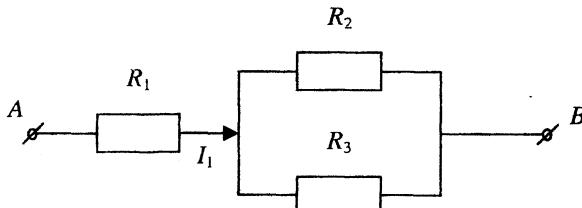


Рисунок 4

ЧАСТЬ 2

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО КУРСУ ФИЗИКИ

ГЛАВА 1

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ № 1

ВАРИАНТ 1

1. Два тела свободно падают с разной высоты и достигают земли одновременно. Время падения первого тела 2 с , второго 1 с . На какой высоте находилось первое тело, когда второе начало падать? Какова была скорость 1-го тела в этот момент?
2. Камень бросили под углом 60° к горизонту со скоростью $19,6\text{ м/с}$. Определить нормальное и тангенциальное ускорение камня через 1 с после начала движения. Через сколько времени, после начала движения нормальное ускорение камня будет максимальным?
3. Период обращения спутника по круговой орбите вокруг Земли 240 минут . Масса спутника $1,2\text{ тонн}$. Определить высоту орбиты спутника над землей и кинетическую энергию спутника.
4. Пластмассовый шар массой M лежит на подставке с отверстием. Снизу в шар через отверстие попадает вертикально летящая пуля массой m и пробивает его насеквоздь, при этом шар подскакивает на высоту H . На какую высоту h над подставкой поднимется пробившая шар пуля, если перед попаданием в шар она имела скорость V_0 ?
5. Два заряда $-q$ и $2q$ находятся на расстоянии 5 см друг от друга. Найти силу, с которой они будут действовать на заряд q , находящийся на расстоянии 4 см от первого и 3 см от второго заряда. Модуль $|q| = 1\text{ нКл}$. Определить энергию системы данных трех зарядов.
6. Рассчитайте линейную плотность заряда длинной нити, если она притягивает точечный заряд 1 нКл , находящийся от нее на расстоянии 1 мм , с силой 1 мкН .
7. В замкнутой цепи при сопротивлении нагрузки 3 Ом течет ток с силой тока 3 А , а при сопротивлении 2 Ом – ток 4 А . Определить ЭДС источника и его внутреннее сопротивление.
8. По проводнику, изогнутому в виде равностороннего треугольника течет ток. Напряженность магнитного поля в центре треугольника равна 40 А/м . Не изменения силы тока в проводнике, ему придали форму кольца. Определить напряженность поля в его центре.
9. Определить магнитную индукцию однородного магнитного поля, в котором в равновесии находится незакрепленный прямолинейный проводник с током силой 10 А , диаметр 4 мм . Плотность материала, из которого сделан проводник, равна $\gamma = 7900\text{ кг/м}^3$.

10. Площадь пластин плоского воздушного конденсатора 50 см^2 , расстояние между ними 5 мм . Найти разность потенциалов между пластинами и напряженность электрического поля, если при разряде конденсатора выделилась энергия 1 мДж .
11. Квадратная рамка со стороной 2 см вращается с угловой скоростью 5 рад/с в магнитном поле с индукцией $0,2 \text{ Тл}$ вокруг оси, проходящей через середины ее противоположных сторон. Ось вращения перпендикулярна силовым линиям поля. Найти максимальное значение магнитного потока, пронизывающего площадь рамки и зависимость ЭДС индукции, возникающей в рамке, от времени.
12. Уравнение гармонических колебаний имеет вид $x = A \cdot \cos(\omega \cdot t)$. Известно, что при фазе $\pi/6 \text{ рад}$ смещение равно 2 см . Определить смещение и скорость точки при фазе $3\pi/4 \text{ рад}$, если период колебаний $T = 2 \text{ с}$.
13. Затухающие колебания происходят в колебательном контуре с емкостью конденсатора 2 мкФ , индуктивностью катушки 350 мГн и сопротивлением $15,2 \text{ Ом}$. В начальный момент времени напряжение на обкладках конденсатора было 25 В , а ток в контуре отсутствовал. Запишите уравнение затухающих колебаний для заряда и определите все параметры этого уравнения. Определите логарифмический декремент затухания.
14. Частица участвует в двух гармонических колебаниях, проходящих вдоль одного направления. Частота одинакова для обоих колебаний и равна 9 Гц , начальные фазы имеют значения $\pi/6 \text{ рад}$ и 0 рад , амплитуды соответственно равны 7 см и 4 см . Запишите уравнения исходных колебаний. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебаний, запишите его уравнение.

ВАРИАНТ 2

1. Два тела одновременно брошены из одной точки. Начальная скорость первого тела равна 10 м/с и направлена вертикально вверх. Скорость второго тела равна 20 м/с и направлена под углом 30° к горизонту. Определить расстояние по вертикали между телами спустя секунду.
2. Точка движется по окружности радиусом 20 см с постоянным касательным ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Через сколько времени после начала движения нормальное ускорение точки будет равно тангенциальному ускорению?
3. Определить наименьшее значение массы груза m_1 , при котором шарик массой $m_2 = 200 \text{ г}$ будет оставаться в равновесии в низшей точке B (рисунок 5), если коэффициент скольжения между шариком и сферической опорной поверхностью равен $\mu = 0,4$.
4. Четыре одинаковых шара массы $m = 200 \text{ г}$ каждый расположены на одной прямой, на некотором расстоянии друг от друга. С крайним слева шаром со-

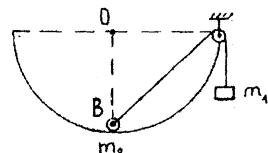


Рисунок 5

- ударяется шар такой же массы и размера, имеющий скорость $V_0 = 10 \text{ м/с}$ и движущийся вдоль прямой на которой расположены шары. Найти кинетическую энергию системы после соударений, считая их абсолютно неупругими.
5. Два заряда находятся на расстоянии 1 см друг от друга и отталкиваются с силой 1 Н . Суммарный заряд системы $0,4 \text{ мкКл}$. Найти величины зарядов. Определить энергию системы зарядов.
 6. Параллельно большой плоскости заряженной с поверхностной плотностью заряда 4 мкКл/м^2 расположена длинная нить заряженная с линейной плотностью 100 нКл/м . Определить силу, действующую со стороны плоскости на отрезок нити длиной 1 м .
 7. Чему равна электропроводность проводника, поперечное сечение которого $S = 1 \text{ мм}^2$, если при напряженности $E = 1 \text{ В/см}$ сила тока $I = 1 \text{ А}$.
 8. По прямому горизонтально расположенному проводнику течет ток, силой 1 А . Под этим проводником находится второй параллельный ему алюминиевый провод, по которому течет ток силой 2 А . Расстояние между проводниками 1 см . Определить площадь поперечного сечения второго провода, чтобы он находился в состоянии равновесия незакрепленным (плотность алюминия $2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$).
 9. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов 100 В и, влетев в однородное магнитное поле ($B = 0,1 \text{ Тл}$), стала двигаться по окружности радиусом 1 см . Определить отношение заряда частицы к ее массе (удельный заряд частицы).
 10. Имеется плоский воздушный конденсатор. Расстояние между пластинами 1 см , на них подана разность потенциалов 100 В , площадь пластины 10 см^2 . Найти напряженность электрического поля в конденсаторе, его энергию, объемную плотность энергии поля. Найти те же величины при заполнении пространства между пластинами парафином $\epsilon = 2$, если после зарядки перед заполнением диэлектриком конденсатор отключают от источника питания.
 11. Катушка диаметром 10 см , имеющая 500 витков, находится в магнитном поле $B = 0,1 \text{ Тл}$. Определить среднее значение ЭДС индукции в катушке, если магнитное поле изменится до нуля за $0,01 \text{ с}$.
 12. Груз массой 100 г , подвешенный на пружине жесткостью 20 Н/м , совершает гармонические колебания. В начальный момент времени смещение груза оказалось равным $4,2 \text{ см}$, а его скорость $0,5 \text{ м/с}$. Вычислите амплитуду и начальную фазу колебаний. Постройте график зависимости потенциальной энергии системы от времени.
 13. Колебания в контуре описываются уравнением:

$$q(t) = 0,5e^{-0,1t} \cos(10^4\pi \cdot t) \text{ мкКл.}$$

 Определить: а) период затухающих колебаний; б) логарифмический декремент затухания; в) добротность контура. Записать дифференциальное уравнение колебаний с числовыми коэффициентами.

14. Используя векторную диаграмму сложить 6 сонаправленных колебаний:

$$\begin{array}{ll} x_1 = 3 \cdot \cos(\omega \cdot t); & x_2 = 3 \cdot \cos(\omega \cdot t + \pi/2); \\ x_3 = 4 \cdot \cos(\omega \cdot t - \pi/2); & x_4 = 4 \cdot \cos(\omega \cdot t + \pi); \\ x_5 = \sin(\omega \cdot t); & x_6 = \sin(\omega \cdot t + \pi/2). \end{array}$$

Записать уравнение результирующего колебания ($x_1, x_2 \dots x_6$ измеряются в см).

ВАРИАНТ 3

1. Материальная точка на плоскости совершает движение, которое задается кинематическими уравнениями:

$$x = A \cdot \cos(\omega \cdot t); \quad y = B \cdot \cos(\omega \cdot t + \phi_0),$$

где x и y – координаты точки в момент времени t , $A = 4 \text{ м}$, $B = 8 \text{ м}$, $\phi_0 = \pi$, $\omega = \pi \text{ rad/c}$. Определить траекторию точки и скорость точки в момент времени $t_1 = 1 \text{ с}$.

2. Тело брошено под углом α к горизонту. Найти величину этого угла, если дальность полета тела в четыре раза больше максимальной высоты траектории.

3. Два шарика одинакового радиуса R , но один из алюминия, а другой деревянный, соединены длинной нитью, медленно тонут в воде (рисунок 6), двигаясь с постоянной скоростью. Найти силу сопротивления воды, действующую на каждый из шариков. Плотность алюминия – ρ_1 , дерева – ρ_2 , воды – ρ_0 .

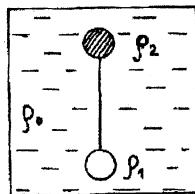


Рисунок 6

4. На горизонтальной плоскости лежат два связанных нитью одинаковых бруска, между которыми расположена сжатая пружина, не скрепленная с брусками. Нить пережигают и бруски расталкиваются в разные стороны, скользят и останавливаются так, что расстояние между ними возрастает на величину $\Delta\ell$. Найти потенциальную энергию сжатой пружины, если масса каждого бруска равна m . Коэффициент трения между брусками и плоскостью равен μ .
5. Два заряда q и $2q$ закреплены на расстоянии 1 см друг от друга. Определить, в какой точке на прямой, проходящей через заряды, следует поместить третий заряд, чтобы результирующая сила, действующая на каждый заряд, равнялась нулю. Найти знак и величину этого заряда.
6. С какой силой, приходящейся на единицу площади, отталкиваются две параллельные заряженные плоскости с поверхностной плотностью заряда $2 \text{ мкКл}/\text{м}^2$ и $3 \text{ мкКл}/\text{м}^2$.
7. За 100 с на нагревательном устройстве выделилось 10^5 Дж тепла. Определить силу тока, падение напряжения и сопротивление цепи, если за это время через поперечное сечение спирали прошел заряд $q = 10^3 \text{ Кл}$.
8. Два одинаковых круговых витка радиусом 1 см, имеющие общий центр, расположены взаимо перпендикулярно. По ним текут токи, сила одного

- из них, в два раза больше, чем у другого. Найти силы токов I_1 и I_2 , если индукция магнитного поля в центре витка равна 1 мкТл .
9. Пылинка, заряд которой составляет 50 электронов, удерживается в равновесии в плоском конденсаторе, расстояние между обкладками которого 5 мм , разность потенциалов между ними 75 В . Определить массу пылинки.
 10. Имеется плоский конденсатор, заполненный диэлектриком с диэлектрической проницаемостью равной 5. Найти его энергию и объемную плотность энергии поля, если площадь пластин 10 см^2 , расстояние между пластинами 1 мм и разность потенциалов 100 В .
 11. Скорость самолета 900 км/час , размах крыльев 15 м , вертикальная составляющая магнитной индукции магнитного поля Земли 10^{-4} Тл . Определить разность потенциалов, возникающую на концах крыльев самолета.
 12. Определить длину волны, на которую настроен колебательный контур, если максимальный заряд на конденсаторе $q_{max} = 0,1 \text{ мККл}$, а максимальный ток в контуре $I_{max} = 0,1 \text{ А}$. Скорость распространения электромагнитных волн в вакууме $c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.
 13. Частица массой 90 г , подвешенная на пружине, совершает затухающие колебания. Частота собственных колебаний системы $0,5 \text{ Гц}$, начальная амплитуда 1 см , начальная фаза $\pi/3$. Известно, что за 12 с амплитуда колебаний частицы уменьшилась на 30% . Напишите уравнение колебаний частицы, определите все параметры этого уравнения. Постройте график убывания колебательной энергии системы в интервале от нуля до времени релаксации.
 14. Частица участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, совершающихся по взаимно перпендикулярным направлениям. Заданы частоты колебаний $v_1 = 2 \text{ Гц}$, $v_2 = 2 \text{ Гц}$, их амплитуды $A_1 = 3 \text{ см}$, $A_2 = 7 \text{ см}$ и начальные фазы $\pi/2 \text{ рад}$ и $4\pi/3 \text{ рад}$. Напишите уравнения исходных колебаний. Найдите уравнение траектории результирующего движения в координатах XOY и постройте ее график. Укажите на графике положение частицы в начальный момент времени и направление движения по траектории.

ВАРИАНТ 4

1. Из Москвы в Пушкино с интервалом в 10 минут вышли два электропоезда со скоростью 10 м/с . С какой скоростью двигался поезд, идущий в Москву, если он повстречал эти электропоезда через промежуток времени, равный 4 минуты , один после другого?
2. Аэростат поднимается с постоянной скоростью $V_0 = 54 \text{ км/час}$. К гондоле аэростата привязан на веревке груз. Как будет двигаться груз относительно земли, если веревку, на которой он подведен, перерезать в тот момент, когда аэростат находится на высоте $h = 100 \text{ м}$? Сколько времени груз будет падать на землю? Какая скорость будет у груза при соприкосновении с землей?
3. Тело весом P находится в равновесии на шероховатой наклонной плоскости с углом наклона 30° . Определить коэффициент трения скольжения μ .

Определить ускорение сползания тела с наклонной плоскости, если коэффициент трения будет равен $\mu/2$.

4. Клин высотой $h = 2 \text{ м}$ и массой $M = 2 \text{ кг}$ находится на идеально гладкой горизонтальной плоскости. На клине лежит бруск массой $m = 200 \text{ г}$, который скользит без трения по клину. В начальный момент система покоялась, бруск находился на самом верху клина. Найти скорость клина в тот момент, когда бруск соскользнет с клина на плоскость. Наклонная плоскость клина имеет плавный переход к горизонтальной плоскости.
5. Четыре одинаковых положительных заряда величиной q находятся в вершинах квадрата со стороной 1 см . Найти силу, действующую на один из зарядов со стороны трех остальных. Найти энергию системы зарядов. Величина каждого заряда $q = 1 \text{ нКл}$.
6. Два точечных заряда 1 нКл и 2 нКл находятся на расстоянии 2 мм друг от друга. Какую работу нужно совершить, чтобы сблизить их до расстояния 1 мм ?
7. Ток в цепи равен 2 А , а внутреннее сопротивление источника $r = 1 \text{ Ом}$. Определить ЭДС источника, сопротивление нагрузки и падение напряжения на нем, если КПД источника равен 80% .
8. Найти магнитную индукцию в точке O , если проводник с током 8 А имеет вид, как показано на рисунке 7. Радиус изогнутой части равен $0,1 \text{ м}$, прямолинейные участки проводника длинные, левый провод лежит в плоскости XY , изогнутая часть представляет собой полуокружность.

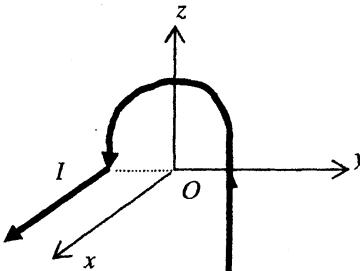


Рисунок 7

9. Ион, пройдя ускоряющую разность потенциалов 675 В , влетел в скрещенные под прямым углом однородные магнитное ($B = 1,5 \text{ мТл}$) и электрическое ($E = 2000 \text{ В/м}$) поля. Определить отношение заряда иона к его массе, если ион в этих полях движется прямолинейно и равномерно.
10. Два заряженных конденсатора $C_1 = 1 \text{ мкФ}$, $U_1 = 200 \text{ В}$, $C_2 = 3 \text{ мкФ}$, $U_2 = 100 \text{ В}$ соединяют в замкнутую цепь. Найти заряды и напряжения на емкостях после соединения в цепь и энергию, затраченную на образование искры.
11. По прямому горизонтально расположенному проводнику течет ток силой 1 А . Под этим проводником находится второй параллельный ему алюминиевый провод, по которому течет ток силой 2 А . Площадь поперечного сечения второго проводника равна 1 мм^2 . Определить расстояние между проводниками, если второй проводник находился в состоянии равновесия незакрепленным в магнитном поле первого проводника. (Плотность алюминия $2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$).

12. В колебательном контуре конденсатор с емкостью 4 мкФ заряжен до максимального напряжения 2 В . Определить собственную частоту колебаний (в герцах) в контуре, если максимальный ток в нем равен $0,1 \text{ А}$.
13. Колебательный контур состоит из конденсатора с емкостью $C = 7 \text{ мкФ}$, катушки индуктивности с $L = 0,23 \text{ Гн}$ и активного сопротивления $R = 40 \text{ Ом}$. Конденсатору сообщают заряд $5,6 \cdot 10^{-4} \text{ Кл}$. Определить: а) период колебаний; б) логарифмический декремент затухания; в) закон изменения от времени заряда, разности потенциалов на обкладках конденсатора и силу тока в контуре.
14. Точка участвует в двух гармонических колебаниях одного направления:

$$x_1 = 3 \cos(10\pi t + \pi/2), \text{ см};$$

$$x_2 = 4 \cos(10\pi t + \pi/3), \text{ см}.$$

Записать уравнение результирующего колебания.

ВАРИАНТ 5

1. При торможении от скорости 40 км/час до полной остановки автомобиль прошел путь 16 м . Какой путь пройдет этот автомобиль на той же дороге при снижении скорости от 100 км/час до 60 км/час . Считать, что ускорение при торможении постоянно и одинаково в обоих случаях.
2. Диск вращается так, что зависимость угла поворота радиуса диска от времени определяется уравнением: $\varphi = 2 + 4t - 4t^3$ (рад). Нормальное ускорение точек, лежащих на ободе колеса к концу второй секунды движения равно 250 м/с^2 . Определить: 1) зависимость линейных и угловых скоростей и ускорений от времени; 2) радиус диска; 3) угловую скорость и ускорение (тангенциальное и полное) в конце 2-ой секунды движения.
3. Ледяная горка составляет с горизонтом угол 10° (синус 10° равен $0,1736$). По горке пускают вверх камень, который, поднявшись на некоторую высоту, соскальзывает по тому же пути вниз. Определить коэффициент трения, если время спуска в два раза больше времени подъема.
4. Пять одинаковых шаров, центры которых лежат на одной прямой, находятся на небольшом расстоянии друг от друга. С крайним шаром соударяется такой же шар, имеющий скорость $V_0 = 10 \text{ м/с}$ и движущийся вдоль прямой, соединяющей центры шаров. Найти скорость последнего шара, считая соударения шаров абсолютно упругими.
5. Расстояние между двумя зарядами $(-q)$ и $+2q$ равно 1 см . Определить силу, действующую на заряд, удаленный на расстояние 1 см от каждого заряда. Модуль заряда $q = 1 \text{ нКл}$.
6. Электрическое поле создано двумя одинаковыми положительными точечными зарядами Q , потенциал в точке 1 равен 300 В . Найти работу по перемещению заряда 1 в точку 2.

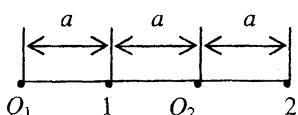


Рисунок 8

7. Какое заряд пройдет за 10 с через поперечное сечение проводника радиусом 1 мм, если концентрация свободных носителей заряда $n = 10^{22} \text{ см}^{-3}$, а их скорость $V = 10 \text{ см}/\text{с}$?
8. По двум параллельным проводникам, расположенным на расстоянии 0,2 м друг от друга текут токи соответственно 10 А и -20 А. Найти положение точки, где магнитная индукция магнитного поля равна нулю.
9. Протон прошел ускоряющую разность потенциалов 300 В и влетел в однородное магнитное поле ($B = 20 \text{ мТл}$) под углом 30° к линиям магнитной индукции. Определить радиус окружности, по которой будет двигаться протон в магнитном поле. Во сколько раз радиус траектории протона будет больше радиуса окружности электрона, если электрон проходит ту же разность потенциалов и влетает под таким же углом в магнитное поле.
10. Плоский конденсатор с площадью пластин 100 см^2 заряжен до разности потенциалов 200 В и отключен от источника. Вычислить работу, которую нужно совершить при раздвижении пластин от 2 мм до 1 см.
11. Квадратный контур со стороной 10 см, по которому течет ток 5 А свободно установился в однородном магнитном поле с индукцией 100 мТл. Определить изменение потенциальной энергии контура при повороте его вокруг оси, лежащей в плоскости контура на угол равный 180°.
12. Катушка с индуктивностью 350 мГн и конденсатор емкостью 2 мкФ образуют колебательный контур. По катушке пропускается постоянный ток силой 400 мА. После отключения источника тока в контуре возникли гармонические колебания. Найдите уравнение колебаний для заряда конденсатора и постройте график для электрической энергии в колебательном контуре.
13. Контур состоит из емкости $C = 0,1 \text{ мкФ}$, индуктивности $L = 4 \text{ мГн}$ и омического сопротивления. Затухающие колебания в таком контуре совершаются по закону: $q_1 = e^{-0,1t} \cdot \cos(5 \cdot 10^4 \pi \cdot t)$, мкКл. Определить: а) период затухающих колебаний; б) сопротивление контура; в) логарифмический декремент затухания; г) изменение энергии за период.
14. Мембрана микрофона участвует в двух колебаниях:

$$x_1 = 3 \cdot \cos(400t), \text{ мм};$$

$$x_2 = 3 \cdot \cos(405t), \text{ мм}.$$
 Записать уравнение результирующего колебания, определить амплитуду, частоту и период биений.

ВАРИАНТ 6

1. Во сколько раз нужно изменить скорость тела, брошенного горизонтально с высоты h , чтобы при бросании его с высоты $h/2$ получить прежнюю дальность полета?
2. Два самолета летят навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями V_0 . Завидев друг друга, на расстоянии L пилоты начинают разворот по окружностям в противоположные стороны, оставаясь в горизонтальной плоскости и не меняя величин скоростей. Найдите минимальное

расстояние между самолетами, если повороты выполняются с одинаковыми ускорениями a .

(Ответ: $\sqrt{(2V_0^2/a)^2 + L^2} - 2V_0^2/a$).

3. На дне шахтной клетки лежит груз массой 100 кг. Каков будет вес этого груза, если клеть: а) поднимается вертикально с ускорением 0,3 m/c^2 ? б) опускается с ускорением 0,4 m/c^2 ? в) свободно падает?
4. Идеально гладкий шар A движется со скоростью V_0 , одновременно ударяется с двумя такими же, со-прикасающимися между собой шарами B и C . Найти скорость шаров после соударения, считая соударения шаров абсолютно упругими.
5. Два одинаковых маленьких проводящих шара находятся на расстоянии 1 см друг от друга. Заряды шаров соответственно q_1 и q_2 , сила отталкивания между ними 1 мкН. После того, как шары привели в соприкосновение и разнесли на прежнее расстояние, сила отталкивания стала равной 2 мкН. Найти величины зарядов q_1 и q_2 до того, как их привели в соприкосновение.
6. Какую работу нужно совершить при перенесении электрона из бесконечности в точку, находящуюся на расстоянии 1 см от поверхности шара радиусом 1 см, имеющего заряд $q = -1 \text{ мкКл}$?
7. Определить количество теплоты, выделившееся за время 10 с в проводнике сопротивлением 10 Ом, если сила тока в нем равномерно уменьшилась от 10 А до 0.
8. Кольцо радиусом 0,1 м составлено из двух проводников длиной ℓ и 2ℓ , сечение проводников равно $2S$ и S . Определить магнитную индукцию поля в центре кольца, если к нему по бесконечно длинным проводам подводится ток 5 А.
9. При разности потенциалов 900 В в середине между обкладками конденсатора в равновесии находилась пылинка. Расстояние между обкладками плоского конденсатора 10 мм. При уменьшении напряжения пылинка через 0,5 с достигла нижней обкладки. Определить напряжение, при котором пылинка пришла в движение.
10. Два конденсатора емкостью 300 $n\Phi$ и 150 $n\Phi$ присоединены к источнику ЭДС 100 В параллельно друг другу. Определите емкость системы конденсаторов, заряд и разность потенциалов на обкладках каждого конденсатора.
11. Кольцо из медного провода массой 20 г помещено в однородное магнитное поле с индукцией 0,8 Тл так, что плоскость кольца составляет угол 60° с линиями магнитной индукции. Определить заряд, который пройдет по кольцу, если магнитное поле выключить.
12. Груз подвешенный на пружине жесткостью 50 Н/м, совершает гармонические колебания с периодом 2,5 с. В начальный момент времени смещение груза оказалось равным нулю, а его начальная скорость ($-0,3 \text{ м/с}$). Вычисли-

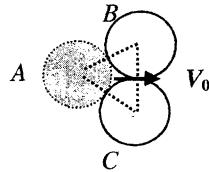


Рисунок 9

те амплитуду и начальную фазу колебаний. Напишите уравнение колебаний груза. Постройте график зависимости кинетической энергии от времени.

13. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 0,2 \text{ мкФ}$, катушки индуктивности с $L = 10^{-3} \text{ Гн}$ и активного сопротивления. При каком логарифмическом декременте разность потенциалов на обкладках конденсатора через $\Delta t = 10^{-3} \text{ с}$ от начала колебаний уменьшится в 3 раза? Определить сопротивление контура.
14. Частица участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, происходящих вдоль одного направления. Частота 8 Гц одинакова для обоих колебаний, начальные фазы имеют значения $\pi/2 \text{ рад}$ и $\pi \text{ рад}$, а амплитуды соответственно равны 11 см и 11 см . Запишите уравнения исходных колебаний. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Запишите его уравнение.

ВАРИАНТ 7

1. Материальная точка движется так, что ее координаты изменяются в зависимости от времени согласно уравнениям $x = A \cdot \sin(\omega \cdot t)$; $y = A \cdot \sin(2\omega \cdot t)$. Запишите уравнение траектории, постройте график $y = f(x)$, определите скорость точки через $t_1 = 1 \text{ с}$, если $A = 1 \text{ см}$, $\omega = \pi \text{ рад/с}$.
2. Начальная скорость камня, брошенного вертикально вверх, 10 м/с . Спустя $0,5 \text{ с}$ скорость камня 7 м/с . На какую максимальную высоту над первоначальным уровнем поднимется камень?
3. Два тела массами m_1 и m_2 связаны нитью, выдерживающей натяжение T . К телам приложены силы $F_1 = \alpha t$ и $F_2 = 2\alpha t$ (α – постоянный коэффициент, t – время). Определить, в какой момент времени нить порвется.
4. Снаряд при вертикальном выстреле достиг высшей точки полета $h = 3000 \text{ м}$ и разорвался на два осколка с массами $m_1 = 3 \text{ кг}$ и $m_2 = 2 \text{ кг}$. Осколки продолжают лететь по вертикали: первый – вниз, второй – вверх. Определить время, через которое каждый из осколков достигнет Земли, если их полная энергия в момент взрыва $W_{\text{кин}} = 24,7 \text{ кДж}$.
5. Три одинаковых заряда величиной q находятся в вершинах равностороннего треугольника со стороной 1 см . Найти силу, действующую на один из зарядов со стороны двух других. Найти энергию системы зарядов.
6. Найти работу по перемещению электрона в поле большой заряженной плоскости с поверхностной плотностью заряда 1 нКл/см^2 с расстояния 1 мм до расстояния 2 см от плоскости.
7. Сила тока в проводнике сопротивлением 10 Ом за время 50 секунд равномерно возрастает от 5 А до 10 А . Определить количество теплоты выделенной за это время в проводнике.

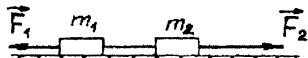


Рисунок 10

8. Проводник согнут в виде квадрата со стороной 10 см. По проводнику течет ток 20 А. Определить магнитную индукцию поля в центре квадрата.
9. Протон прошел некоторую ускоряющую разность потенциалов U и влетел в скрещенные под прямым углом однородные поля: магнитное с индукцией $B = 5 \text{ мТл}$ и электрическое с напряженностью 20 кВ/м . Определить разность потенциалов U , если в скрещенных полях протон движется прямолинейно и равномерно.
10. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено двумя слоями диэлектрика: слоем стекла ($\epsilon = 6$) толщиной 2 мм и слоем парафина ($\epsilon = 2$) толщиной 3 мм. Разность потенциалов между обкладками 100 В. Определите напряженность поля и разность потенциалов в каждом из слоев.
11. В однородном магнитном поле перпендикулярно линиям индукции B расположен плоский контур площадью 100 см². Поддерживая в контуре постоянную силу тока 5 А, его переместили из поля в пространство, где магнитного поля нет. Определить магнитную индукцию поля, если при перемещении контура была совершена работа 0,4 Дж.
12. Как надо включить 5 одинаковых конденсаторов в колебательный контур, чтобы период электромагнитных колебаний в контуре увеличился в $\sqrt{2}$ раза по сравнению с периодом колебаний в контуре, состоящем из той же катушки индуктивности и одного из пяти конденсаторов?
13. Колебательный контур содержит катушку с индуктивностью 120 мГ и конденсатор емкостью 3 мкФ. После возбуждения колебаний в таком контуре они затухают так, что колебательная энергия уменьшается вдвое за 25 мс, а амплитуда напряжения на конденсаторе оказывается равной 2,5 В. Запишите уравнение затухающих колебаний для напряжения на конденсаторе. Постройте график убывания амплитуды напряжения на конденсаторе в пределах удвоенного времени релаксации. Принять начальную фазу равной нулю.
14. Используя векторную диаграмму сложить 3 сонаправленных колебания:

$$x_1 = 3 \cdot \sin(\omega \cdot t), \text{ см};$$

$$x_2 = 4 \cdot \cos(\omega \cdot t), \text{ см};$$

$$x_3 = 5 \cdot \cos(\omega \cdot t + 3\pi/4), \text{ см}.$$

Записать уравнение результирующего колебания, если $\omega = 2 \text{ рад/с}$.

ВАРИАНТ 8

1. Велосипедист за первые 5 с проехал 40 м, за следующие 10 с – 100 м, за последние 5 с – 20 м. Найти среднюю скорость на каждом участке пути и на всем пути.
2. Диск радиусом 20 см вращается согласно уравнению $\phi = A + Bt + Ct^3$, где $A = 3 \text{ рад}$, $B = -1 \text{ рад/с}$, $C = 0,1 \text{ рад/с}^3$. Определить 1) угловую скорость диска; 2) полное ускорение точек на окружности диска. Построить графики $\omega = f_1(t)$, $\beta = f_2(t)$, соблюдая масштаб и размерность величин в СИ.

3. Во сколько раз период обращения спутника, движущегося на расстоянии 21600 км от поверхности Земли, больше периода обращения спутника, движущегося на расстоянии 800 км от ее поверхности. Радиус Земли 6400 км.
4. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шару, чтобы он сделал полный оборот в вертикальной плоскости? Шар подвешен на жестком невесомом стержне длиной $\ell = 0,4 \text{ м}$. Размеры шара не учитывать при решении задачи.
5. Три одинаковых заряда величиной $q = 10 \text{ нКл}$ расположены в вершинах правильного треугольника со стороной 1 см. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центр треугольника, чтобы результирующая сила, действующая на каждый заряд, была равна нулю.
6. При перемещении электрона в поле большой заряженной плоскости на расстоянии 2 м перпендикулярно плоскости совершена работа 1 эВ. Найти поверхностную плотность заряда плоскости.
7. При внешнем сопротивлении $R_1 = 8 \text{ Ом}$ сила тока в цепи $I_1 = 0,8 \text{ А}$, при сопротивлении $R_2 = 15 \text{ Ом}$ сила тока $I_2 = 0,5 \text{ А}$. Определить силу тока короткого замыкания.
8. По двум круговым проводникам, имеющим вид концентрических окружностей, текут токи силой тока 4 А в противоположных направлениях. Напряженность магнитного поля в центре колец равна 400 А/м. При увеличении тока в первом контуре в два раза напряженность поля в центре увеличивается в три раза. Найти радиусы контуров.
9. Каким образом надо расположить прямолинейный алюминиевый проводник в однородном горизонтальном магнитном поле с индукцией 0,04 Тл и какой силы ток пропустить по нему, чтобы он находился в равновесии? Радиус проводника 1 мм, плотность алюминия 2600 кг/м³.
10. Электрон влетает в магнитное поле с магнитной индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ и двигается по винтовой линии с радиусом 2 см и шагом 5 см. Определить кинетическую энергию электрона.
11. Плоский заряженный конденсатор емкостью 200 нФ обладает плотностью энергии равной 5 Дж/м³. Найти заряд на пластинах конденсатора, если площадь пластины 100 см², а расстояние между ними 1 мм.
12. Однородное магнитное поле с индукцией B перпендикулярно к плоскости медного кольца (удельное сопротивление меди $\rho_m = 1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$), диаметр кольца 20 см, диаметр проволоки кольца 2 мм. Определить скорость изменения во времени магнитной индукции, если индукционный ток в кольце равен 10 А.
13. Конденсатор емкостью 2 мкФ подсоединили к идеальной катушке индуктивности. В образовавшемся колебательном контуре возникли гармонические колебания с частотой 400 Гц. После этого к первому конденсатору подсоединили параллельно второй такой же конденсатор, оба конденсатора зарядили до напряжения 50 В и затем подключили к той же катушке. Найдите уравнение колебаний для напряжения на конденсаторе во втором контуре.

ром колебательном контуре. Постройте график для электрической энергии в новом колебательном контуре.

14. Дифференциальное уравнение для колебаний в *LCR*-контуре имеет вид:
- $$\frac{d^2q}{dt^2} + 2 \cdot 10^4 \frac{dq}{dt} + 10^{10} q = 0, \text{ Кл}/c^2.$$
- Определить а) сопротивление и индуктивность контура; б) коэффициент затухания
- β
- ; в) частоту затухающих колебаний. Емкость конденсатора
- $C = 0,2 \text{ мкФ}$
- . В начальный момент времени напряжение на обкладках конденсатора максимально и равно
- $q_{\max} = 1 \text{ мКл}$
- . Записать уравнение колебаний заряда в конденсаторе.
15. Складываются два взаимно перпендикулярных колебания, которые задаются уравнениями: $x = 2 \cdot \cos(\pi t) \text{ см}$; $y = 4 \cdot \sin(2\pi t) \text{ см}$. Записать уравнение траектории и построить график $y = f(t)$.

ВАРИАНТ 9

1. Мальчик съехал на санках с горы длиной 40 м за 10 с, а затем проехал по горизонтальному участку еще 20 м до остановки. Найдите скорость в конце горы, ускорение на каждом участке, общее время движения и среднюю скорость на всем пути.
2. Диск, вращаясь равноускоренно из состояния покоя, сделал 4,5 оборотов за первые 3 с. Чему равно угловое ускорение диска? Сколько оборотов диск сделает за 10 с?
3. При свободном падении тела массой 0,2 кг с высоты 36 м время падения оказалось равным 3 с. Определить силу сопротивления воздуха.
4. Какую минимальную горизонтальную скорость надо сообщить шару, чтобы он сделал полный оборот в вертикальной плоскости? Шар подвешен на нерастяжимой и невесомой нити длиной $\ell = 0,4 \text{ м}$.
5. В центре квадрата, в вершинах которого находятся одинаковые отрицательные заряды $(-2q)$ (модуль $q = 1 \text{ нКл}$), помещен заряд Q . Найти величину и знак заряда Q если результирующая сила, действующая на каждый заряд, равна нулю.
6. Найти отношение скоростей электрона и протона, приобретенных ими при прохождении в электрическом поле расстояния, соответствующего разности потенциалов 10 В. Начальная скорость частиц равнялась нулю.
7. Два одинаковых нагревательных устройства включаются в сеть либо последовательно, либо параллельно. При каком включении выделяемая энергия больше и во сколько раз?
8. По двум длинным прямолинейным проводникам, находящимся на расстоянии 1 см друг от друга, текут токи силой 2 А и 1 А в противоположных направлениях. Найти индукцию магнитного поля в точке, лежащей посередине между проводниками. Как изменится величина магнитной индукции в этой точке, если токи в проводниках будут сонаправленными?
9. Электрон со скоростью 10^6 м/с влетел в плоский конденсатор параллельно его пластинам. Напряженность электрического поля конденсатора

1 kV/m . Как надо расположить конденсатор в магнитном поле, чтобы электрон двигался прямолинейно? Какова должна быть магнитная индукция магнитного поля?

10. Восемь одинаковых сферических капель ртути, радиусом 1 mm и потенциале, 10 V каждая, сливаются в одну. Найти потенциал получившейся капли.
11. В цепь проволочного витка включен конденсатор емкости 20 nF . Виток помещен в однородное магнитное поле перпендикулярное плоскости витка. Индукция поля равномерно изменяется во времени со скоростью $5 \cdot 10^{-3} \text{ Tl/s}$. Заряд на пластинах конденсатора 10^{-9} Кл . Определить длину проволочного кольца.
12. Дифференциальное уравнение свободных колебаний в LC -контуре имеет вид: $\frac{d^2q}{dt^2} + 10^{12}q = 0$, емкость конденсатора $C = 1 \text{ nF}$. Определить индуктивность контура. Записать уравнение колебаний тока в контуре, если в начальный момент заряд на обкладках конденсатора максимален и равен $q_{max} = 0,1 \text{ mKl}$. Построить график $I = f(t)$ в пределах двух периодов колебаний.
13. Груз массой 120 g , подвешенный на пружине жесткостью 50 H/m , совершает затухающие колебания. Через 8 s после начала колебаний колебательная энергия системы уменьшилась на 60% , а амплитуда колебаний оказалась равной $0,7 \text{ см}$. Напишите уравнение колебаний груза. Найдите все параметры этих колебаний (частоту затухающих колебаний, период, время релаксации, добротность). Постройте график убывания амплитуды колебаний груза в интервале от нуля до времени релаксации. Принять начальную фазу равной $\pi/4 \text{ rad}$.
14. Частица участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, совершающихся по взаимно перпендикулярным направлениям. Заданы частоты колебаний $\nu_1 = 3 \text{ Гц}$, $\nu_2 = 3 \text{ Гц}$, их амплитуды $A_1 = 4 \text{ см}$, $A_2 = 6 \text{ см}$ и начальные фазы $\pi/4 \text{ rad}$ и $7\pi/12 \text{ rad}$. Напишите уравнения исходных колебаний. Найдите уравнение траектории результирующего движения в координатах XOY и постройте ее график. Укажите на графике положение частицы в начальный момент времени и направление движения по траектории.

ВАРИАНТ 10

1. Тело, свободно падая с некоторой высоты, последние 196 m пролетело за 4 s . Сколько времени падало тело? Чему равна начальная высота?
2. Нормальное ускорение точки, движущейся по окружности радиусом 4 m , изменяется по закону $a_n = A + Bt + Ct^2$. Найти тангенциальное ускорение точки, и путь, пройденный точкой за 1 s после начала движения.

$$(A = 1 \text{ m/s}^2, B = 3 \text{ m/s}^3, C = 2,25 \text{ m/s}^4).$$
3. Две пружины жесткостью $k_1 = 300 \text{ H/m}$ и $k_2 = 800 \text{ H/m}$ соединены последовательно. Определить величину абсолютной деформации первой пружины Δx_1 , если вторая деформирована на $\Delta x_2 = 1,5 \text{ cm}$.

4. На горизонтальной плоскости стоят два связанных нитью одинаковых бруска, между которыми расположена сжатая пружина, не скрепленная с брусками. Нить пережигают и бруски расталкиваются в разные стороны, скользят и останавливаются так, что расстояние между ними возрастает на величину $\Delta\ell$. Найти потенциальную энергию сжатой пружины, если масса каждого бруска равна m . Коэффициент трения между брусками и плоскостью равен μ .
5. Два маленьких шарика массой 1 г каждый подвешены на нитях длиной 1 м и соприкасаются. Какие одинаковые заряды нужно сообщить шарикам, чтобы они разошлись на угол 60° ?
6. Найти отношение скоростей электрона и протона при движении в однородном электрическом поле напряженностью 1 В/см в течение одной насекунды. Начальная скорость частиц равна нулю.
7. На концах медного провода длиной 5 м поддерживается напряжение $U = 1 \text{ В}$. Определить плотность тока в проводе.
8. По двум длинным параллельным проводникам, находящимся на расстоянии 10 см друг от друга, в противоположных направлениях текут одинаковые токи силой 1 А . Найти вектор магнитной индукции в точке, расположенной на расстоянии 2 см от одного и 8 см от другого проводника.
9. Электрон и протон прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов 300 В и влетели в однородное магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Индукция магнитного поля равна $0,01 \text{ Тл}$. Найти отношение радиусов кривизны траекторий движения обоих частиц.
10. Во сколько раз изменяется энергия плоского воздушного заряженного конденсатора, если расстояние между пластинами уменьшить в 3 раза? Рассмотреть 2 случая: раздвижение пластин происходит, когда конденсатор подключен к источнику напряжения и отключен от него.
11. По кольцу, плоскость которого перпендикулярна вектору магнитной индукции магнитного поля ($B = 0,1 \text{ Тл}$), течет ток силой тока 2 А . Радиус кольца равен $R = 12 \text{ см}$. Не изменяя силу тока и ориентацию плоскости кольца в магнитном поле, ему придали форму восьмерки, состоящей из двух колец, причем радиус меньшего кольца равен $R_2 = R / 4$. Определить работу, которую необходимо совершить по изменению формы кольца в магнитном поле.
12. Колебательный контур может быть настроен на длину волны 150 м . Какая емкость включена в контур, если его индуктивность равна $0,25 \text{ мГн}$? Активным сопротивлением пренебречь.
13. К катушке с индуктивностью $0,30 \text{ Гн}$ и сопротивлением $6,2 \text{ Ом}$ подключили заряженный до напряжения 500 В конденсатор и в образовавшемся контуре возникли электромагнитные колебания. В начальный момент энергия заряженного конденсатора была равна $62,5 \text{ мДж}$, а ток в контуре отсутствовал. Запишите уравнение затухающих колебаний для изменения заряда на обкладках конденсатора. Постройте график зависимости заряда одной из пластин конденсатора от времени.

14. Тело массой 120 г участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, происходящих вдоль одного направления. Частота 7 Гц одинакова для обоих колебаний, начальные фазы имеют значения $2\pi/3$ рад. и $-\pi/3$ рад, а амплитуды соответственно равны 10 см и 5 см. Запишите уравнения исходных колебаний. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания, запишите его уравнение. Найдите колебательную энергию тела.

ВАРИАНТ 11

1. Два тела падают с одной и той же высоты одно вслед за другим через 2 с. Через какое время, считая от начала падения первого тела, расстояние между телами будет равно 30 м? Какими будут скорости тел в этот момент времени?
2. Некоторое тело начинает вращаться с постоянным угловым ускорением равным $0,04 \text{ rad/s}^2$. Через сколько времени после начала движения полное ускорение какой-либо точки тела будет направлено под углом 60° к направлению скорости этой точки? Решение пояснить рисунком.
3. Движение материальной точки массой m вдоль прямой, принятой за ось ОХ, задано уравнением $x = At^2 + Bt + C$, где A, B, C – постоянные. Найти силу, действующую на точку и импульс этой точки в зависимости от времени.
4. Два груза массами $m_1 = 1 \text{ кг}$, $m_2 = 1,5 \text{ кг}$ подвешены на нерастяжимых невесомых нитях длиной $\ell = 2 \text{ м}$ так, что грузы соприкасаются между собой. Меньший груз отклонен на угол $\alpha = 60^\circ$ и выпущен. Определить высоту, на которую поднимутся оба груза после удара. Удар абсолютно неупругий.
5. В трех вершинах квадрата расположены одинаковые по величине точечные заряды ($q_1 = q_2 = q_3 = 1 \text{ нКл}$). Определить 1) напряженность и потенциал электрического поля в четвертой вершине квадрата; 2) энергию системы зарядов. Сторона квадрата равна 1 см.
6. Две концентрические сферы радиусами 1 см и 4 см имеют заряды равные по величине и противоположные по знаку. Разность потенциалов между сферами 1000 В. Найти напряженность поля на расстоянии 2 см от центра сфер.
7. Два электрона движутся издалека по прямой навстречу друг другу. Скорость каждого электрона $0,1 \text{ Мм/c}$. Определить минимальное расстояние, на которое могут сблизиться электроны.
8. Элемент замыкают сначала на внешнее сопротивление $R = 2 \text{ Ом}$, а затем на внешнее сопротивление $0,5 \text{ Ом}$. Найти ЭДС элемента и его внутреннее сопротивление, если известно, что в каждом из этих случаев мощность, выделяемая во внешней цепи одинаковая и равна $2,54 \text{ Вт}$.
9. Расстояние между двумя длинными параллельными проводниками 1 см. По проводникам в одном направлении текут токи 1 А и 3 А. Найти точки, в которых индукция магнитного поля равна нулю.
10. Электрон движется в магнитном поле с индукцией 0,1 Тл по окружности радиуса 1 мм. Определить силу, действующую на электрон со стороны поля, период обращения и кинетическую энергию электрона.

11. Сила притяжения между пластинами плоского конденсатора 10 мН , площадь каждой пластины 100 см^2 . Найти объемную плотность энергии поля конденсатора.
12. Прямоугольная проволочная рамка со стороной 10 см находится в магнитном поле с магнитной индукцией $B = 0,01 \text{ Тл}$, перпендикулярном плоскости рамки. По рамке параллельно одной из ее сторон без нарушения контакта скользит с постоянной скоростью 10 м/с перемычка сопротивление которой $0,5 \text{ Ом}$. Определить ток через перемычку. Сопротивлением рамки пренебречь.
13. На вертикальной пружине закреплена горизонтальная платформа массой 740 г . Платформу вывели из положения равновесия и в системе возникли колебания с частотой $5,5 \text{ Гц}$. Найдите уравнение колебаний, которые возникнут в системе, если на платформу положить груз массой 600 г , отвесить платформу из положения равновесия на 6 см и плавно отпустить. Постройте график скорости платформы при этих колебаниях.
14. Дифференциальное уравнение колебаний заряда в контуре имеет вид:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + 10^4 \frac{dq}{dt} + 10^{14} q = 0, \text{ Кл/с}^2$$
. Определить время, в течение которого энергия контура уменьшится в 10 раз. Определить коэффициент затухания и добротность контура.
15. Складываются два гармонических колебания:
 $x_1 = 3\cos(5\pi t), \text{ см}; \quad x_2 = 3\cos(5,2\pi t), \text{ см}$.
Записать уравнение результирующего колебания с числовыми коэффициентами. Определить период биений и период колебаний.

ВАРИАНТ 12

1. Автомобилист, двигаясь со скоростью 30 км/час , проехал половину пути до места назначения за некоторый промежуток времени. С какой скоростью он должен продолжать движение, чтобы за такое же время достигнуть цели и вернуться обратно? Определить среднюю путевую скорость.
2. Тело брошено под углом 30° к горизонту со скоростью $V = 10 \text{ м/с}$. Найти тангенциальное и нормальное ускорение в начальный момент времени.
3. Через невесомый блок, укрепленный на ребре призмы, грани которой образуют с горизонтом углы α и β , перекинута нить (рисунок 11). К концам нити прикреплены грузы массами m_1 и m_2 . Найти ускорения грузов и силу натяжения нити. Трением пренебречь.

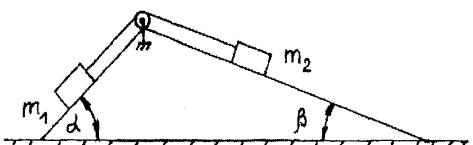


Рисунок 11

4. Два шара массами $m_1 = 2 \text{ кг}$, $m_2 = 3 \text{ кг}$ движутся соответственно со скоростями $V_1 = 8 \text{ м/с}$, $V_2 = 4 \text{ м/с}$. Первый шар нагоняет второй. Определить температуру, выделившуюся при абсолютно неупругом ударе шаров.
5. В вершинах равностороннего треугольника со стороной 1 см расположены одинаковые точечные заряды, величина которых $q = 1 \text{ нКл}$. Определить: 1) работу, которую надо совершить, чтобы перенести один из зарядов из вершины в центр треугольника; 2) энергию системы зарядов после переноса заряда.
6. Две бесконечные одноименно и равномерно заряженные плоскости пересекаются под прямым углом друг к другу (рисунок 12). Найти напряженность в точке C , расположенной вблизи точки пересечения. Поверхностная плотность заряда равна $1 \frac{\text{nKл}}{\text{м}^2}$ и одинакова для обеих плоскостей.
7. Радиолюбителю нужен резистор сопротивлением 70 кОм . У него есть три резистора с сопротивлениями 100 , 50 и 25 кОм . Можно ли составить из них требуемое сопротивление? Начертить схему и рассчитать.
8. На рисунке 13 изображены сечения трех прямых длинных проводников с токами. Расстояние между соседними проводниками 2 см , сила тока $I_1 = 1 \text{ А}$, $I_2 = 2 \text{ А}$, $I_3 = 3 \text{ А}$. Найти индукцию магнитного поля в точке P , являющейся серединой расстояния между первым и вторым проводником.

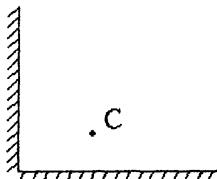


Рисунок 12

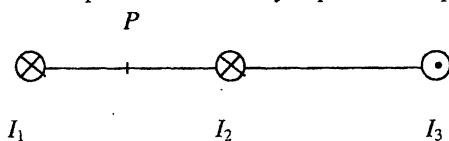


Рисунок 13

9. Заряженная частица влетела в однородное магнитное поле, созданное в среде. В результате взаимодействия с веществом частица потеряла половину кинетической энергии. Во сколько раз отличаются радиусы кривизны в начале и в конце траектории (после того, как потрачено половина энергии)?
10. Плоский заряженный конденсатор емкостью 200 пФ обладает плотностью энергии равной 5 Дж/м^3 . Найти заряд на пластинах конденсатора и поверхностную плотность заряда, если площадь пластины 100 см^2 , а расстояние между ними 1 мм .
11. По обмотке данного соленоида течет ток с силой тока 1 А , который уменьшается за $0,1 \text{ с}$ вдвое. Среднее значение ЭДС самоиндукции, возникающей при этом, равна $0,5 \text{ В}$. Определить число витков на единицу длины соленоида, если его длина $\ell = 0,1 \text{ м}$, а диаметр меньше длины в 5 раз.

12. Конденсатор емкостью $2 \mu\Phi$ зарядили до напряжения 80 В и подключили к катушке с индуктивностью 350 мГн . После этого в контуре возникли гармонические колебания. Запишите уравнение для силы тока в колебательном контуре и постройте график зависимости силы тока в контуре от времени. Найдите максимальную энергию магнитного поля в контуре.
13. Напряжение на обкладках конденсатора изменяются по закону: $U = 10e^{-100t} \cdot \cos(10^4\pi \cdot t)$, В. Индуктивность контура равна $0,1 \text{ Гн}$. Записать уравнение колебаний заряда на пластинах конденсатора и зависимость магнитной энергии контура от времени.
14. Частица участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, совершающихся по взаимно перпендикулярным направлениям. Заданы частоты колебаний $v_1 = 4 \text{ Гц}$ и $v_2 = 4 \text{ Гц}$. Их амплитуды $A_1 = 5 \text{ см}$, $A_2 = 8 \text{ см}$ и начальные фазы $\pi/2 \text{ рад}$ и $\pi/2 \text{ рад}$. Напишите уравнения исходных колебаний. Найдите уравнение траектории результирующего движения в координатах XOY и постройте ее график. Укажите на графике положение частицы в начальный момент времени и направление движения по траектории.

ВАРИАНТ 13

1. Материальная точка движется по плоскости. Движение точки в векторном виде описывается уравнением $\vec{r}(t) = \vec{i}At^3 + \vec{j}Bt$ (\vec{r} – радиус-вектор, \vec{i}, \vec{j} – единичные орты соответственно по осям OX и OY). Написать зависимость вектора скорости от времени $\vec{V} = \vec{V}(t)$. Найти в момент времени $t = 1 \text{ с}$ после начала движения: 1) модуль скорости; 2) модуль тангенциального ускорения; 3) модуль нормального ускорения; 4) модуль полного ускорения, если $A = 0,1 \text{ м}/c^3$, $B = 1 \text{ м}/c$.
2. Человек бросает камень вертикально вниз с начальной скоростью $10 \text{ м}/c$ с высоты 60 м . Пренебрегая сопротивлением воздуха, найдите, сколько времени пройдет, пока камень не ударится о землю. С какой скоростью он двигается перед ударом?
3. На горизонтальной поверхности поконится тело, к которому приложена сила F (рисунок 14). При каких значениях угла α тело будет оставаться в покое независимо от величины силы? Коэффициент трения равен $0,15$.
4. Два шара массами $m_1 = 2 \text{ кг}$, $m_2 = 3 \text{ кг}$ движутся со скоростями $V_1 = 8 \text{ м}/c$, $V_2 = 4 \text{ м}/c$ навстречу друг другу. Определить теплоту, выделившуюся при абсолютно неупругом ударе шаров.
5. Два точечных заряда q_1 и q_2 (первый заряд положительный, второй – отрицательный) расположены на расстоянии $a = 10 \text{ см}$ друг от друга. Величины зарядов $q_1 = 1 \text{ нКл}$, $q_2 = -2 \text{ нКл}$. Определить 1) энергию системы за-

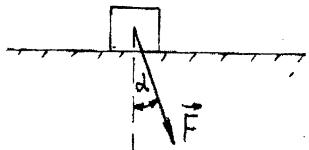


Рисунок 14

рядов; 2) положение точки, в которой напряженность электрического поля, созданного этими зарядами, равна нулю; 3) потенциал электрического поля в этой точке.

6. На длинных нитях в одной точке подвешены два одинаковых заряженных шарика, массой 1 г и зарядом $q = 10 \text{ нКл}$ каждый. Они разошлись на некоторый угол, при этом расстояние между шариками равно 1 см. Найти силу натяжения нити и угол, на который разошлись шарики.
7. В сеть с напряжением 24 В подключили два последовательно соединенных резистора. При этом сила тока стала равной 0,6 А. Когда резисторы подключили параллельно, суммарная сила тока стала равной 3,2 А. Определить сопротивление резисторов.
8. На рисунке 15 изображены сечения трех прямых длинных проводников с током. Расстояние между соседними проводниками 2 см. $I_1 = 1 \text{ А}$, $I_2 = 2 \text{ А}$, $I_3 = 3 \text{ А}$. Найти геометрическое место точек, в которых индукция магнитного поля равна нулю.

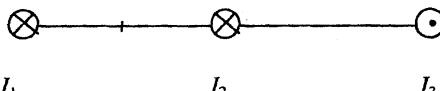


Рисунок 15

9. Две одинаково заряженные частицы влетают в магнитное поле перпендикулярно к его силовым линиям. Найти отношение удельных зарядов частиц, если скорость первой частицы в 2 раза больше скорости второй, а радиус окружности, описываемой первой частицей, в 4 раза больше, чем у второй.
10. Два металлических шара радиусом 2 см и 6 см соединены проводником, емкостью которого можно пренебречь. Полный заряд на шарах равен 1 нКл. Чему равна поверхностная плотность заряда на каждом шаре?
11. Проводник длиной 2 м, движется со скоростью 10 м/с перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Определить величину магнитной индукции, если на концах проводника возникает разность потенциалов 0,02 В.
12. Уравнение изменения от времени разности потенциалов в колебательном контуре дано в виде: $U = 50 \cdot \cos(10^4 \pi t)$, В. Емкость конденсатора равна 0,1 мкФ. Найти: а) период колебаний; б) индуктивность контура; в) максимальный ток в контуре. Записать уравнение колебаний электрической энергии конденсатора.
13. По горизонтальному стержню совершает затухающие колебания груз массой 200 г под действием пружины жесткостью 400 Н/м. Через 10 с после начала колебаний амплитуда колебаний оказалась равной 0,8 см и составляла 65% от начальной амплитуды. Напишите уравнение затухающих колебаний груза, определите все параметры этого уравнения. По-

стройте график убывания колебательной энергии системы в интервале от нуля до времени релаксации. Начальную фазу принять равной $\pi/3$ рад.

14. Частица участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, происходящих вдоль одного направления. Частота 6 Гц одинакова для обоих колебаний, начальные фазы имеют значения $3\pi/4$ рад и $5\pi/4$ рад, а амплитуды соответственно равны 6 см и 6 см . Запишите уравнения исходных колебаний. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания, запишите его уравнение.

ВАРИАНТ 14

- Из трех труб, расположенных на земле, с одинаковой скоростью бьют струи воды: под углом 60° , 45° , 30° . Найти соотношения наибольших высот h ($h_1 : h_2 : h_3$) подъема струи воды, вытекающих из каждой трубы, и соотношение дальностей S падения воды на землю.
- Точка движется по окружности с постоянной скоростью $0,5 \text{ м/с}$. Вектор скорости изменяет свое направление на угол 30° за время 2 с . Определить нормальное ускорение точки.
- Деревянный брусок массой 2 кг тянут равномерно по деревянной доске, расположенной горизонтально, с помощью пружины с коэффициентом жесткости 100 Н/м . Коэффициент трения бруска о доску равен $0,3$. Найти удлинение пружины.
- Тело скользит без начальной скорости с высоты $H = 2 \text{ м}$ по наклонной плоскости, угол наклона $\alpha = 30^\circ$. После спуска тело попадает на горизонтальную поверхность, коэффициент трения тела о наклонную плоскость и горизонтальную поверхность $\mu = 0,3$. Какое расстояние пройдет тело по горизонтальной поверхности до остановки?
- Точечные заряды одинаковой величины $q = 1 \text{ нКл}$, расположены в вершинах равностороннего треугольника со стороной 1 см . Первый и второй заряда положительные, третий заряд – отрицательный. Найти вектор напряженности электрического поля и потенциал в точке, лежащей посередине между первым и третьим зарядами. Определить энергию системы зарядов.
- Три равномерно заряженные плоскости находятся на некотором расстоянии друг от друга (рисунок 16). Напряженность в точке A равна 100 В/м , в точке B – 200 В/м , а в точке C – 300 В/м . Определить плотность зарядов на каждой плоскости.
- Два вольтметра с пределами измерений 150 В каждый, но различными внутренними сопротивлениями соединены последовательно и подключены к источнику с напряжением 220 В . Вольтметр с внутренним сопро-

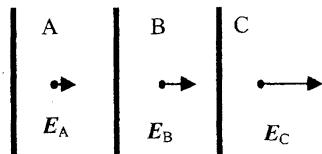


Рисунок 16

- тивлением 4 кОм показывает напряжение 104 В. Чему равно внутреннее сопротивление второго вольтметра?
8. Два длинных прямых проводника, по которым текут токи 1 А и 2 А, расположены взаимно перпендикулярно. Найти индукцию магнитного поля в середине общего перпендикуляра, если его длина 1 см.
 9. Электрон, ускоренный разностью потенциалов 300 В, влетает в однородное магнитное поле, перпендикулярное направлению его движения. Индукция магнитного поля 0,1 Тл. Найти радиус кривизны траектории движения электрона и период его обращения по окружности. Сравнить при тех же условиях задачи движение электрона с движением протона.
 10. В заряженном плоском воздушном конденсаторе разность потенциалов между точкой, лежащей посередине между пластинами и одной из пластин 100 В, расстояние между пластинами 1 мм. Найти поверхностную плотность заряда пластин конденсатора.
 11. Горизонтальный металлический стержень длиной 0,5 м равномерно вращается вокруг вертикальной оси, проходящей через один из его концов, с частотой $v = 5 \text{ c}^{-1}$. Определить разность потенциалов между концами стержня, если вертикальная составляющая магнитной индукции магнитного поля Земли равна $5 \cdot 10^{-1} \text{ Тл}$.
 12. Длина математического маятника равна 0,36 м. Его отводят на угол 10° от вертикали и отпускают. Записать уравнение колебаний груза $\varphi = \varphi(t)$, построить график. С какой скоростью груз на конце маятника проходит нижнюю точку (положение равновесия)?
 13. В колебательном контуре с индуктивностью катушки 150 мГ совершаются электромагнитные колебания с частотой 410 Гц. Колебания напряжения на обкладках включенного в контур конденсатора описываются уравнением $U = U_{mo} e^{-\beta t} \cos(\omega t)$, где $U_{mo} = 15 \text{ В}$ и $\beta = 0,021 \text{ c}^{-1}$. Постройте график убывания амплитуды напряжения на конденсаторе. Найдите минимальное (критическое) сопротивление резистора, который нужно включить в контур, чтобы колебания в контуре не возникали.
 14. При помощи векторной диаграммы сложить 3 сонаправленных колебания:

$$x_1 = 3 \cos(\omega t), \text{ см};$$

$$x_2 = 3 \sin(\omega t), \text{ см};$$

$$x_3 = 6 \sin(\omega t + \pi), \text{ см}.$$

Записать уравнение результирующего колебания, если $\omega = \pi/2 \text{ рад/с}$. Построить график зависимости x_{pez} от времени.

ВАРИАНТ 15

1. Движение тела в поле Земли определяется уравнениями:

$$x = 10t, \text{ м};$$

$$y = 20t - 4.9t^2, \text{ м}.$$

Определить: 1) зависимость проекций скорости и ускорения (на ось X и Y) от времени; 2) начальную и конечную скорости движения; 3) уравнение

- ние траектории движения тела $y = f(x)$ максимальную высоту подъема, дальность полета; 4) радиус кривизны в верхней точке траектории.
2. Точка движется по окружности радиуса $R = 0,5 \text{ м}$ с постоянным касательным ускорением 2 м/с^2 из состояния покоя. Определить нормальное и полное ускорения точки в момент времени $t = 1 \text{ с}$.
 3. Шарик всплывает с постоянной скоростью в жидкости, плотность которой в четыре раза больше плотности материала шарика. Определить силу сопротивления жидкости при движении в ней шарика, считая ее постоянной. Масса шарика 10 г .
 4. На тележку массой $M = 19 \text{ кг}$ движущуюся со скоростью $V_0 = 10 \text{ м/с}$ падает кирпич $m = 1 \text{ кг}$ и остается на тележке. Определить, сколько при этом выделится тепла.
 5. В вершинах прямоугольного треугольника (стороны которого $a : b : c = 5 : 4 : 3$) расположены одинаковые заряды q . Найти вектор напряженности и потенциал электрического поля в точке, лежащей на середине гипотенузы. Длина гипотенузы 10 см , величина зарядов $q = 1 \text{ нКл}$. Определить энергию системы зарядов.
 6. Два точечных разноименных заряда находятся на расстоянии 20 см друг от друга. При сближении их на 10 см поле совершает работу равную 5 мДж . Какую работу нужно затратить, чтобы раздвинуть эти заряды на расстояние 30 см от их первоначального положения?
 7. Какой заряд переносится через поперечное сечение проводника, если сила тока равномерно возрастает от нуля до 3 А в течении 10 с ?
 8. По двум длинным параллельным проводникам текут одинаковые токи с силой тока 1 А в противоположных направлениях. Расстояние между проводниками 4 см . Найти индукцию магнитного поля в точке, удаленной на расстояние 3 см от каждого проводника.
 9. Протон и электрон влетают в магнитное поле перпендикулярно силовым линиям. Найти отношение радиусов окружностей, описываемых частицами, и периодов обращения, если: а) частицы влетают в поле с одинаковой скоростью, б) частицы прошли одинаковую ускоряющую разность потенциалов до момента влета в магнитное поле.
 10. Площадь пластины плоского воздушного конденсатора 50 см^2 , расстояние между ними 5 мм . Найти разность потенциалов между пластинами и напряженность электрического поля, если при разряде конденсатора выделилась энергия равная 1 мДж .
 11. При ремонте электроплитки ее спираль укоротили на $0,1$ ее первоначальной длины. Во сколько раз при этом изменилась мощность плитки?
 12. В колебательном контуре с индуктивностью 350 мГ возникли гармонические колебания с периодом 6 мс . Запишите уравнение колебаний для заряда на обкладках конденсатора, которые возникнут в контуре, если в контур включить последовательно с имеющимся конденсатором дополнительный конденсатор емкостью 3 мкФ , зарядить оба конденсатора до

общего напряжения 45 В и затем подключить конденсаторы к катушке индуктивности. Построить график зависимости заряда от времени.

13. Уравнение затухающих колебаний для заряда на обкладках конденсатора имеет вид: $q = 4e^{-100t} \cos(10^4 \pi t)$, мКл. Емкость конденсатора 10^{-7} Ф. Определить: а) индуктивность катушки; б) активное сопротивление контура; в) логарифмический декремент затухания.
14. Сложить 18 сонаправленных колебаний, фаза каждого последующего колебания сдвинута относительно фазы предыдущего колебания на $\pi/3$. Написать уравнение результирующего колебания, если амплитуды всех колебаний $A_i = 2$ см, а период колебаний равен 0,2 с.

ВАРИАНТ 16

1. На шоссе с одного старта с интервалом 2 с начали движение сначала велосипедист, а затем мотоциклист. После старта велосипедист двигался равномерно со скоростью 32 км/час, а мотоциклист – равноускоренно с ускорением $2,5 \text{ м/с}^2$. Определите скорость мотоциклиста в тот момент, когда он достиг велосипедиста.
2. Диск вращается с угловым ускорением $\beta = -2 \text{ rad/c}^2$. Сколько оборотов сделает диск при изменении частоты вращения от 240 об/мин до 90 об/мин. Найти время, в течение которого это произойдет.
3. Система трех грузов, связанных невесомыми нерастяжимыми нитями, одна из которых переброшена через идеальный блок (рисунок 17), движется с ускорением $a = 0,8g$, где g – ускорение свободного падения, массы грузов одинаковы, $F = 0,2mg$ – внешняя сила. Определить коэффициент трения скольжения между горизонтальной опорой и движущейся по ней грузами, считая его одинаковым для обоих грузов.
4. По наклонной плоскости с углом наклона α_1 , с высоты h_1 , без начальной скорости соскальзывает тело. Достигнув точки A , оно начинает подниматься вверх по наклонной плоскости с углом наклона α_2 . Коэффициенты трения тела о плоскости соответственно равны μ_1 и μ_2 . Переход в точке A с плоскости на плоскость плавный и гладкий. Найти высоту и подъема тела на вторую плоскость.

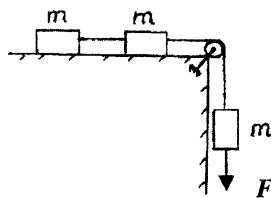


Рисунок 17

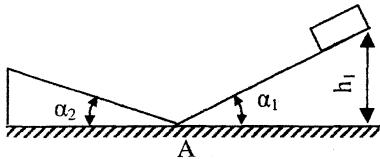


Рисунок 18

5. Три точечные заряда q , $-q$, q расположены в вершинах квадрата. Сторона квадрата 1 см . Найти вектор напряженности и потенциал электрического поля в вершине, где отсутствует заряд. Модуль каждого заряда равен 5 нКл .
6. Определить разность потенциалов, которую должен пройти в электрическом поле электрон, имеющий скорость 1 Мм/с , чтобы его скорость: а) возросла вдвое, б) уменьшилась в 2 раза.
7. Какой заряд переносится, если сила тока в проводнике убывает от 18 А до нуля, причем за каждые $0,01 \text{ с}$ ток убывает вдвое?
8. По двум длинным параллельным проводникам, расстояние между которыми 5 см , текут токи одинаковой силы 1 А в противоположных направлениях. Найти индукцию магнитного поля в точке, удаленной от первого проводника на расстояние 3 см , а от второго проводника – 4 см .
9. Положительно заряженная частица, имеющая заряд $q = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ со скоростью 1 км/с влетает в однородное магнитное поле с магнитной индукцией 10 мТл под углом 30° к силовым линиям поля и движется по винтовой линии радиусом $3,6 \text{ мм}$. Найти массу частицы.
10. Плоский конденсатор с площадью пластин 100 см^2 подключен к источнику тока и заряжен до разности потенциалов 200 В . Вычислить работу, которую нужно совершить при раздвижении пластин от 2 мм до 1 см , не отключая конденсатор от источника.
11. Два проводника, сопротивления которых 7 Ом и 5 Ом , соединили параллельно и подключили к источнику тока. В первом проводнике в течение некоторого времени выделилось 500 Дж тепла. Какое количество теплоты выделилось во втором проводнике за то же время?
12. Через какой промежуток времени после начала колебаний смещение точки из положения равновесия будет равно половине амплитуды, если период колебаний равен 24 с , а начальная фаза колебаний равна нулю.
13. Шарик массой 200 г , подвешенный на нити длиной 90 см , отвели от положения равновесия на 10 см и отпустили, после чего шарик начал совершать колебания. За один период шарик теряет 1% энергии. Найдите число колебаний, по истечении которых амплитуда колебаний шарика уменьшится в 15 раз. Постройте график убывания энергии колебаний в интервале от нуля до времени релаксации.
14. Частица участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, совершающихся по взаимно перпендикулярным направлениям. Заданы частоты колебаний $v_1 = 13 \text{ Гц}$, $v_2 = 13 \text{ Гц}$, их амплитуды $A_1 = 14 \text{ см}$, $A_2 = 18 \text{ см}$ и начальные фазы $\pi/3 \text{ рад}$ и $\pi/6 \text{ рад}$. Напишите уравнения исходных колебаний. Найдите уравнение траектории результирующего движения в координатах XOY и постройте ее график. Укажите на графике положение частицы в начальный момент времени и направление движения по траектории.

ВАРИАНТ 17

1. Тело соскальзывает без трения с наклонной плоскости. Определите угол наклона плоскости к горизонту, если средняя скорость тела за первые $0,5\text{ с}$ движения на $2,5\text{ м/с}$ меньше, чем средняя скорость тела за первые $1,5\text{ с}$.
2. При торможении от скорости 40 км/час до полной остановки автомобиль прошел путь 16 м . Какой путь пройдет этот автомобиль на той же дороге при снижении скорости от 100 км/час до 60 км/час . Считать, что ускорение при торможении постоянно и одинаково в обоих случаях.
3. Гиря массой 1 кг подвешена на нити, которая разрывается при силе натяжения 4 Н . В натянутом состоянии нить с гирей из вертикального положения, переведена в горизонтальное положение и отпущена. Уцелеет ли нить при прохождении гирей положения равновесия? Если нет, то при каком положении гири порвется нить?
4. Акробат падает с высоты $h = 2,4\text{ м}$ на туго натянутую упругую предохранительную сетку. На какой предельной высоте над полом надо натянуть сетку, чтобы акробат не ударился о пол при падении? Известно, что спокойно лежащий акробат дает провисание сетки $\Delta\ell = 0,1\text{ м}$.
5. Точечные заряды величиной q , q , $-2q$, $-q$ расположены в вершинах квадрата со стороной 1 см . Найти вектор напряженности и потенциал электрического поля в центре квадрата, величина $q = 1\text{ нКл}$. Определить энергию этой системы зарядов.
6. Работа по перемещению отрицательного точечного заряда к закрепленному шару, заряженному положительно, равна 12 Дж . При этом известно, что точечный заряд переместился к сфере на половину начального расстояния. Какая работа совершена полем на первой половине этого пути?
7. Определить плотность постоянного тока, если за 2 с через проводник с круглым сечением прошло $2 \cdot 10^{19}$ электронов. Диаметр проводника 2 мм .
8. Ток силой в 10 А идет по бесконечно длинному проводнику, согнутому под прямым углом. Найти индукцию магнитного поля в точках, лежащих на биссектрисе этого угла и отстоящих от вершины на расстояние 1 см .
9. Заряженная частица влетает со скоростью 400 м/с в магнитное поле с индукцией $0,1\text{ Тл}$ под углом 60° к силовым линиям поля. Частица движется по левой винтовой линии к направлению силовых линий с шагом 3 мм . Найти а) величину удельного заряда частицы и его знак, б) радиус винтовой линии.
10. Во сколько раз изменяется энергия плоского воздушного заряженного конденсатора, если расстояние между пластинами уменьшить в 3 раза. Раздвижение пластин происходит без отключения от источника?
11. Кусок провода длиной 8 м складывают вдвое, концы его замыкают. Затем провод растягивают в квадрат в плоскости, перпендикулярной линиям индукции однородного магнитного поля. Сечение проводника $0,1\text{ мм}^2$, удельное сопротивление провода $0,2\text{ мкОм}\cdot\text{м}$, индукция магнитного поля $0,2\text{ Тл}$. Какой заряд пройдет по проводнику?

12. Один из математических маятников совершил 10 колебаний, другой за это же время – 6 колебаний. Разность длин маятников составляет 16 см. Определите длины маятников и периоды их колебаний.
13. В колебательном контуре совершаются электромагнитные колебания. Заряд одной из обкладок конденсатора изменяется по закону: $q = q_{mo} \cdot e^{-\beta t} \cdot \cos(\omega \cdot t)$, где $q_{mo} = 0,5 \text{ мкКл}$, $\beta = 42 \text{ с}^{-1}$ и частота колебаний равна 800 Гц . Индуктивность контура 80 мГ . Запишите уравнение для силы тока в контуре, постройте график зависимости силы тока от времени. Определите, через сколько колебаний амплитуда силы тока уменьшится в 5 раз.
14. Складываются два взаимно перпендикулярных колебания:

$$x = 2 \cdot \cos(\omega \cdot t), \text{ см};$$

$$y = 4 \cdot \sin(\omega \cdot t), \text{ см}.$$

Определить уравнение траектории $y = f(x)$, построить график.

ВАРИАНТ 18

1. На нить нанизаны 4 маленьких шарика: нижний находится на расстоянии h от пола. Нить вверху пережигают. Каким должны быть расстояния между шариками, чтобы интервалы времени между их ударами о пол были одинаковыми?
2. Шкив радиусом $0,1 \text{ м}$ приводится во вращение грузом, подвешенным на нити и постепенно сматывающимся со шкива. В начальный момент шкив неподвижен. Когда груз прошел расстояние 1 м , его скорость стала 1 м/с . Определить угловое ускорение шкива. Записать закон изменения угловой скорости шкива от времени.
3. Сила $F_3 = 10 \text{ Н}$ составляет с осью OX угол 30° , силы F_1 и F_2 перпендикулярны оси OX . Определить модуль силы F_2 , если известно, что сила $F_1 = 5 \text{ Н}$, а сумма сил вдоль оси OY равна нулю. Чему равна сила, действующая вдоль оси OX ?
4. Небольшое тело, двигаясь с горизонтальной скоростью на высоте h , распалось на две части одинаковой массы. Одна часть упала на землю через время t_1 прямо под местом распада. Вторая часть упала позднее. Сопротивлением воздуха пренебречь. Через какое время после распада вторая часть упала на землю?
5. Точечные заряды $q_1 = q_2 = q_3 = q_4 = q_5 = q_6 = q$ расположены в вершинах правильного шестиугольника со стороной 1 см . Найти вектор напряженности и потенциал электрического поля в центре шестиугольника, если величина $q = -1 \text{ нКл}$. Определить энергию системы этих зарядов.
6. При переносе точечного положительного заряда величиной 10 нКл из бесконечности в точку C , находящуюся на расстоянии 20 см от положительно заряженного шара, совершена работа, равная 3 мкДж . Радиус шара равен 10 см . Определите заряд шара и потенциал его поверхности.
7. По медному проводнику сечением $0,8 \text{ мм}^2$ течет ток 80 мА . Найти среднюю скорость упорядоченного движения электронов вдоль проводника, предполагая, что на каждый атом меди приходится один свободный электрон. Плотность меди $8,9 \text{ г/см}^3$.

8. Два одинаковых круговых тока с силой в 1 A расположены в двух взаимно перпендикулярных плоскостях так, что их центры совпадают. Найти индукцию магнитного поля в центре окружностей. Радиус каждого витка 1 см .
9. Протон влетает в однородное магнитное поле под углом 30° к направлению поля и движется по винтовой линии с радиусом 2 см . Индукция поля $0,2\text{ Tl}$. Найти кинетическую энергию протона.
10. Во сколько раз изменяется энергия плоского воздушного заряженного конденсатора, если расстояние между пластинами уменьшить в 3 раза и между пластинами ввести диэлектрик с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 7$. Раздвижение пластин производится после отключения источника напряжения.
11. В однородном магнитном поле с индукцией $0,1\text{ Tl}$ расположен плоский проволочный виток так, что его плоскость перпендикульна вектору индукции. Виток замкнут на гальванометр. При повороте витка через гальванометр протек заряд $9,5\text{ mKl}$. На какой угол повернули виток? Площадь витка 10^3 cm^2 , сопротивление витка 2 Om .
12. Два математических маятника имеют периоды колебаний $T_1 = 3\text{ c}$ и $T_2 = 4\text{ c}$. Какой период колебаний будет у математического маятника, длина которого равна сумме длин обоих маятников.
13. Определите логарифмический декремент затухания колебательного контура с емкостью 2 nF , индуктивностью $0,15\text{ mGn}$, если на поддержание в этом контуре незатухающих колебаний с амплитудой напряжения $0,9\text{ V}$ требуется мощность 10^{-4} Wm .
14. Частица участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, происходящих вдоль одного направления. Частота 5 Гц одинакова для обоих колебаний, начальные фазы имеют значения $\pi/6\text{ rad}$ и $-\pi/6\text{ rad}$, а амplitуды соответственно равны 8 см и 10 см . Запишите уравнения исходных колебаний. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания, запишите его уравнение и постройте график $x_{\text{рез}}$ от времени.

ВАРИАНТ 19

1. Если два тела движутся навстречу друг другу, то расстояние между ними уменьшается на 30 м за 10 с . Если тела движутся с прежними по модулю скоростями в одном направлении, то расстояние между ними увеличивается на 10 м за 5 с . Определить скорость тел.
2. Маховик радиусом 1 м вращается по закону $\phi = t^3 - 3t^2$, рад . Определить нормальное ускорение точки, находящейся на ободе маховика в момент времени, когда касательное ускорение точки обращается в нуль.
3. К телу, лежащему на горизонтальной плоскости, в течение времени τ прикладывают силу \vec{F} , направленную вдоль плоскости, после чего тело движется до остановки в течение времени t . Определите силу трения.
4. Два пластилиновых шара, массы которых относятся как $1:3$, подвешены на одинаковых нитях и касаются друг друга. Шары симметрично разведи

в разные стороны и одновременно отпустили. При ударе они слиплись. Какая часть кинетической энергии шаров при этом превратилась в тепло?

5. В вершинах правильного шестиугольника со стороной 1 см расположены заряды одинаковой абсолютной величины. Найти величину зарядов, если напряженность электрического поля в центре шестиугольника равна 1 кВ/м. Первый, второй и третий заряды положительны, четвертый, пятый и шестой – отрицательны. Определить работу по перенесению первого заряда из вершины в центр шестиугольника.
6. Определить потенциал, заряд и радиус шара, если в точке на расстоянии 50 см от его центра потенциал равен 400 В, а в точке на расстоянии 20 см от его поверхности потенциал равен 800 В.
7. Определить суммарный импульс электронов в прямом проводе длиной 500 м, по которому течет ток $I = 20$ А.
8. Два одинаковых круговых витка радиусом 1 см и с общим центром расположены взаимно перпендикулярно. По ним текут токи, сила тока одного из них в два раза больше, чем у другого. Найти силу этих токов, если индукция магнитного поля в центре витков равна 1 мкТл.
9. Положительно заряженная частица ($q = 3,2 \cdot 10^{-19}$ Кл) влетает в магнитное поле с магнитной индукцией 0,85 Тл перпендикулярно силовым линиям. Частица движется в поле по окружности радиуса 2 см с периодом обращения 1 нс. Найти кинетическую энергию частицы.
10. Имеется воздушный плоский конденсатор. Расстояние между пластинами 1 см, разность потенциалов на них 100 В, площадь пластины 10 см^2 . Определить напряженность электрического поля в конденсаторе, его энергию, объемную плотность энергии электрического поля. Найти те же величины при заполнении пространства между пластинами парафином ($\epsilon = 2$), если заряд на пластинах постоянный.
11. В однородное магнитное поле с напряженностью 7950 А/м помещена квадратная рамка со стороной 4 см, имеющая 10 витков. Плоскость рамки составляет с направлением магнитного поля угол 30° . Определить работу, совершенную при повороте рамки к положению равновесия (когда направление магнитного поля и плоскость рамки составляют угол 90°). По витку идет ток с силой тока в 5 А.
12. Пружинный маятник состоит из пружины и подвешенного на ней груза массой 300 г. Маятник совершает гармонические колебания с частотой 0,7 Гц и амплитудой 12 см. Через 2 с после начала колебаний смещение груза оказалось равным 6,8 см. Определите скорость груза в этот же момент времени и начальную фазу колебаний. Запишите уравнение колебаний.
13. В колебательном контуре конденсатору с емкостью 10 мкФ сообщили заряд 1 мКл, после чего возникли затухающие колебания. Сколько тепла выделится к моменту, когда максимальное напряжение на конденсаторе станет меньше начального максимального напряжения в 4 раза?

14. При сложении гармонических колебаний с близкими частотами уравнение результирующих колебаний (биений) имеет вид: $x = 10 \cos(4t) \cdot \cos(104t)$ мм. Определить частоты складываемых колебаний и записать уравнения этих колебаний.

ВАРИАНТ 20

1. Вал начинает вращение из состояния покоя и за первые 10 с совершает 50 оборотов. Считая вращение вала равноускоренным, определить угловое ускорение.
2. Две пружины равной длины, скрепленные последовательно, растягивают за свободные концы рукой. Пружина с коэффициентом жесткости 100 Н/м удлинилась на 5 см. Определить коэффициент жесткости второй пружины, если она удлинилась на 1 см.
3. Пуля летит с некоторой скоростью. Она пробивает доску толщиной 3,6 см и продолжает полет со скоростью, составляющей 0,8 начальной скорости. Какой максимальной толщины доску она может пробить при той же начальной скорости? Сила сопротивления доски постоянная, доска закреплена.
4. Молот массой 100 кг, падая с высоты 1,8 м, забивает стержень в деталь. Найдите среднюю силу сопротивления, если при каждом ударе стержень входит в деталь на глубину 10 см. Удар абсолютно неупругий. Масса стержня 10 кг.
5. Четыре точечных заряда расположены в вершинах квадрата со стороной 1 см. Найти величину напряженности электрического поля в центре квадрата, если потенциал в этой точке равен 1 В. Заряды равны по абсолютной величине 1 нКл, по знаку три заряда положительных и один – отрицательный. Определить потенциальную энергию системы зарядов.
6. Два маленьких одинаковых шарика массой 1 мкг каждый подвешены на нитях одинаковой длины и соприкасаются. Когда шарики зарядили, они разошлись на расстояние 1 см, а сила натяжения нити стала равной 20 нН. Найти заряды шариков.
7. Какова плотность тока в волоске накальной лампы, если сила тока 0,125 А, а диаметр волоска 0,019 мм (волосок лампы считать цилиндром)?
8. Найти вектор магнитной индукции магнитного поля в центре проводника, имеющего вид равностороннего треугольника со стороной 1 см, если по контуру течет ток силой 1 А.
9. Протон влетает в магнитное поле под углом 60° к силовым линиям и движется по спирали с шагом 1 см и периодом обращения 1 мкс. Найти магнитную индукцию поля и скорость, с которой протон в него влетает.
10. Два плоских конденсатора одинаковой емкости соединили последовательно и подключили к источнику ЭДС. Во сколько раз изменится разность потенциалов на пластинках первого конденсатора, если пространство между пластинами второго заполнить диэлектриком с $\epsilon = 7$, не отключая источника ЭДС.

11. Виток по которому течет ток 20 A , свободно установился в магнитном поле с индукцией $0,016\text{ Тл}$, диаметр витка $0,1\text{ м}$. Какую работу надо совершить по перемещению витка в область без магнитного поля?
12. Катушка с индуктивностью 200 мГн , активным сопротивлением которой можно пренебречь, и конденсатор емкостью 5 мкФ соединены параллельно и по катушке пропускается постоянный ток 300 мА . После отключения источника тока в контуре возникли гармонические колебания. Запишите уравнение колебаний для силы тока и постройте график зависимости силы тока от времени. Найдите максимальную электрическую энергию в колебательном контуре.
13. Колебания груза массой 20 г , подвешенного на пружине, описываются уравнением $x = x_{mo} \cdot e^{-\beta t} \cdot \cos(\omega t)$, где $x_{mo} = 18\text{ мм}$, $\beta = 0,15\text{ c}^{-1}$. Колебания происходят с частотой 2 Гц . Определите коэффициент жесткости пружины. Через сколько времени колебательная энергия системы уменьшится в 5 раз по сравнению с начальной энергией?
14. Используя векторную диаграмму, сложить 5 сонаправленных колебаний:

$$\begin{aligned}x_1 &= 2 \cdot \cos(\omega \cdot t), \text{мм}; \\x_2 &= 2 \cdot \sin(\omega \cdot t), \text{мм}; \\x_3 &= 2 \cdot \cos(\omega \cdot t + \pi/4), \text{мм}; \\x_4 &= 2 \cdot \cos(\omega \cdot t + 3\pi/4), \text{мм}; \\x_5 &= 2 \cdot \cos(\omega \cdot t + 5\pi/4), \text{мм}.\end{aligned}$$

Записать уравнение результирующего колебания.

ВАРИАНТ 21

1. С крыши здания высотой 16 м через одинаковые промежутки времени падают капли воды, причем, первая ударяется о землю в тот момент, когда пятая отделяется от крыши. Найти расстояние между отдельными каплями в воздухе в момент удара первой капли о Землю.
2. Поезд въезжает на закругленный участок пути с начальной скоростью 54 км/час и проходит путь 600 м за время 30 с , двигаясь равнускоренно. Радиус закругления 1 км . Определить скорость в конце пути.
3. Люстра массой 100 кг подвешена к потолку на металлической цепи, длина которой 5 м . Определить высоту, на которую можно отклонить люстру, чтобы при последующих качаниях цепь не оборвалась. Разрыв цепи наступает при силе натяжения 1960 Н .
4. Легкий шарик начинает свободно падать, пролетев расстояние ℓ , сталкивается с тяжелой плитой, движущейся вверх со скоростью V_0 . На какую высоту подскочит шарик после упругого удара о плиту?
5. Два разноименных точечных заряда находятся на расстоянии 1 см друг от друга. По величине второй заряд в 3 раза больше первого. Величина напряженности электрического поля в точке, лежащей посередине между зарядами, равна 2 кВ/м . Найти потенциал этой точки и точки, расположенной на расстоянии 5 см вправо от большего заряда.

6. Электрическое поле образовано положительно заряженной длинной нитью. Двигаясь под действием поля из точки, находящейся на расстоянии 1 см от нити до точки, находящейся на расстоянии 4 см, альфа-частица изменила свою скорость от $2 \cdot 10^5 \text{ м/с}$ до $3 \cdot 10^6 \text{ м/с}$. Определить линейную плотность заряда нити.
7. По медному проводу длиной 2 м и площадью поперечного сечения $0,4 \text{ мм}^2$ идет ток. Мощность, выделяющаяся в проводнике, равна $0,35 \text{ Вт}$. Определите число электронов, проходящих за 1 с через поперечное сечение проводника, и напряженность электрического поля внутри проводника. Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.
8. В проводнике, имеющем вид ромба, течет ток силой 1 А. Сторона ромба 1 см, углы 60° и 120° . Найти вектор магнитной индукции в центре ромба.
9. В магнитном поле с индукцией 100 мкТл движется электрон по винтовой линии. Определить скорость электрона и угол между \mathbf{V} и \mathbf{B} , если шаг спирали равен 20 см, а радиус 5 см.
10. Имеется плоский конденсатор, заполненный диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 5$. Найти емкость конденсатора, энергию электрического поля и объемную плотность энергии поля, модуль вектора напряженности \mathbf{E} в конденсаторе, если площадь каждой пластины 10 см^2 , расстояние между пластинами 1 мм и разность потенциалов 100 В.
11. Виток по которому течет ток силой 20 А, свободно установился в магнитном поле с магнитной индукцией 0,016 Тл. Диаметр витка 0,1 м. Какую работу надо совершить для поворота витка на угол $\pi/2$ относительно оси, совпадающей с диаметром?
12. Спиральная пружина под действием подвешенного к ней груза растянулась на 6,5 см. Если груз оттянуть вниз и отпустить, то он начнет колебаться вдоль вертикальной оси. Определить период и частоту колебаний.
13. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 4 мкФ и катушки с индуктивностью $0,3 \text{ Гн}$ и сопротивлением 8 Ом. Какая часть колебательной энергии преобразуется в этом контуре в тепло за один период? Через сколько времени колебательная энергия в контуре уменьшится в 3 раза? Постройте график убывания колебательной энергии в контуре в пределах удвоенного времени релаксации.
14. Частица участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, совершающихся по взаимно перпендикулярным направлениям. Заданы частоты колебаний $v_1 = 20 \text{ Гц}$, $v_2 = 20 \text{ Гц}$, их амплитуды $A_1 = 10 \text{ см}$, $A_2 = 20 \text{ см}$ и начальные фазы $\pi/2 \text{ рад}$ и $\pi/4 \text{ рад}$. Напишите уравнения исходных колебаний. Найдите уравнение траектории результирующего движения в координатах ХОУ и постройте ее график. Укажите на графике положение частицы в начальный момент времени и направление движения по траектории.

ВАРИАНТ 22

1. Тело начинает двигаться вдоль прямой без начальной скорости с постоянным ускорением. Через 30 минут ускорение тела меняется по направлению на противоположное, оставаясь таким же по величине. Через какое время от начала движения тело вернется в исходную точку?
2. На горе с уклоном 30° бросают мяч с начальной скоростью $9,8 \text{ м/с}$, перпендикулярно склону горы. Найти время полета мяча до удара о гору. На каком расстоянии от точки бросания упадет мяч?
3. Чтобы удержать тележку на наклонной плоскости с углом наклона γ надо приложить силу F_1 , направленную вверх вдоль наклонной плоскости, а чтобы равномерно втаскивать тележку вверх, надо приложить силу F_2 . Найти коэффициент трения тележки о плоскость.
4. Конькобежец, разогнавшись до скорости 10 м/с , проходит горизонтальный ледяной участок длиной 50 м и выезжает на ледяную горку, угол наклона которой к горизонту 30° . Коэффициент трения о лед $0,06$. Какое расстояние по горке конькобежец прошел до остановки?
5. Четыре одинаковых точечных заряда расположены в вершинах квадрата со стороной 1 см . Найти силу, действующую на один из зарядов со стороны остальных трех, если потенциал в центре квадрата равен 10 В . Определить потенциальную энергию системы четырех зарядов.
6. Параллельно с большой плоскостью заряженной с поверхностной плотностью заряда 4 мККл/м^2 расположена длинная нить, заряженная с линейной плотностью 100 нКл/м . Определить силу, действующую на отрезок нити длиной 1 м .
7. Как изменится сопротивление медной проволоки длиной ℓ , если ее растянуть на $0,1\%$?
8. По проводнику, изогнутому в виде окружности, течет ток. Индукция магнитного поля в центре окружности 1 мКТл . Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму квадрата. Найти индукцию магнитного поля в центре квадрата.
9. Заряженная частица с энергией 1 кэВ движется в магнитном поле по окружности радиуса 1 мм . Найти силу, действующую на частицу со стороны поля.
10. Определить индуктивность соленоида, в котором при протекании тока силой 5 А создается магнитное поле с магнитной индукцией $0,1 \text{ Тл}$. Длина соленоида 60 см , его диаметр 2 см . Во сколько раз изменится диаметр провода, из которого намотан соленоид, если при той же его длине магнитная индукция поля увеличится в 2 раза. Сила тока, протекающего по обмотке, не изменилась.
11. Рамка площадью 5 см^2 состоит из 10 плотно прижатых витков и имеет сопротивление 1 Ом . Рамка помещена в магнитное поле, так, что ее плоскость образует угол 30° с направлением вектора магнитной индукции поля, величина которой равна $0,1 \text{ Тл}$, постепенно уменьшается. Каким будет среднее значение силы тока в рамке, если поле исчезнет в течение 10 мс ?

12. Груз массой 0,2 кг подвешенный на пружине с жесткостью 20 Н/м, лежит на подставке так, что пружина не деформирована. Подставку убирают, и груз начинает совершать колебания. Определить максимальную скорость колебаний груза.
13. Дифференциальное уравнение затухающих колебаний в LCR-контуре имеет вид:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + 4 \cdot 10^4 \frac{dq}{dt} + 10^{10} q = 0, \quad \frac{Kl}{c^2}.$$

- Определить индуктивность и сопротивление включенных в контур катушки индуктивности и резистора, собственную частоту колебаний в контуре, частоту и период затухающих колебаний, время релаксации, добротность контура, если емкость конденсатора равна 100 нФ.
14. Частица участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, происходящих вдоль одного направления. Частота 4 Гц одинакова для обоих колебаний, начальные фазы имеют значения $\pi/12$ рад и $7\pi/12$ рад, а амплитуды соответственно равны 5 см и 5 см. Запишите уравнения исходных колебаний. Найдите амплитуду и начальную фазу результирующего колебания. Запишите уравнение для скорости результирующего колебания, если масса частицы 25 г.

ВАРИАНТ 23

1. Даны параметрические уравнения движения материальной точки:

$$x = 3R \sin(\omega t); \\ y = R \cos(\omega t).$$

- Определить траекторию движения точки и ее ускорение, если $R = 10$ м, $\omega = \pi$ рад/с.
2. Конькобежец проходит путь 450 м с постоянной скоростью V_0 , а затем тормозит до остановки с ускорением, модуль которого равен $0,5 \text{ м/с}^2$. При некотором значении скорости V_0 общее время движения конькобежца оказывается минимальным. Чему равна эта скорость?
3. Вертикально расположенная пружина соединяет два груза. Масса верхнего груза 2 кг, а нижнего 3 кг. Когда система подвешена на верхний груз, длина пружины равна 10 см. Если же систему поставить на подставку, длина пружины оказывается равной 4 см. Определите длину ненапряженной пружины.
4. Пуля движется со скоростью 400 м/с, врезается в доску, углубляется в нее на расстояние 4 см. Средняя сила сопротивления доски 40 кН. Определить массу пули. Какой скоростью должна обладать пуля, чтобы при той же силе сопротивления пробить доску толщиной 10 см?
5. Два одинаковых по величине маленьких заряженных шарика притягиваются друг к другу. После того, как шарики привели в соприкосновение и раздвинули на расстояние в 2 раза большее, чем прежде, сила взаимодействия

ствия между ними уменьшилась в 12 раз. Каков был заряд первого шарика до соприкосновения, если заряд второго шарика равен 1 Кл ?

6. Проводящий шар радиусом 1 м равномерно заряжен по поверхности зарядом 1 нКл . Каково минимальное расстояние между двумя точками такими, что разница потенциалов между ними равна -1 В . (Пояснение: рассмотрите случай, когда одна из точек находится на шаре).
7. Два куска железной проволоки имеют равные массы и длины соответственно ℓ_1 и $\ell_2 = 2\ell_1$. Найти отношение их сопротивлений.
8. По проводнику, изогнутому в виде окружности, течет ток. Индукция магнитного поля в центре окружности 1 мкТл . Не изменяя силы тока в проводнике, ему придали форму шестиугольника. Найти индукцию магнитного поля в центре шестиугольника.
9. Заряженная частица прошла ускоряющую разность потенциалов 100 В и, влетев в однородное магнитное поле с магнитной индукцией $0,1 \text{ Тл}$, стала двигаться по винтовой линии с шагом $6,5 \text{ см}$ и радиусом 1 см . Определить удельный заряд частицы.
10. Два плоских конденсатора одинаковой емкости соединили последовательно и подключили к источнику ЭДС. Во сколько раз изменится разность потенциалов на пластинах первого конденсатора, если пространство между его пластинами заполнить диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 7$, а пространство между пластинами второго конденсатора заполнить диэлектриком с $\epsilon = 2$, не отключая источника ЭДС.
11. Квадратная рамка со стороной 2 см вращается с угловой скоростью 5 рад/с в магнитном поле с индукцией $0,2 \text{ Тл}$ вокруг оси, проходящей через одну из ее сторон. Ось вращения перпендикулярна силовым линиям магнитного поля. Определить максимальное значение ЭДС индукции и магнитный момент рамки в этот момент времени, если ее сопротивление 10 Ом .
12. Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора и катушки индуктивности. Максимальный ток в контуре $1,2 \text{ А}$, а максимальное напряжение на обкладках конденсатора 1200 В . Колебания в контуре происходят с частотой 100 Гц . Вычислить емкость конденсатора, индуктивность катушки и полную колебательную энергию контура.
13. В колебательном контуре за время релаксации совершается $12,5$ колебаний. Определить коэффициент затухания, если колебания происходят с частотой 10 Гц .
14. Частица участвует одновременно в двух взаимно перпендикулярных колебаниях, описываемых уравнениями:
$$x = 2 \cdot \cos(\omega \cdot t), \text{ см};$$

$$y = 3 \cdot \sin(2\omega \cdot t), \text{ см}.$$

Запишите уравнение и постройте график траектории частицы, укажите направление движения частицы по ней.

ВАРИАНТ 24

- Первый вагон тронувшегося с места поезда прошел мимо неподвижного наблюдателя, стоящего у начала этого вагона, за время t_1 , последний за время t_2 . Считая движение поезда равнускоренным, поезд длинным, а вагоны одинаковыми, найдите время движения мимо наблюдателя всего поезда.
- Маховик радиуса 1 м вращается по закону $\varphi = 1 + 2t^2$, rad. Определить скорость точки обода маховика в момент времени, когда касательное ускорение точки равно ее нормальному ускорению.
- Во сколько раз плотность земного вещества отличается от средней плотности лунного вещества? Считать радиус Земли в 39 раз больше радиуса Луны, а вес тела на Луне в 6 раз меньше веса того же тела на Земле.
- Частица с кинетической энергией W_0 упруго сталкивается с такой же неподвижной частицей и отскакивает от нее под углом 60° . Определите кинетические энергии частиц после соударения.
- Три одинаковых заряда величиной $q = 0,1 \text{ мкКл}$ расположены в вершинах правильного треугольника со стороной 1 см. Какой отрицательный заряд нужно поместить в центр треугольника, чтобы результирующая сила, действующая на каждый заряд, была бы равна нулю. Определить потенциальную энергию системы четырех точечных зарядов.
- По тонкому кольцу равномерно распределен заряд 20 мкКл с линейной плотностью 6 мкКл/м. Определить напряженность и потенциал в точке, находящейся от центра кольца на расстоянии 0,5 м.
- Найти индукцию магнитного поля в центре атома водорода, считая, что электрон вращается по круговой орбите радиуса 52 пм со скоростью 2 Мм/с.
- Из куска проволоки сопротивлением 100 Ом сделано кольцо. В каких точках кольца следует присоединить подводящие ток провода, чтобы сопротивление между ними равнялось 9 Ом?
- Электрон влетает в электрическое поле со скоростью 2000 км/с и движется вдоль силовых линий поля, которое тормозит его движение. Напряженность поля 100 В/м. 1) Какой путь пролетит электрон до остановки? 2) Какую разность потенциалов в поле пройдет электрон до остановки?
- Найти число витков, приходящееся на единицу длины соленоида, если при силе тока 0,5 А энергия магнитного поля соленоида 10^{-3} Дж. Длина соленоида 0,4 м, площадь поперечного сечения 5 см².
- Рамка площадью 10 см², равномерно вращается с угловой скоростью 10 rad/c в магнитном поле, индукция которого 10^{-2} Тл. Ось вращения проходит через средину рамки, находится в плоскости рамки и перпендикулярна силовым линиям поля. Найти: а) зависимость магнитного потока, пронизывающего рамку от времени, б) максимальное значение магнитного потока.
- Заряд на обкладках конденсатора идеального колебательного контура изменяется с течением времени по закону $q = 5 \cos(10^4 t)$, мкКл. Определить амплитуду магнитной энергии контура, если индуктивность катушки равна 0,01 Гн.

13. Каким должен быть логарифмический декремент затухания маятника, чтобы амплитуда смещения уменьшилась в 8 раз за 200 колебаний?
14. С помощью векторной диаграммы сложить три сонаправленных колебания с равными частотами, соотношение между амплитудами которых имеет вид: $A_1 : A_2 : A_3 = 3 : 2 : 1$. Определить амплитуду результирующего колебания, если начальные фазы исходных колебаний равны нулю, а амплитуда первого колебания $A_1 = 1 \text{ см}$. Записать уравнение результирующего колебания и построить график зависимости от времени, если период колебаний равен 2 с.

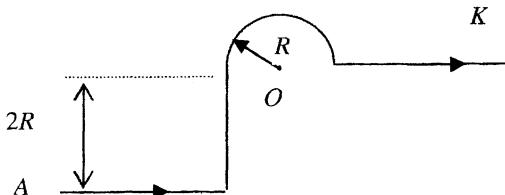
ВАРИАНТ 25

1. Зависимость координаты материальной точки от времени выражается уравнением: $x = 1,5t^2 - 0,25t^3, \text{ м}$.
Определить: 1) зависимость скорости и ускорения от времени; 2) скорость и ускорение в момент времени $t_1 = 1 \text{ с}$; 3) максимальную скорость точки; 4) перемещение через 3 с от начала движения.
2. При вращении тела по окружности в некоторый момент времени угол между полным ускорением и линейной скоростью равен 30° . Найти отношение тангенциального ускорения к нормальному.
3. Проекция силы \vec{F} на ось OZ равна 60 Н, а с осями OX и OY эта сила составляет углы соответственно 45° и 60° . Определить модуль силы.
4. Шарик массой 10 г падает с высоты 5 м на горизонтальную плоскость. Найти среднюю силу удара в следующих случаях: 1) шарик прилипает к плоскости; 2) шарик стальной, после удара отскакивает на ту же высоту; 3) шарик отскакивает после удара на высоту 1,8 м. Длительность удара во всех случаях равна 0,03 с.
5. Два неподвижных положительных заряда величиной $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ расположены и закреплены на расстоянии 0,2 м друг от друга. Вдоль перпендикуляра, проходящего через середину отрезка, соединяющего эти заряды, движется электрон. В какой точке этого перпендикуляра сила взаимодействия электрона и системы неподвижных зарядов максимальна?
6. Три длинных заряженных нити расположены параллельно друг другу в углах равностороннего треугольника со стороной $a = 0,1 \text{ м}$. Линейные плотности зарядов нитей равны 10 мкКл/м . Определить напряженность электрического поля нитей в точке, лежащей на середине одной из сторон треугольника.
7. Три одинаковых резистора, включенных последовательно, имеют полное сопротивление 9 Ом. Чему будет равно полное сопротивление, если эти же резисторы включить параллельно?

8. По длинному проводнику, изогнутому так, как показано на рисунке 19 течет ток силой 1 A. Найти индукцию магнитного поля в точке O , если радиус закругления равен 1 см, а концы провода A и K уходят на бесконечность.
9. Поток электронов, получивший свою скорость под действием напряжения 5000 В, влетает в середину между пластинами плоского конденсатора параллельно им. Какое самое меньшее напряжение нужно приложить к конденсатору, чтобы электроны не вылетели из него? Длина пластин конденсатора 10 см, расстояние между пластинами 2 см.
10. Сила тока в соленоиде, состоящем из 1000 витков, равна 1 A, магнитный поток, пронизывающий каждый виток, равен 0,1 мВб. Вычислить энергию магнитного поля соленоида.
11. Проволочный виток радиусом 1 см, имеющий сопротивление 0,1 Ом, находится в магнитном поле с индукцией 0,1 Тл. Плоскость витка составляет угол 30° с линиями индукции. Какой заряд протечет по витку, если магнитное поле исчезнет?
12. Амплитуда напряжения на обкладках конденсатора колебательного контура равна 5 В. Емкость конденсатора $0,2 \text{ мкФ}$, индуктивность катушки $0,2 \text{ Гн}$. Определить силу тока, ЭДС индукции, развивающуюся в контуре, когда заряд на обкладках конденсатора равен половине максимального заряда.
13. Дифференциальное уравнение колебаний пружинного маятника имеет вид:
- $$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{dx}{dt} + 25x = 0, \quad \frac{m}{c^2}.$$
- Определить добротность колебательной системы.
14. Сложить с помощью векторной диаграммы четыре колебаний, направленных вдоль одной прямой. Амплитуды колебаний соответственно равны 2 см, 2 см, 4 см, 4 см, а начальные фазы $30^\circ, 60^\circ, 120^\circ, 150^\circ$.

ВАРИАНТ 26

1. Человек бросает камень горизонтально с начальной скоростью 10 м/с с высоты 60 м. Пренебрегая сопротивлением воздуха, найдите, сколько времени пройдет, пока камень не ударится о землю. С какой скоростью он движется перед ударом?



2. Ступенчатый шкив с радиусами $r = 0,25 \text{ м}$ и $R = 0,5 \text{ м}$ приводится во вращение грузом, опускающимся с постоянным ускорением $2 \text{ см}/\text{с}^2$ (рисунок 20). Определить модуль и направление ускорения точки M в тот момент, когда груз пройдет путь 100 см . Точка начинает движение из положения, указанного на рисунке.

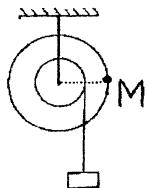


Рисунок 20

3. Материальная точка массой 2 кг движется под действием некоторой силы согласно уравнению $x = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$, где $C = 1 \text{ м}/\text{с}^2$, $D = -0,2 \text{ м}/\text{с}^3$. Определить значения силы в момент времени $t_1 = 2 \text{ с}$ и $t_2 = 5 \text{ с}$. В какой момент времени сила равна нулю?
4. Атом распадается на два осколка массами $1,6 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$ и $2,4 \cdot 10^{-25} \text{ кг}$. Определить кинетическую энергию второго осколка, если кинетическая энергия первого осколка равна 20 нДж .
5. Два одинаковых иона в вакууме на расстоянии 10 нм взаимодействуют с силой $9,2 \text{ нН}$. Сколько «лишних» электронов у каждого иона?
6. Какую работу нужно совершить для того, чтобы переместить заряд 10 нКл из точки К в точку В в поле двух точечных зарядов q_1 и q_2 (рисунок 21)? Величины зарядов равны $q_1 = 10 \text{ нКл}$ и $q_2 = 20 \text{ нКл}$, расстояния $a = 1 \text{ см}$, $l = 3 \text{ см}$.

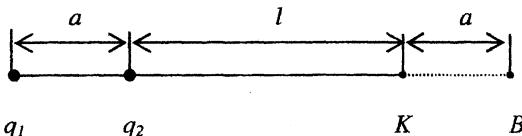


Рисунок 21

7. Какое напряжение надо подать на катушку диаметром 6 см , имеющую 1000 витков медного провода, если допустимая плотность тока $2 \text{ А}/\text{мм}^2$? Удельное сопротивление меди $1,7 \cdot 10^{-8} \text{ Ом} \cdot \text{м}$.
8. По длинному проводнику, изогнутому так, как показано на рисунке течет ток силой 1 А . Найти индукцию магнитного поля в точке О, если радиус закругления равен 1 см , а концы провода С и К уходят на бесконечность.
9. Электрон, летевший горизонтально со скоростью $1,6 \cdot 10^6 \text{ м}/\text{с}$, влетел в однородное электрическое поле напряженностью $9 \cdot 10^4 \text{ В}/\text{м}$, направленное

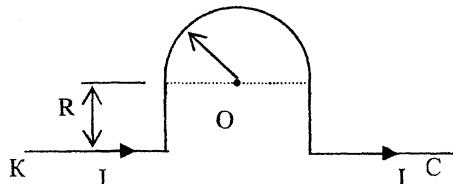


Рисунок 22

- вертикально вниз. Какова будет по величине и направлению скорость электрона через 10^{-10} с ? К решению сделать рисунок.
10. Соленоид длиной 10 см и площадью поперечного сечения 2 см² имеет обмотку из 500 витков проволоки. При какой силе тока объемная плотность энергии магнитного поля внутри соленоида будет равна 1 мДж/м³?
 11. В однородное магнитное поле помещена квадратная рамка, сторона которой равна 4 см. Плоскость рамки составляет с направлением поля угол 30°, напряженность магнитного поля 180 А/м. Определить магнитный поток, пронизывающий рамку.
 12. Идеальный колебательный контур состоит из конденсатора емкостью 2,5 мкФ и катушки индуктивности 0,1 Гн. Амплитуда колебаний напряжения на обкладках конденсатора 4 В. Определите амплитуду колебаний силы тока в контуре.
 13. Колебания пружинного маятника с грузом массой 0,15 кг описывается уравнением: $x = 2e^{-0.02t} \cdot \cos(\pi t + \pi/4)$ см. Определите добротность колебательной системы.
 14. Складываются два сонаправленных колебания с амплитудами $A_1 = A_2 = 1$ см. Амплитуда результирующего колебания равна 1 см. Записать уравнения исходных колебаний, если начальная фаза первого колебания $\alpha_1 = 0$, а периоды обоих колебаний одинаковы и равны 0,1 с.

ВАРИАНТ 27

1. С какой скоростью и в каком направлении должен лететь самолет, чтобы за 2 часа пролететь точно на север 300 км, если во время полета дует северо-западный ветер под углом 30° к меридиану со скоростью 27 км/час?
2. Диск начинает движение из состояния покоя и вращается равноускоренно. Каким будет угол между вектором скорости и вектором ускорения любой точки диска, когда он сделает один оборот?

3. Два одинаковых бруска, связанных ненесомой нерастяжимой нитью, движутся вдоль горизонтальной плоскости под действием неравных противоположно направленных постоянных горизонтальных сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2 . Пренебрегая трением, определить ускорение грузов, если массы обоих грузов одинаковы и равны m , и силу натяжение связывающей их нити.

4. Найти работу, которую надо совершить, чтобы увеличить скорость тела от 2 м/с до 6 м/с на пути 10 м. На всем пути действует постоянная сила трения, равная 0,2 Н. Масса тела равна 1 кг. Как изменится результат, если сила трения равна 0,4 Н?

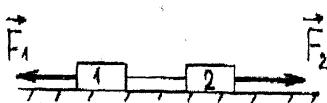


Рисунок 23

5. Во сколько раз сила электростатического взаимодействия двух протонов, находящихся на расстоянии $0,1 \text{ м}$ друг от друга, отличается от силы их гравитационного взаимодействия? Гравитационная постоянная $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}$.
6. Два одинаковых заряженных шарика, висящих на одинаковых нитях, опускают в жидкый диэлектрик ($\epsilon = 2$). Каково должно быть соотношение между плотностями диэлектрика ρ_d и материала шариков ρ_s , чтобы угол расхождения нитей в воздухе и в жидкости был одинаков?
7. Если вольтметр соединить последовательно с сопротивлением 10 кОм , то при напряжении 120 В вольтметр покажет только 50 В . Если его соединить последовательно с неизвестным сопротивлением R_x , то при том же напряжении он покажет 10 В . Определите сопротивление R_x .
8. Два одинаковых круговых контура расположены так, что их центры лежат на одной прямой, а плоскости контуров параллельны друг другу и находятся на расстоянии $b = 1 \text{ см}$. По контурам текут токи одного направления, сила тока $I_1 = 2I_2 = 1 \text{ А}$, радиусы контуров равны $R_1 = R_2 = 1 \text{ см}$. Определить магнитную индукцию магнитного поля в центре первого витка.
9. Разность потенциалов между катодом и анодом электронной лампы равна 90 В , расстояние 1 мм . 1) С каким ускорением движется электрон от катода к аноду? 2) Какую скорость приобретает электрон, подлетая к аноду? 3) За какое время электрон пролетит расстояние от катода к аноду?
10. Чему равен диаметр картонного цилиндра длиной 80 см , на который намотана проволока диаметром 1 мм , чтобы такая катушка имела индуктивность 5 мГн .
11. Рамка, площадь которой 20 см^2 , состоит из 10 витков, вращается в однородном магнитном поле с магнитной индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$. Ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна силовым линиям поля. Определить зависимость магнитного потока, пронизывающего рамку, от времени, если рамка делает 120 об/мин .
12. Частица колеблется по гармоническому закону. Амплитуда колебаний 1 см , начальная фаза равна $\pi/3 \text{ рад}$. Определить ускорение частицы в тот момент, когда ее скорость равна $0,15 \text{ м/с}$.
13. Колебательный контур состоит из катушки индуктивности $0,12 \text{ Гн}$, резистора сопротивления 8 Ом и конденсатора емкостью $0,4 \text{ мкФ}$. Начальный заряд (при $t = 0$) на обкладках конденсатора 400 нКл , а начальный ток равен нулю. Найти убыль энергии в контуре за период из-за затухания процесса.
14. Складываются три гармонических колебаний одного направления с одинаковыми периодами по 2 с каждый и одинаковыми амплитудами каждая по 3 см . Начальные фазы колебаний равны соответственно нулю, $\pi/3 \text{ рад}$ и $2\pi/3 \text{ рад}$. Запишите уравнение результирующего колебания.

ВАРИАНТ 28

- По пересекающему под углом 60° дорогам движется два автомобиля с постоянными скоростями 20 м/с и 25 м/с . Определить модуль и направление скорости одного автомобиля относительно другого. Определить через какое время после встречи расстояние между машинами будет равно 1000 м ?
- Точка движется по кривой с постоянным тангенциальным ускорением $0,5 \text{ м/с}^2$. Определить полное ускорение точки на участке кривой с радиусом кривизны 3 м , если точка движется на этом участке со скоростью 2 м/с . Изменяется ли угол между направлениями полного ускорения и линейной скорости на этом участке кривой?

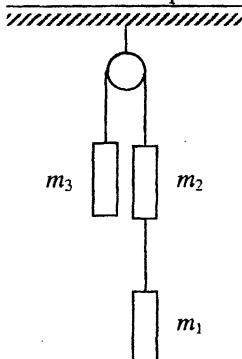


Рисунок 24

- Определить ускорения тел и силы натяжения нитей (рисунок 24). Нити невесомые и нерастяжимые, блок невесомый, $m_1 = 1 \text{ кг}$, $m_2 = 2 \text{ кг}$, $m_3 = 3 \text{ кг}$.
- Два тела соединены сжатой пружиной, стянутой нитью. Тела покоятся на гладкой горизонтальной поверхности. Нить пережигают, тела расталкиваются зажатой между ними пружиной и начинают двигаться поступательно со скоростями 4 м/с и 2 м/с . Какая энергия была запасена в пружине, если известно, что суммарная масса обоих тел 8 кг , пружина невесомая, трения нет?

- Два точечных заряда $0,6 \text{ мкКл}$ и $-0,3 \text{ мкКл}$ находятся в вакууме на расстоянии 10 см друг от друга. Определите положение точки, в которой напряженность поля, создаваемого этими зарядами, равна нулю. Определить потенциал этой точки и потенциальную энергию системы.
- Определить ускоряющую разность потенциалов, которую должен пройти в электрическом поле электрон, обладающий скоростью 1 Мм/с , чтобы скорость его возросла в 5 раз. Какое расстояние при этом пройдет электрон, если электрическое поле однородное, его напряженность 1 кВ/м ?
- Участок электрической цепи составлен из трех кусков провода одинаковой длины, изготовленных из одного и того же материала, соединенных последовательно. Сечения кусков провода соответственно равны 1 мм^2 , 2 мм^2 и 3 мм^2 . Разность потенциалов на концах участка 12 В . Найдите разность потенциалов на каждом участке провода.
- Бесконечный проводник в изоляции делает петлю радиуса 10 см . По проводнику, течет ток силой 1 А . Найти индукцию магнитного поля в центре петли. Рассмотреть два случая а) петля сделана с перехлестом проводов; б) петля без перехлеста.
- Электрон, обладающий энергией 10^{-17} Дж , влетает в плоский конденсатор параллельно его пластинам. Найти величину и направление скорости

электрона при вылете его из конденсатора. Длина пластин конденсатора 10 см, напряженность поля в конденсаторе $2 \cdot 10^2 \text{ В/м}$.

10. Из какого числа витков проволоки состоит однослойная обмотка катушки, индуктивность которой 1 мГн. Диаметр катушки 4 см, диаметр проволоки 0,6 мм, витки плотно прилегают друг к другу.
11. Катушка диаметром 10 см, имеющая 500 витков, находится в магнитном поле с магнитной индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$. Определить среднее значение ЭДС индукции в катушке, если магнитное поле увеличивается за 0,01 с вдвое.
12. Максимальная энергия магнитного поля в идеальном колебательном контуре равна 2,3 мДж при токе 0,8 А. Максимальная разность потенциалов на обкладках конденсатора 120 В. Определить частоту колебаний в контуре.
13. Уравнение затухающих колебаний пружинного маятника с грузом массой 0,1 кг имеет вид:

$$x = 5e^{-0,01t} \cdot \cos(2\pi \cdot t + \pi/6), \text{ см.}$$

Определить значение полной энергии маятника через 1/6 периода после начала колебаний.

14. Складываются четыре сонаправленных колебания:

$$x_1 = 2 \cdot \cos(\pi t), \text{ мм,}$$

$$x_2 = 2 \cdot \cos(\pi t + \pi/6), \text{ мм,}$$

$$x_3 = 2 \cdot \sin(\pi t), \text{ мм,}$$

$$x_4 = 2 \cdot \sin(\pi t - \pi/3), \text{ мм.}$$

Для сложения применить метод векторных диаграмм, записать уравнение результирующего колебания и построить график в зависимости от времени.

ВАРИАНТ 29

1. С аэростата, находящегося на высоте 300 м, упал камень. Через сколько времени камень упадет на землю, если 1) аэростат поднимается со скоростью 5 м/с, 2) аэростат опускается со скоростью 5 м/с, 3) аэростат неподвижен.
2. Маховое колесо, вращаясь, делает 240 об/мин и останавливается через 30 с. Сколько оборотов оно делает до полной остановки.
3. Автобус проходит расстояние 12 км за 20 минут, затрачивая на все остановки 5 минут. Найти скорость автобуса между остановками и его среднюю скорость на всем пути.
4. Тело массой 1 кг с начальной скоростью 14 м/с падает с высоты 240 м и углубляется в песок на глубину 0,2 м. Найти среднюю силу сопротивления почвы. Задачу решить с помощью закона сохранения энергии. На сколько углубится то же тело в песок, если высоту увеличить до 300 м?
5. В вершинах квадрата со стороной $a = 0,1 \text{ м}$ помещены одинаковые точечные заряды величиной $q = 10 \text{ нКл}$. Определить напряженность и потенциал электрического поля в точке нахождения 1-го заряда. Определить энергию системы зарядов.
6. Позитрон (антиэлектрон) начинает двигаться из состояния покоя в однородном электрическом поле напряженностью 1 кВ/м. Найти разность по-

- тенциалов двух точек: начальной и той, в которой позитрон окажется через время 1 нс .
7. Амперметр сопротивлением 2 Ом , подключенный к источнику тока, показывает ток 5 А . Вольтметр сопротивлением 150 Ом , подключенный к такому же источнику тока, показывает напряжение 12 В . Определите величину тока короткого замыкания.
 8. По длинному проводнику, изогнутому под углом 60° протекает ток силой в 1 А . Найти индукцию магнитного поля в точке, лежащей на биссектрисе угла на расстоянии 10 см от вершины угла.
 9. Под действием силы однородного электрического поля напряженностью $4,5 \text{ В/м}$ электрон приобрел скорость $V = 10^6 \text{ м/с}$. Найти: 1) разность потенциалов, которую прошел электрон; 2) ускорение, полученное электроном; 3) путь, пройденный электроном в поле.
 10. По катушке индуктивности протекает ток силой 1 А , при этом энергия магнитного поля равна 10^{-4} Дж . Определить объем соленоида, если число витков на единицу его длины равно 10^4 м^{-1} .
 11. В однородном магнитном поле, индукция которого $B = 0,1 \text{ Тл}$, равномерно движется проводник длиной $0,1 \text{ м}$, перемещаясь за 10 с на 100 м перпендикулярно силовым линиям поля. Определить разность потенциалов, возникающую на концах стержня.
 12. Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой 10 см и периодом 2 с . В начальный момент времени смещение точки от положения равновесия равно половине амплитуды. Определить фазу для момента времени, когда ускорение точки равно $0,6 \text{ м/с}^2$. Определить этот момент времени.
 13. Дифференциальное уравнение колебаний в контуре имеет вид:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + 4 \cdot 10^4 \frac{dq}{dt} + 10^{10} q = 0, \quad \frac{Kl}{c^2}.$$

- В начальный момент времени заряд на обкладках конденсатора был равен 25 нКл , а ток в конденсаторе – нулю. Запишите уравнение колебаний заряда на обкладках конденсатора, постройте графики этой величины в зависимости от времени.
14. Частица участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, происходящих во взаимно перпендикулярных направлениях и описываемых уравнениями

$$x = 4 \cdot \cos(\pi t), \text{ см},$$

$$y = 8 \cdot \cos(\pi t + \pi/2), \text{ см}.$$

Запишите уравнение траектории движения частицы, постройте график, укажите направление движения частицы по траектории.

ВАРИАНТ 30

1. Имеются две наклонные плоскости, длины которых могут быть представлены как хорды одной и той же окружности R (рисунок 25). По каждой из них соскальзывают без трения и без начальной скорости одинаковые небольшие тела. Для какой из плоскостей время соскальзывания больше? Длины хорд относятся как $L_1 : L_2 = 2 : 1$.
2. Точка начала двигаться равноускоренно по окружности радиуса 1 м и прошла путь 50 м за 10 с. С каким центростремительным ускорением двигалась точка спустя 5 с после начала движения?
3. Деревянный брускок лежит на наклонной плоскости, масса бруска 2 кг. Длина наклонной плоскости равна 1 м, высота 60 см, коэффициент трения бруска о плоскость 0,4. С какой силой нужно прижать брускок к наклонной плоскости, чтобы он остался в равновесии?
4. Скорость налетающей частицы равна V_0 . После упругого столкновения с покоящейся частицей массой m налетающая частица полетела под прямым углом к первоначальному направлению движения, а частица массой m – под углом α к этому направлению. Определите массу m_0 налетающей частицы. Рассчитайте, на какой предельный угол может отклониться частица массой m .
5. В вершинах равностороннего треугольника находятся одинаковые точечные заряды $q; 2q; 3q$; (где величина $q = 1 \text{ нКл}$), сторона треугольника $a = 0,1 \text{ м}$. Определить напряженность электрического поля в точке нахождения заряда $3q$. Определить энергию системы зарядов.
6. Электрон, прошедший ускоряющую разность потенциалов 100 В, движется по направлению к заряженной сфере радиуса 0,1 м и имеющей отрицательный заряд, величина которого равна 10 нКл. Найти минимальное расстояние от сферы, на которое приблизится электрон.
7. Источник с ЭДС, равной 2 В, имеет внутреннее сопротивление 0,5 Ом. Определить падение напряжения внутри источника при токе в цепи 0,25 А. Найти внешнее сопротивление цепи при этих условиях.
8. По двум концентрическим круговым контурам, радиусы которых отличаются в 2 раза, текут одинаковые токи в одном направлении. Величина вектора магнитной индукции в центре витков равна 0,1 Тл. Определить величину вектора магнитной индукции в центре витков, если те же токи будут протекать по виткам в разных направлениях.
9. Поток электронов, получивший свою скорость под действием напряжения 4000 В, влетает в середину между пластинами плоского конденсатора параллельно им. Длина пластин конденсатора 10 см, расстояние между пластинами 2 см. 1) Какое самое меньшее напряжение нужно приложить к конденсатору, чтобы электроны не вылетели из него? 2) Какую ско-

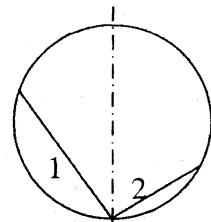


Рисунок 25

- рость (по величине и направлений) будут иметь электроны в момент удара о пластину конденсатора?
10. На круглом деревянном цилиндре длиной 60 см имеется обмотка из медной проволоки, масса которой 0,05 кг. (Длина цилиндра много больше его диаметра). Сопротивление обмотки 30 Ом. Определить величину индуктивности полученной катушки.
 11. Круговой проволочный виток площадью 100 см² находится в однородном магнитном поле $B = 0,1$ Тл. Плоскость витка перпендикулярна направлению магнитного поля. Какой заряд, протечет через виток, если его повернуть на 60°? Сопротивление витка равно 1 Ом. Рассмотреть два случая поворота: по часовой стрелке и против часовой стрелки.
 12. Уравнение изменения кинетической энергии пружинного маятника массой 0,1 кг имеет вид:

$$W = 100 \cdot (1 + \cos(2\pi \cdot t + \pi/3)), \text{ мДж.}$$

Записать уравнение смещения маятника от положения равновесия.

13. Груз массой 0,1 кг, подвешенный на пружине с коэффициентом жесткости 120 Н/м, совершает колебания в среде. Коэффициент трения при движении груза равен 0,1 кг/с. Определить число полных колебаний маятника за время, в течение которого его энергия уменьшится в 8 раз.
14. Частица участвует одновременно в двух гармонических колебаниях, происходящих во взаимно перпендикулярных направлениях и описываемых уравнениями

$$x = 4 \cdot \cos(\pi \cdot t), \text{ см,}$$

$$y = 4 \cdot \cos(\pi \cdot t/2 + \pi/2), \text{ см.}$$

Запишите уравнение траектории движения частицы, постройте график, укажите направление движения частицы по траектории.

ГЛАВА 2

ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ № 2

ВАРИАНТ 1

- Скорость распространения упругой волны в среде 300 м/с . Найти разность фаз колебаний точек M и P , отстоящих от источника колебаний на расстоянии 60 м и 45 м . Фаза колебаний точки M в момент времени $0,3 \text{ с}$ после начала колебаний равна π . Начальная фаза колебаний источника равна нулю.
- Определите перемещение зеркала в интерферометре Майкельсона, если интерференционная картина сместилась на $\Delta m = 100$ полос. Опыт проводился со светом с длиной волны $\lambda = 546 \text{ нм}$.
- Расстояние между четвертым и девятым темными кольцами Ньютона в отраженном свете равно 3 мм . Радиус кривизны линзы 25 мм . Найти радиусы колец.
- Точечный источник монохроматического света с длиной волны $0,55 \text{ мкм}$ помещен на расстоянии 5 м от круглой диафрагмы. По другую сторону от диафрагмы на расстоянии 1 м от нее находится экран. Определите радиус диафрагмы, если освещенность центра экрана наименьшая.
- Монохроматический свет с длиной волны 500 нм падает нормально на дифракционную решетку. Определить период решетки, если угол между направлениями на максимумы первого и второго порядка равен 10° .
- При прохождении света через трубу длиной $\ell_1 = 20 \text{ см}$, содержащую десяти процентный раствор сахара, плоскость поляризации света повернулась на угол $\phi_1 = 13,3^\circ$. В другом растворе сахара, налитом в трубку длиной $\ell_2 = 15 \text{ см}$, плоскость поляризации повернулась на угол $\phi_2 = 5,2^\circ$. Определить концентрацию С второго раствора.
- Оценить температуру поверхности Солнца, если известно, что расстояние от Земли до Солнца 150 Мкм , радиус Солнца $0,69 \text{ Мкм}$ и солнечная постоянная $1,35 \text{ Вт/м}^2$.
- Уединенный железный шарик облучается монохроматическим светом с длиной волны 200 нм . До какого максимального потенциала зарядится шарик, теряя фотоэлектроны? Работа выхода для железа $4,36 \text{ эВ}$.
- Электрон прошел ускоряющую разность потенциалов 10 кВ . Найдите длину волны де Бройля этого электрона. Какую энергию нужно дополнительно сообщить этому электрону, чтобы его длина волны де Бройля уменьшилась в 5 раз?
- В спектроскопии принято характеризовать спектральные линии волновым числом, обратным длине волны. Зная, что для головной линии видимого спектра излучения атома водорода волновое число равно $1,5241 \text{ 1/мкм}$, определите длину волны и постоянную Ридберга (в системе СИ).

- Тонкая пластина из германия шириной 2 мм помещена перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля $B = 0,4 \text{ Тл}$. При плотности тока 3 мкА/мм^2 , направленного вдоль пластины, холловская разность потенциалов равна $0,4 \text{ В}$. Определить 1) концентрацию носителей заряда; 2) удельную электропроводность полупроводника, если напряженность электрического поля 100 В/м .
- Какая часть начального количества атомов распадется за один год в радиоактивном изотопе тория Th^{228} ?

ВАРИАНТ 2

- Определить смещение точки М через 0,3 с после начала колебаний. Расстояние точки до источника колебаний 80 м , скорость волны 320 м/с , амплитуда волны $\xi_m = 2,5 \text{ мм}$. Период колебаний источника 0,2 с, смещение источника колебаний в начальный момент времени равно половине амплитуды. Колебания источника происходят по закону косинуса.
- Определение длины ℓ можно проводить с помощью интерферометра Майкельсона. При перемещении подвижного зеркала на длину ℓ интерференционная картина переместилась на $\Delta m = 69$ полос. Длина волны $\lambda = 500 \text{ нм}$. Определить длину ℓ .
- Какой должна быть минимальная толщина слоя воды между двумя плоскими стеклянными пластинами, чтобы стекло при нормальном падении света с длиной волны 640 нм казалось 1) темным? 2) светлым? Показатель преломления воды 1,33.
- Плоская световая волна $\lambda = 640 \text{ нм}$ падает нормально на круглое отверстие радиуса 16,2 мм . На каком минимальном расстоянии нужно поместить экран, чтобы центр дифракционной картины имел наибольшую освещенность?
- Какое наименьшее число штрихов N_{min} должна содержать дифракционная решетка, чтобы в спектре второго порядка можно было видеть раздельно две желтые линии натрия с длинами волн $\lambda_1 = 589,0 \text{ нм}$ и $\lambda_2 = 589,6 \text{ нм}$? Какова длина ℓ такой решетки, если постоянная решетки $d = 5 \text{ мкм}$?
- Угол преломления луча в жидкости $\beta = 35^\circ$. Определить показатель n преломления жидкости, если известно, что отраженный луч максимально поляризован.
- В спектре излучения огненного шара радиусом 100 м , возникающего при ядерном взрыве, максимум энергии излучения приходится на длину волны 289 нм . Определите 1) температуру поверхности шара; 2) энергию, излучаемую поверхностью шара за время 1 с; 3) максимальное расстояние, на котором будут воспламеняться деревянные предметы, если их поглощающая способность равна 0,7. Теплота воспламенения сухого дерева 50 кДж/м^2 .
- Плоскую цинковую пластинку освещают излучением со сплошным спектром, коротковолновой границе которой соответствует длина волны

- 0,3 мкм. Вычислить, на какое максимальное расстояние от поверхности пластиинки может удалиться фотоэлектрон, если вне пластиинки имеется задерживающее однородное электрическое поле 10 В/см.
9. Протон обладает кинетической энергией 25 эВ. Вычислите его длину волны де Броиля. Как нужно изменить кинетическую энергию протона, чтобы его длина волны де Броиля стала равной комптоновской длине волны электрона?
 10. Квант света, порожденный однократно ионизированным атомом гелия, выбивает электрон из атома водорода, находящегося в основном состоянии. Найдите скорость электрона, вырванного из атома водорода, если ион гелия до излучения кванта находился в первом возбужденном состоянии.
 11. Образец кремния находится при температуре 300 К. Определите концентрацию свободных электронов и дырок. Найдите величину плотности тока через образец при напряженности электрического поля 100 кВ/м. Подвижности носителей зарядов: электронов $\mu_e = 0,13 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, дырок $\mu_p = 0,05 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Ширина запрещенной зоны 1,1 эВ.
 12. За один год начальное количество радиоактивного изотопа уменьшилось в три раза. Во сколько раз оно уменьшится за два года?

ВАРИАНТ 3

1. Определить скорость распространения волн в упругой среде, если разность фаз колебаний двух точек M и P , отстоящих от источника на расстояниях $y(M) = 20 \text{ м}$, а $y(P) = 10 \text{ м}$, равна $\pi/2$ радиан. Фаза колебаний точки M в момент времени $t_1 = 0,1 \text{ с}$ равна π радиан. Начальная фаза колебаний источника равна нулю (колебания источника происходят по закону синуса).
2. В опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей помешалась тонкая стеклянная пластиинка, вследствие чего центральная светлая полоса сместилась в положение, первоначально занятое пятой светлой полосой (не считая центральной). Луч падает на пластиинку перпендикулярно. Показатель преломления пластиинки 1,5. Длина волны равна $6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$. Определить толщину пластиинки.
3. Диаметры светлых колец Ньютона равны соответственно 4 мм и 4,8 мм. Порядковые номера колец не определялись, но известно, что между ними расположено еще три светлых кольца. Наблюдение ведется в отраженном свете, длина волны падающего света 500 нм. Найти радиус кривизны линзы.
4. Точечный источник монохроматического света с длиной волны 600 нм помещен на расстоянии 3 м от круглой диафрагмы. По другую сторону от диафрагмы на расстоянии 1 м от нее находится экран. Определите радиус диафрагмы, если освещенность центра экрана наибольшая.

- На щель шириной 0,1 мм нормально падает параллельный пучок света от монохроматического источника с длиной волны 0,6 $\mu\text{мкм}$. Определите ширину центрального максимума в дифракционной картине, проектируемой при помощи линзы, находящейся непосредственно за щелью и отстоящей от экрана наблюдений на фокусном расстоянии $F = 1 \text{ м}$.
- Пучок естественного света, идущий в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. При каком угле падения отраженный свет полностью поляризован? Показатели преломления алмаза $n = 2,56$, воды 1,33.
- Исследование спектра излучения Солнца показывает, что максимум испускательной способности приходится на длину волны 0,48 $\mu\text{мкм}$. Расстояние между Землей и Солнцем 150 Мкм , радиус Солнца 0,69 Мкм . Определите 1) мощность суммарного излучения Солнца; 2) энергию, поступающую на 1 м^2 поверхности Земли.
- Красная граница фотоэффекта рубидия равна 0,81 $\mu\text{мкм}$. Определить скорость фотоэлектронов при облучении рубидия монохроматическим светом с длиной волны 0,4 $\mu\text{мкм}$. Какую задерживающую разность потенциалов надо приложить к фотоэлементу, чтобы прекратить фототок? На сколько нужно изменить задерживающую разность потенциалов при увеличении длины волны падающего света на 200 нм ?
- При выходе из реактора нейтрон имеет кинетическую энергию 50 эВ . Найдите его длину волны де Броиля. Какой должна быть кинетическая энергия нейтрона, чтобы его длина волны де Броиля оказалась равной его же комптоновской длине волны?
- Определите, при каком переходе возбужденный ион гелия излучает фотон, длина волны которого равна длине волны головной линии серии Лаймана водородного спектра.
- Из кремния с собственной проводимостью изготовлен цилиндрический образец диаметром 3 мм и длиной 15 мм . Найдите силу тока в образце при температуре 25°C и напряженности электрического поля 3,5 kB/m . Подвижности носителей зарядов: электронов $\mu_n = 0,13 \text{ м}^2/(\text{B}\cdot\text{c})$, дырок $\mu_p = 0,05 \text{ м}^2/(\text{B}\cdot\text{c})$. Ширина запрещенной зоны кремния 1,1 эВ .
- За какое время распадется 0,25 начального количества ядер радиоактивного изотопа, если период его полураспада равен 24 час?

ВАРИАНТ 4

- Колебания в источнике задаются уравнением $\xi = \xi_0 \cdot \cos(\omega \cdot t)$. Смещение от положения равновесия точки M , отстоящей от источника колебаний на расстоянии 4 м в момент времени $t_1 = T/3$ (где T – период колебаний источника) равно половине амплитуды. Найти длину волны λ и амплитуду скорости колебаний точек среды. Скорость волны 300 $\text{м}/\text{с}$, амплитуда смещения $\xi_0 = 5 \text{ мм}$.
- В опыте Юнга расстояние между щелями 0,1 мм , расстояние от щелей до экрана 1,2 м . От удаленного источника на щель падает свет с длиной вол-

- ны 500 нм. На каком примерно расстоянии друг от друга расположены светлые полосы на экране?
3. Две плоскопараллельные стеклянные пластинки с показателем преломления 1,5 расположены под малым углом друг к другу. Верхняя пластина в направлении нормали к ее поверхности освещается монохроматическим светом. Как изменится ширина интерференционных полос в отраженном свете, если зазор между пластинками заполнить водой? Показатель преломления воды 1,33.
 4. Плоская световая волна падает нормально на круглое отверстие радиуса 1,2 мм. На каком расстоянии нужно поместить экран, чтобы центр дифракционной картины имел наибольшую освещенность? Длина волны света 640 нм.
 5. На пластинку с узкой щелью падает нормально монохроматический свет. Угол отклонения лучей, соответствующих второй светлой полосе равен 1° . Центральную полосу считать нулевой. Скольким длиnam волн падающего света равна ширина щели?
 6. Пластинку кварца толщиной $d = 2$ мм поместили между параллельными николями, в результате чего плоскость поляризации монохроматического света повернулась на угол $\phi = 53^\circ$. Какой наименьшей толщины d_{\min} следует взять пластинку, чтобы поле зрения поляриметра стало совершенно темным?
 7. Медный шарик диаметром 1,2 см поместили в откачанный сосуд, температура стенок которого поддерживается близкой к абсолютному нулю. Начальная температура шарика 300 К. Считая поверхность шарика абсолютно черной, найти, через сколько времени его температура уменьшилась в два раза.
 8. Фотон с энергией 1 МэВ рассеялся на практически свободном покоящемся электроне. Найти кинетическую энергию электрона отдачи, если в результате рассеяния длина волны фотона изменилась на 25%.
 9. Альфа-частица, обладающая кинетической энергией 2 кэВ, влетает в продольное ускоряющее однородное электрическое поле, напряженность которого равна 20 кВ/см. Какое расстояние она должна пролететь в этом поле, чтобы ее длина волны де Броиля уменьшилась в 9 раз?
 10. Найдите потенциал ионизации и первый потенциал возбуждения двухкратно ионизированного атома лития.
 11. Германий с собственной проводимостью находится при температуре -60°C . Определите плотность состояний в зоне проводимости и плотность дрейфового тока, созданного электронами при напряженности поля 200 В/м. Подвижности носителей зарядов: электронов $\mu_e = 0,39 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, дырок $\mu_p = 0,19 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Ширина запрещенной зоны германия равна 0,72 эВ.
 12. За 8 суток распалось 0,75 начального количества ядер радиоактивного изотопа. Определить период полураспада.

ВАРИАНТ 5

1. Разность фаз колебаний двух точек M и P равна 60° . Длина волны соответствующих колебаний равна 15 м. Найти наименьшее расстояние, на котором находятся эти точки. Как изменится это расстояние, если разность фаз и длину волны увеличить в 2 раза?
2. Расстояние от щелей в опыте Юнга до экрана наблюдения 1 м. Определите расстояние между щелями, если на экране укладывается 10 темных интерференционных полос на 1 см. Длина волны 700 нм. На сколько изменится число темных полос на длине 1 см при изменении длины волны света до 350 нм?
3. Установка для наблюдения колец Ньютона в отраженном свете освещается монохроматическим светом, падающим нормально. После того, как пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнится жидкостью, радиусы темных колец уменьшились в 1,217 раз. Найти показатель преломления жидкости.
4. Монохроматический свет с длиной волны 0,5 мкм падает нормально на круглое отверстие диаметром 2 мм. Определить, на каком расстоянии от отверстия должна находиться точка наблюдения, чтобы в отверстии помещалась: 1) одна зона Френеля, 2) две зоны Френеля, 3) пять зон Френеля.
5. Определить постоянную дифракционной решетки шириной 2,5 см, чтобы в первом порядке спектра был разрешен дублет натрия $\lambda_1 = 589 \text{ нм}$ и $\lambda_2 = 589,6 \text{ нм}$.
6. Угол Брюстера при падении света из воздуха на кристалл каменной соли равен 57° . Определить скорость света в этом кристалле.
7. Металлический шар радиусом 1 см и теплоемкостью 14 Дж/град при температуре 1200 К помещен в термостат, температура которого поддерживается равной 0 К. Коэффициент поглощения шара равен 0,4. Через сколько времени температура шара уменьшится в два раза?
8. Фотон с длиной волны 6,0 нм рассеялся под прямым углом на покоявшемся свободном электроне. Найти: частоту рассеянного фотона и кинетическую энергию электрона отдачи.
9. Нейтрон движется так, что его кинетическая энергия равна его же энергии покоя. Найдите длину волны де Броиля нейтрона.
10. Определите наибольшую и наименьшую длины волн в инфракрасной серии излучения атома водорода (серии Пашена).
11. Образец, изготовленный из арсенида галлия с собственной проводимостью, имеет удельное сопротивление 800 Ом·м при температуре 330 К. Найдите ширину запрещенной зоны арсенида галлия, если подвижности электронов и дырок соответственно равны $\mu_n = 1 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ и $\mu_p = 0,04 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Вычислите плотность дрейфового тока дырок в образце при напряженности электрического поля 100 кВ/м.
12. Период полураспада радиоактивного нуклида равен 1 час. Определить среднюю продолжительность жизни этого нуклида.

ВАРИАНТ 6

1. Найти разность фаз колебаний точек M и P , если известно, что расстояние между точками минимально возможное и что в один и тот же момент времени их смещения происходят в одну и ту же сторону от положения равновесия и равны соответственно $\xi_m/2$ и $\xi_m/3$, где ξ_m – амплитуда волны.
2. Определить длину отрезка ℓ_1 , на котором укладывается столько же длин волн в вакууме, сколько их укладывается на отрезке $\ell_2 = 3 \text{ мм}$ в воде.
3. Плосковыпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны 40 см соприкасается выпуклой поверхностью со стеклянной пластинкой. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца $2,5 \text{ ми}$. Наблюдая за данным кольцом, линзу осторожно отодвинули от пластиинки на 5 мкм . Каким стал радиус этого кольца?
4. Между точечным источником монохроматического света и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием. Расстояние от отверстия до источника 100 см , а от экрана наблюдений до отверстия 370 см . Если радиус отверстия равен $1,29 \text{ мм}$, то в центре экрана наблюдается максимум. Следующий максимум наблюдается при радиусе отверстия $1,66 \text{ мм}$. Определить длину волны света.
5. На щель шириной 2 мкм падает монохроматический свет с длиной волны $0,6 \text{ мкм}$. Каков наибольший порядок максимумов, наблюдаемых за щелью, и под каким углом наблюдается максимум наибольшего порядка?
6. Два николя N_1 и N_2 расположены так, что угол между их плоскостями пропускания составляет $\alpha = 45^\circ$. Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света при его прохождении 1) через один николь N_1 ; 2) через оба николя. Коэффициент поглощения света в каждом николе $k = 0,02$. Потери на отраженный свет не учитывать.
7. При освещении катода светом с длинами волн сначала 440 нм , а затем 680 нм обнаружили, что запирающий потенциал изменился в три раза. Определить работу выхода электрона из катода.
8. Теплопроводящий шар по размеру равен объему Земли. Радиус Земли $6,4 \text{ Мм}$. Удельная теплоемкость шара 200 Дж/(кг·град) , плотность материала шара $5500 \text{ кг}/\text{м}^3$. Начальная температура 300 К . Определить время, за которое шар остынет на $0,001 \text{ К}$. Шар считать абсолютно черным.
9. Вычислите длину волны де Бройля для электрона, кинетическая энергия которого равна удвоенному значению его энергии покоя.
10. Фотон ультрафиолетового излучения с энергией 16 эВ выбивает фотоэлектрон из атома водорода, находящегося в первом возбужденном состоянии. Какой будет скорость электрона вдали от ядра водорода?
11. Удельное сопротивление некоторого собственного полупроводника при 20°C равно $115 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, а его же удельное сопротивление при температуре $100^\circ\text{C} - 3,86 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Найдите электропроводность этого полупроводника при 0°C и ширину его запрещенной зоны.

12. Покоившееся ядро радона $^{220}_{80}Rn$ выбросило α -частицу со скоростью 16 Мм/с . В какое ядро превратилось ядро радона? Какую скорость оно получило вследствие отдачи?

ВАРИАНТ 7

- При помощи эхолота измерялась глубина моря. Какова была глубина моря, если промежуток времени между возникновением звука и его приемом был равен $2,5 \text{ с}$? Коэффициент сжимаемости воды равен $2,2 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$, плотность морской воды 1030 кг/м^3 .
- Сколько длин волн монохроматического света с частотой колебаний $v = 5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ уложится на пути длиной $\ell = 1,2 \text{ мм}$: 1) в вакууме, 2) в стекле?
- Определить радиус четвертого темного кольца Ньютона в отраженном свете, если между линзой с радиусом кривизны 5 м и плоской поверхностью, на которой лежит линза, находится вода с показателем преломления $1,33$. Длина волны падающего света 590 нм .
- Между точечным источником света с длиной волны 500 нм и экраном находится диск диаметром 2 мм . Расстояние от диска до экрана в два раза больше, чем от диска до источника. Каково должно быть расстояние от источника до экрана, чтобы диск закрывал три первые зоны Френеля для точки, находящейся в центре дифракционной картины?
- Желтый свет натрия, которому отвечают длины волн $589,0 \text{ нм}$ и $589,5 \text{ нм}$, падает на дифракционную решетку, имеющую 7500 штрихов на 1 см . Какое наименьшее число штрихов должна иметь решетка, чтобы эти две составляющие желтой линии были видны раздельно в спектре первого порядка? Определите наименьшую длину такой дифракционной решетки.
- Луч света, идущий в стеклянном сосуде с глицерином, отражается от дна сосуда. При каком угле падения отраженный луч максимально поляризован? Показатель преломления глицерина равен $1,4$, стекла $1,5$.
- При нагревании абсолютно черного тела его температура изменилась от 1000 до 2000 K . Во сколько раз изменилась при этом 1) его энергетическая светимость? 2) его излучательная способность? На сколько изменилась длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности?
- Происходит комптоновское рассеяние рентгеновских лучей на практически свободных электронах. Энергия рентгеновских лучей $0,5 \text{ МэВ}$. Найти энергию электрона отдачи, если длина волны рентгеновских лучей после комптоновского рассеяния изменилась на 30% . Определить угол рассеяния.
- Определите длину волны де Броиля движущейся α -частицы, если известно, что масса движущейся α -частицы на 10% больше ее массы покоя.
- Атомарный водород бомбардируется электронами, прошедшими ускоряющую разность потенциалов $12,75 \text{ В}$. Постройте спектр излучения водорода в этом случае.

- Из германия с собственной проводимостью изготовлена пластинка длиной 10 мм. Пластинка находится при температуре 300 К. С одного торца пластины облучается светом. Под действием света концентрация электронно-дырочных пар у торца увеличилась на 40% от равновесной. Найдите диффузионный ток электронов в пластинке. Принять, что избыточная концентрация с удалением от освещенного торца уменьшается по линейному закону и на неосвещенном торце оказывается равной нулю. Подвижности носителей зарядов: электронов $\mu_e = 0,39 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, дырок $\mu_p = 0,19 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$.
- Сколько а- и β -частиц выбрасывается при превращении ядра $^{238}_{92}U$ в $^{209}_{83}Bi$?

ВАРИАНТ 8

- Разность фаз колебаний двух точек M и P , расположенных на расстоянии 50 м друг от друга, равна $\pi/4$ радиан. Найти смещение точки M в зависимости от времени, если скорость распространения волны $V = 300 \text{ м/с}$, а расстояние от точки M до источника 20 м. Колебания источника в начальный момент времени соответствуют уравнению $\xi(t=0) = 2 \cdot \cos(\pi/6)$, мм.
- Расстояние между щелями в опыте Юнга 0,55 мм. Расстояние от щелей до экрана 1,2 м. Длина волны света 650 нм. Определить положение первых двух максимумов на экране наблюдений, а так же расстояние между ними.
- Плосковыпуклая линза с радиусом кривизны R прижата выпуклой стороной к плоской поверхности стеклянной пластины. Между линзой с пластинкой находится вода (показатель преломления $n_w = 1,3$). Определить радиус кривизны линзы, если в отраженном свете радиус третьего светового кольца Ньютона равен 2,5 мм. Показатель преломления стекла $n_{ct} = 1,5$. Длина волны падающего света $\lambda = 625 \text{ нм}$.
- На каком расстоянии от круглого отверстия, радиус которого 3 мм, нужно поместить экран, чтобы при падении плоской волны на круглое отверстие в центре дифракционной картины наблюдался максимум интенсивности? Длина волны 600 нм.
- На щель падает нормально монохроматический свет с длиной волны 0,6 мкм. Под углом 20° наблюдается минимум третьего порядка. Под каким углом будет обнаружен максимум пятого порядка?
- Кварцевую пластинку поместили между скрещенными николями. При какой наименьшей толщине d_{min} кварцевой пластины поле зрения между николями будет максимально просветлено. Постоянная вращения кварца $\alpha = 27 \text{ град/мм}$.
- По пластинке с площадью поперечного сечения 3 см² проходит электрический ток. Напряжение на концах пластиинки 2 В. После установления теплового равновесия температура пластиинки стала равной 1000 К. Определить силу тока, если коэффициент поглощения пластиинки 0,8.

8. Найти работу выхода, если известно, что электроны, вырываемые из металла светом с длиной волны $0,35 \text{ мкм}$, полностью задерживаются разностью потенциалов $0,66 \text{ В}$. Определить задерживающую разность потенциалов, если металл облучается светом длиной волны $0,55 \text{ мкм}$. Во сколько раз изменяется максимальная скорость фотоэлектронов в этих опытах?
9. Электрон движется в поперечном однородном магнитном поле с индукцией 30 мТл по окружности радиусом 5 мм . Найдите его длину волны де Броиля.
10. При наблюдении спектра атомарного водорода с помощью дифракционной решетки (постоянная решетки $d = 2 \text{ мкм}$) измерено, что углу дифракции равному $29,05^\circ$ во втором порядке соответствует одна из линий серии Бальмера. Определите, какому переходу электрона внутри атома соответствует эта линия.
11. Сила тока через полупроводник поддерживается постоянной. При температуре 25°C падение напряжения на образце равно $22,5 \text{ В}$. С увеличением температуры до 95°C падение напряжения стало 12 В . Определите концентрацию собственных носителей заряда при температуре 25°C . Принять эффективную плотность состояний электронов в зоне проводимости $N_c = 2,5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$, а эффективную плотность состояний дырок в валентной зоне $N_v = 0,88 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$.
12. Определите зарядовое число Z и массовое число A изотопа, полученного из $^{232}_{90}\text{Th}$ после трех α - и двух β -превращений.

ВАРИАНТ 9

1. Колебание источника задано уравнением $\xi = 20 \cdot \cos(\omega \cdot t + \pi/3)$, мм. Найти отношение смещений в момент времени $t_1 = T/6$ (T – период колебаний источника) двух точек М и Р, расстояние между которыми $\Delta y = 0,6\lambda$, а расстояние точки М от источника равно $0,1\lambda$ (λ – длина волны).
2. На пути световой волны, идущей в воздухе, поставили стеклянную пластину (показатель преломления стекла $n = 1,5$), толщиной $h = 1 \text{ мм}$. На сколько изменится оптическая длина пути, если волна падает на пластинку нормально?
3. Расстояние между первым и вторым светлыми кольцами Ньютона в проходящем свете равно $1,3 \text{ мм}$. Определить расстояние между 9-м и 10-м кольцами.
4. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии A от источника с длиной волны $0,6 \text{ мкм}$. На расстоянии равном $1/3 A$ от источника, помещен круглый диск диаметром 1 см . Найти расстояние A , если диск прикрывает две зоны Френеля.
5. Определить длину дифракционной решетки, имеющей 50 щелей на 1 мм , чтобы в спектре второго порядка разрешить две линии натрия с длинами волн $0,5890 \text{ мкм}$ и $0,5896 \text{ мкм}$.

6. Угол между плоскостями поляризаторов (поляроидов) равен 50° . Естественный свет, проходя через такую систему, ослабляется в 4 раза. Пренебрегая потерей света при отражении, определить коэффициент поглощения k света в поляроидах.
7. Температура «голубой» звезды 30000 K .
Определить:
 а) энергетическую светимость или интегральную интенсивность излучения;
 б) длину волны, соответствующую максимуму излучательной способности;
 в) максимальную излучательную способность.
8. Длина волны света, соответствующая красной границе фотоэффекта, для некоторого металла 275 nm . Найти работу выхода электрона из металла, максимальную скорость электронов вырываемых из металла светом с длиной волны 180 nm .
9. В ускорителе электроны приобретают энергию 6 GeV . Найдите длину волны де Броиля этих электронов.
10. Найдите спектральные интервалы, принадлежащие сериям Лаймана, Бальмера и Пашена. Нанесите их на общую ось.
11. Тонкая пластинка из кремния шириной 3 mm помещена перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля $0,5\text{ Tl}$. При плотности тока 2 mA/mm^2 холловская разность потенциалов равна 58 mV . Определите удельную электропроводность полупроводника и концентрацию свободных электронов и дырок. Подвижности носителей зарядов: электронов $\mu_n = 0,13\text{ m}^2/(\text{B}\cdot\text{c})$, дырок $\mu_p = 0,05\text{ m}^2/(\text{B}\cdot\text{c})$. Ширина запрещенной зоны кремния $1,1\text{ eV}$.
12. Вычислить толщину слоя половинного ослабления параллельного пучка гамма-излучения для воды, линейный коэффициент ослабления которой $\mu = 0,047\text{ cm}^{-1}$.

ВАРИАНТ 10

1. Колебание источника задано уравнением $\xi = 2 \cdot \cos(30t - \pi/12)$, mm . Определить смещение от положения равновесия и скорость точки M , отстоящей от источника колебаний на расстоянии $y_m = \lambda/12$ для момента времени $t = T/3$, где λ и T соответственно длина волны и период колебаний точки.
2. На экране наблюдается интерференционная картина от двух когерентных источников света с длиной волны $\lambda = 480\text{ nm}$. Когда на пути одного из пучков поместили тонкую стеклянную пластинку ($n = 1,4$), то интерференционная картина сместилась на $\Delta m = 60$ полос. Определить толщину пластиинки.
3. Пучок параллельных лучей с длиной волны 500 nm падает под углом 45° на мыльную пленку с показателем преломления 1,3. При какой возможной наименьшей толщине пленки отраженные лучи будут максимально усилены в результате интерференции?

4. На непрозрачную преграду с отверстием радиуса 1 мм падает плоская монохроматическая световая волна. Когда расстояние от преграды до экрана равно 0,575 м в центре дифракционной картины наблюдается максимум интенсивности. При увеличении расстояния до экрана до 0,862 м максимум интенсивности сменяется минимумом. Определить длину волны.
5. На щель нормально падает монохроматический свет с длиной волны 700 нм. При этом дифракционный максимум третьего порядка наблюдается под углом 7° . Затем на этой же установке наблюдается дифракция монохроматического света с неизвестной длиной волны и под углом 6° находится максимум четвертого порядка. Определить длину волны света.
6. Угол между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора равен 45° . Во сколько раз уменьшится интенсивность света, выходящего из анализатора, если угол увеличить до 60° .
7. Глаз в темноте обладает чувствительностью, воспринимая на длине волны 560 нм, световой сигнал, содержащий не менее 60 фотонов в секунду. Определить интенсивность волны. Определить мощность источника, если он расположен от глаза на расстоянии 10 м. Диаметр зрачка в темноте 8 мм.
8. Имеются два абсолютно черных источника теплового излучения. Температура одного из них 2500 K . Найти температуру другого источника, если длина волны, отвечающая максимуму его испускательной способности, на $\Delta\lambda = 0,5 \text{ мкм}$ больше длины волны, соответствующей максимуму испускательной способности первого источника.
9. На выходе из первого ускорителя электрон имел кинетическую энергию $1,6 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$. После этого электрон прошел дополнительное ускоряющее напряжение 600 кВ. Найдите длину волны де Броиля до и после дополнительного ускорения.
10. Определите длину волны и частоту излучения атома водорода, соответствующую четвертой (считая от головной) линии серии Бальмера. Какова при этом энергия фотона (эВ)?
11. Из чистого кремния изготовлена пластинка длиной 3 мм . Один торец пластинки поддерживается при температуре 20°C , а другой – при температуре 50°C . Найдите плотность диффузационного тока в пластинке. Ширина запрещенной зоны кремния равна 1,1 эВ.
12. Определить число N слоев половинного ослабления, уменьшающих интенсивность узкого пучка гамма – излучения в 100 раз.

ВАРИАНТ 11

1. Колебания источника задано уравнением $\xi = 0,1 \cdot \sin(100t)$, см. Найти отношение скоростей колебаний в момент времени $t = T/12$ (T – период колебаний источника) точек M и P , которые отстоят от источника соответственно на расстояниях $y(M) = (2\lambda)/3$, $y(P) = \lambda$ (λ – длина волны).
2. Два когерентных источника дают на экране интерференционную картину. Если на пути одного из пучков поместить тонкую пластинку из слюды ($n = 1,4$),

то интерференционная картина сместилась бы на $\Delta m = 100$ полос. Определить длину волны источников света, если толщина пластинки $h = 75 \text{ мкм}$.

3. При наблюдении колец Ньютона в синем отраженном свете (длина волны 450 нм) с помощью плосковыпуклой линзы, положенной на плоскую пластину, радиус третьего светлого кольца оказался равным $1,06 \text{ мм}$. После замены синего светофильтра на красный был измерен радиус пятого светлого кольца, оказавшийся равным $1,77 \text{ мм}$. Найти радиус кривизны линзы и длину волны красного света. Показатель преломления пластины $n = 1,5$.
4. Точечный источник света с длиной волны $0,5 \text{ мкм}$ расположен на расстоянии 1 м перед диафрагмой с круглым отверстием радиуса 1 мм . Найти расстояние от диафрагмы до точки наблюдения, если число зон Френеля в отверстии равно трем. Как надо изменить это расстояние, если диафрагма будет пропускать четыре зоны Френеля?
5. Монохроматический свет с длиной волны 500 нм падает нормально на щель. Центральный максимум, наблюдаемый за щелью, имеет угловую ширину 8° . Определить ширину щели.
6. Плоскополяризованный монохроматический луч света падает на поляроид и полностью им гасится. Когда на пути луча поместили кварцевую пластинку интенсивность луча света после поляриода стала равна половине интенсивности луча, падающего на поляроид. Определить минимальную толщину кварцевой пластины. Поглощением и отражением света поляриода пренебречь, постоянную вращения кварца a принять равной $48,9 \text{ град/мм}$.
7. Монохроматическая световая волна с длиной $0,6 \text{ мкм}$ падает нормально на зачерненную поверхность и оказывает на нее давление, равное 3 мН/м^2 . Определите концентрацию фотонов в световом потоке.
8. По пластинке проходит электрический ток. Равновесная температура пластины 1400° К . Мощность электрического тока уменьшают в три раза. Определить равновесную температуру в этом случае.
9. При каком значении ускоряющего потенциала ошибка в определении длины волны де Броиля для электрона без учета релятивистской поправки будет составлять 3% ?
10. Фотоэффект в вакуумном фотоэлементе с цезиевым катодом создается излучателем, содержащим атомарный водород. Какие линии серии Бальмера могут вызвать фотоэффект? Вычислите наибольшую длину волны серии, при которой фотоэффект имеет место.
11. К пластинке размером $12 \times 4 \times 1,5 \text{ мм}^3$, изготовленной из кремния, приложено напряжение 20 В . Найдите силу тока в пластинке при температуре -20°С . Подвижности носителей зарядов: электронов $\mu_e = 0,13 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, дырок $\mu_p = 0,05 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Ширина запрещенной зоны $1,1 \text{ эВ}$.
12. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра $^{11}_5 \text{B}$.

ВАРИАНТ 12

- Колебания источника задаются уравнением $\xi(t) = \xi_0 \cos(200t)$, см. Найти значения моментов времени, когда смещение точки M , отстоящей от источника на расстоянии $y_M = 2$ м, равно половине амплитуды. Скорость волны 300 м/с.
- Видимый свет с длиной волны $5 \cdot 10^{-7}$ м падает на две щели, расположенные на расстоянии $3 \cdot 10^{-2}$ мм друг от друга. Щели и экран, отстоящий от них на расстоянии 20,5 см, погружены в воду. Определить расстояние между интерференционными полосами на экране. Показатель преломления воды 1,33.
- Какой должна быть толщина стеклянной пластинки, чтобы при освещении ее пучком параллельных лучей разность между максимальной разностью хода $\Delta\ell_{max}$, возникающей между лучами в отраженном свете, и минимальной разностью хода $\Delta\ell_{min}$ были равны 0,4 мкм. Показатель преломления стекла $n = 1,5$.
- Монохроматический свет, длина волны которого 450 нм, от точечного источника падает на круглое отверстие радиуса 1,2 мм. Определить расстояние диафрагмы до экрана наблюдений, если расстояние диафрагмы до источника 1 м, число зон Френеля в отверстии равно 5. На сколько надо изменить это расстояние, чтобы отверстие пропускало 6 зон Френеля?
- На пластину со щелью, ширина которой $a = 0,05$ мм, падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,7$ мкм. Определить угол отклонения лучей, соответствующих первому дифракционному максимуму.
- Пучок естественного света падает на полированную поверхность стеклянной пластины, погруженной в спирт. Отраженный от пластины пучок света образует угол $\phi = 106^\circ$ с падающим пучком. Определить показатель преломления стекла, если отраженный луч максимально поляризован. Показатель преломления спирта 1,36.
- Какую долю энергии, ежесекундно получаемой от Солнца, излучал бы земной шар, если бы температура поверхности равнялась 0° С и коэффициент поглощения равнялся единице? Солнечная постоянная энергии равна $1,4 \cdot 10^3$ Дж/(м²·с).
- При поочередном освещении поверхности некоторого металла светом с длинами волн 0,4 мкм и 0,6 мкм обнаружили, что соответствующие максимальные скорости фотоэлектронов отличаются в полтора раза. Найти работу выхода электрона из металла и максимальные скорости электронов.
- Какую ускоряющую разность потенциалов должен дополнительно пройти электрон, чтобы его длина волны де Бройля уменьшилась от 20 нм до 2 нм?
- Атомный водород переведен в возбужденное состояние с квантовым числом 4. обратные переходы в атомах сопровождаются излучением. Вычислите наибольшую длину волны излучения. Чему равно число спектральных линий? К каким сериям они относятся?

11. Сравните электропроводность германия при температуре -50°C и $+50^{\circ}\text{C}$. Определите напряженность поля в полупроводнике, если плотность тока при температуре $+50^{\circ}\text{C}$ равна $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ A/mm}^2$. Ширина запрещенной зоны германия равна 0,72 эВ.
12. Вычислить дефект массы, энергию связи и удельную энергию связи ядра ${}^{12}_6\text{C}$.

ВАРИАНТ 13

1. На какой длине волны будет резонировать контур, состоящий из катушки индуктивности $L = 4 \text{ мкГн}$ и конденсатора электроемкостью $C = 1,11 \text{ нФ}$?
2. На пути световой волны, идущей в воздухе, поставили тонкую пластинку из алмаза (показатель преломления алмаза $n = 2,4$), при этом оптическая длина волны изменилась на 0,5 мм. Определить толщину пластины, если волна падает под углом 30° .
3. На тонкий клин с показателем преломления $n = 1,6$ нормально падает монохроматический свет с длиной волны 500 нм. Угол при вершине клина 30° . Определить расстояние между соседними интерференционными максимумами в отраженном свете. Как изменится расстояние между максимумами, если длина волны падающего света будет 700 нм?
4. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии X от источника с длиной волны 0,6 мкм. На расстоянии равном $1/5 X$ от источника помещен круглый диск диаметром 2 мм. Найти расстояние X , если диск прикрывает три зоны Френеля.
5. На щель шириной 30 мкм падает нормально параллельный пучок монохроматического света с длиной волны 600 нм. Найти ширину центрального дифракционного максимума на экране, удаленного от щели на 1 м.
6. Предельный угол полного внутреннего отражения пучка света на границе жидкости с воздухом равен 43° . Определить угол Брюстера для падения луча из воздуха на поверхность этой жидкости.
7. Температура абсолютно черного тела увеличилась в 2 раза, в результате чего длина волны, на которую приходится максимум излучения, изменяется на 600 нм. Определить начальную и конечную температуру тела.
8. При взаимодействии свободного электрона с квантом света, имеющего длину волны 0,01 нм комптоновское смещение оказалось равным 0,0024 нм. Определить угол рассеяния кванта; энергию рассеянного кванта; энергию, переданную электрону.
9. Электрон, обладавший кинетической энергией $3,2 \cdot 10^{-14} \text{ Дж}$, прошел тормозящую разность потенциалов 160 кВ. Найдите длины волн де Броиля до и после торможения, а также изменение длины волны де Броиля.
10. Атомарный водород облучается монохроматическим светом с длиной волны 97,21 нм. Какова вероятность обнаружить протон в одной из крайних четвертей ящика?

11. Концентрация дырок и электронов проводимости в кремнии при температуре 300 K равно 10^{10} см^{-3} . Определите сопротивление стержня длиной 1 см при поперечном сечении 4 mm^2 . Подвижности носителей зарядов: электронов $\mu_n = 0,13\text{ m}^2/(B \cdot c)$, дырок $\mu_p = 0,05\text{ m}^2/(B \cdot c)$. Ширина запрещенной зоны кремния $1,1\text{ эВ}$. Во сколько раз изменится сопротивление стержня, если его нагреть на 100 K ?
12. Какую наименьшую энергию связи надо затратить, чтобы разделить ядро ${}_2^4He$ на две равные части?

ВАРИАНТ 14

1. Мимо железнодорожной станции проходит поезд. Наблюдатель, стоящий на платформе, слышит звук сирены поезда. Когда поезд приближается, кажущаяся частота звука равна 1100 Гц , когда удаляется – 900 Гц . Определить скорость поезда и частоту звука, издаваемую сиреной поезда. Скорость звука $v_{\text{зв}} = 340\text{ м/с}$.
2. Найти все длины волн видимого света (диапазон от 760 нм до 380 нм), которые будут максимально усилены при оптической разности хода интерферирующих волн, равной $1,8\text{ мкм}$.
3. Мыльная пленка, расположенная вертикально, образует клин вследствие стекания жидкости. Наблюдая интерференционные полосы в отраженном свете с длиной волны 540 нм , находим, что на каждые 2 см клина приходится пять интерференционных полос. Найти угол клина, показатель преломления мыльной воды $1,33$.
4. Между точечным источником и экраном поместили диафрагму с круглым отверстием, радиус которой можно менять, отверстие освещается монохроматическим светом с длиной волны $0,6\text{ мкм}$. Определить расстояние от источника до диафрагмы, если в центре дифракционной картины на экране наблюдается максимум при радиусе отверстия $1,69\text{ мм}$, следующий максимум при радиусе 2 мм . Расстояние от диафрагмы до экрана 100 см .
5. На дифракционную решетку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет. Период решетки $d = 2\text{ мкм}$. Какого наибольшего порядка дифракционный максимум дает эта решетка в случае красного ($\lambda_{\text{кр}} = 0,7\text{ мкм}$) и в случае фиолетового ($\lambda_{\phi} = 0,41\text{ мкм}$) света?
6. Два николя N_1 и N_2 расположены так, что угол между их плоскостями пропускания составляет 60° . Определить во сколько раз уменьшиться интенсивность естественного света: 1) при прохождении через один николь N_1 ? 2) при прохождении через оба николя? Коэффициент поглощения света в николе $k = 0,05$. Потери на отражение света не учитывать.
7. Определить поглощающую способность серого тела, имеющего температуру 1 кК , если его поверхность $0,1\text{ м}^2$ излучает за 1 минуту энергию $13,4\text{ кДж}$.
8. Вычислить импульс электрона отдачи, если известно, что фотон, первоначальная длина которого равна 5 нм , рассеялся под углом 90° .

- Найдите скорости и кинетические энергии электрона и нейтрона, если для них длины волн де Бройля равна $1,5 \text{ нм}$.
- Атомарный водород бомбардируется пучком электронов, движущихся со скоростью $2,1 \text{ Мм/с}$. Определите длины волн, наблюдавшихся в спектре излучения водорода.
- Сила тока через полупроводник поддерживается постоянной. При температуре 20°C падение напряжения на полупроводнике равно 27 В . С увеличением температуры до 100°C напряжение падает до 10 В . Определите ширину запрещенной зоны полупроводника.
- Определить наименьшую энергию связи, необходимую для разделения ядра углерода $^{12}_6\text{C}$ на три равные части.

ВАРИАНТ 15

- Уравнение колебаний у ножки звучащего камертоника (источник звука) имеет вид: $\Delta p = 0,003 \cdot \sin(800\pi \cdot t), \text{ Па}$. Звук, издаваемый камертоном, распространяется в воздухе ($\mu = 29 \text{ кг/кмоль}$) при нормальном атмосферном давлении и температуре 17°C . Определить: 1) скорость распространения волны; 2) звуковое давление в точке M , находящейся на расстоянии $y(M) = 10 \text{ м}$ от камертоника через $t = 0,03 \text{ с}$ после начала колебаний. Газ считать двухатомным ($\gamma = 7/5$), волну плоской.
- Видимый свет с длиной волны $4 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ падает на две щели, расположенные на расстоянии $2,8 \cdot 10^{-7} \text{ мм}$ друг от друга. Щели и экран, отстоящий от них на расстояние $18,5 \text{ см}$, погружены в спирт. Определить расстояние между интерференционными полосами на экране. Показатель преломления спирта $1,36$.
- Расстояние между 16-м и 25-м темными кольцами Ньютона в отраженном свете равно $0,5 \text{ мм}$. Длина волны падающего света 490 нм . Определить 1) радиус кривизны линзы; 2) расстояние между 16-м и 25-м кольцами при замене светофильтра на красный $\lambda = 650 \text{ нм}$.
- На диафрагму с круглым отверстием диаметром 4 мм падает нормально параллельный пучок лучей монохроматического света ($\lambda = 450 \text{ нм}$). Точка наблюдения находится на оси отверстия на расстоянии 1 м от него. Сколько зон Френеля укладывается в отверстии? Темное или светлое пятно наблюдается в этой точке?
- Под каким углом будет обнаружен максимум пятого порядка, свет падает нормально на дифракционную решетку шириной $6,5 \text{ см}$, имеющей 200 штрихов на миллиметр. Исследуемый спектр содержит спектральную линию с длиной волны $670,8 \text{ нм}$, которая состоит из двух компонентов, отличающихся на $0,015 \text{ нм}$. Определить в каком максимуме эти компоненты будут разрешены.
- Аналитатор в 2 раза уменьшает интенсивность света, приходящего к нему от поляризатора. Определить угол между плоскостями пропускания по-

ляризатора и анализатора. Потерями интенсивности света в анализаторе пренебречь.

7. Волосок лампы накаливания, рассчитанный на напряжение 2 В , имеет длину 10 см , диаметр $0,03\text{ мм}$. Определите температура нити и длину волны, на которую приходится максимум энергии в спектре излучения. Удельное сопротивление материала нити $55\text{ нОм}\cdot\text{м}$.
8. Фотон рассеялся под углом 120° на покоявшемся свободном электроне, в результате чего электрон получил энергию $0,45\text{ МэВ}$. Найти энергию фотона до рассеяния.
9. При какой скорости дебройлевская длина волны протона равна его комптоновской длине волны?
10. Используя теорию Бора, вычислите радиус электрона на первой орбите и скорость электрона на ней.
11. Удельное сопротивление полупроводника при температуре 500 К $4\cdot10^4\text{ Ом}\cdot\text{м}$, а при температуре 700 К оно изменилось до $8\cdot10^3\text{ Ом}\cdot\text{м}$. Определите ширину запрещенной зоны и плотность тока при этих температурах, если напряженность внешнего поля 200 В/м .
12. При делении одного ядра урана-235 выделяется энергия 200 МэВ . Какую долю энергии покоя ядра урана составляет выделившаяся энергия?

ВАРИАНТ 16

1. Два когерентных источника звуковых волн находятся на расстояниях $3,5$ и $2,3\text{ м}$ от микрофона. Определить отношение амплитуды результирующего и исходного колебаний. Длина волны равна $0,3\text{ м}$. Как изменится амплитуда результирующего колебания, если расстояние до первого источника уменьшить до $3,05\text{ м}$?
2. В опыте Юнга одна из двух щелей, освещаемых светом с длиной волны 510 нм , закрыта очень тонким листом пластика с показателем преломления $1,6$. В центре экрана вместо максимума света наблюдается темная полоса. Чему равна минимальная толщина листа пластики?
3. Сферическая поверхность плосковыпуклой линзы соприкасается со стеклянной пластиной. Пространство между линзой и пластинкой заполнено глицерином. Радиус кривизны линзы 1 м . Определить радиус пятого темного кольца Ньютона в отраженном свете с $\lambda = 0,5\text{ мкм}$. Показатель преломления линзы и пластинки $1,55$, показатель преломления глицерина $1,48$. Как изменится радиус пятого темного кольца Ньютона, если пространство между линзой и пластинкой заполнено сероуглеродом с показателем преломления $1,63$?
4. Точечный источник монохроматического света ($\lambda = 500\text{ нм}$) посылает лучи на диафрагму с круглым отверстием, радиус которого 1 мм . Расстояние от источника до диафрагмы равно 1 м . Определить расстояние от диафрагмы до экрана, если отверстие пропускает три зоны Френеля, максимум или минимум интенсивности в центре экрана.

5. Период дифракционной решетки 0,01 мм . Какое наименьшее число штрихов должна иметь решетка, чтобы две составляющие желтой линии $\lambda_1 = 589 \text{ нм}$ и $\lambda_2 = 589,6 \text{ нм}$ можно было видеть раздельно в спектре третьего порядка? Определить наименьшую длину решетки.
6. В частично поляризованном свете амплитуда светового вектора, соответствующая максимальной интенсивности света, в 2 раза больше амплитуды, соответствующей минимальной интенсивности. Определить степень поляризации света.
7. Определить предельную температуру нагревания электроутюга мощностью 600 Вт , если величина излучающей поверхности 300 см^2 , а поглощательная способность 0,2. Температура окружающей среды 300 К . Определить предельную температуру нагревания, если бы утюг был абсолютно черным телом.
8. Поочередно освещают поверхность калия светом с длинами волн $0,35 \text{ мкм}$ и $0,5 \text{ мкм}$. Работа выхода электрона из калия равна $2,2 \text{ эВ}$. Во сколько раз максимальные скорости фотоэлектронов будут отличаться друг от друга?
9. Электрон обладает кинетической энергией $0,51 \text{ МэВ}$. Как изменится де бройлевская длина волны этого электрона, если его кинетическая энергия уменьшится в 20 раз?
10. Во сколько раз увеличивается радиус орбиты электрона в атоме водорода, находящегося в основном состоянии, при возбуждении его квантом излучения с энергией $12,1 \text{ эВ}$?
11. Из германия с собственной проводимостью изготовлена пластина длиной 1 см . Пластина находилась при температуре 27°C , ее охладили так, что удельное сопротивление пластины увеличилось в 10 раз. Определите температуру охлажденной пластины и плотность тока, который возникает в пластине, если к ней приложить напряжение 30 В . Ширина запрещенной зоны $0,72 \text{ эВ}$.
12. При делении одного ядра урана-235 выделяется энергия 200 МэВ . Определить электрическую мощность атомной станции, расходующей $0,1 \text{ кг}$ в сутки, если КПД станции равен 16%.

ВАРИАНТ 17

1. Два динамика расположены на расстоянии 2 м друг от друга и воспроизводят один и тот же музыкальный тон на частоте 1000 Гц . На расстоянии 4 м от них находится слушатель (приемник). На какое расстояние должен удалиться от центральной линии слушатель, чтобы не слышать звука? Скорость звука 300 м/с .
2. Один из лучей интерферометра проходит через небольшой стеклянный контейнер длиной 1,4 см . При заполнении контейнера газом через отсчетную линию прибора проходит 225 темных полос. Длина волны света равна 546 нм . Вычислите показатель преломления газа в предположении, что интерферометр находится в вакууме.

3. На стеклянную плоскопараллельную пластинку с показателем преломления 1,6 падает нормально пучок белого света. При какой наименьшей толщине пластиинки красные лучи ($\lambda_1 = 600 \text{ нм}$) будут максимально усилены, а синие ($\lambda_2 = 450 \text{ нм}$) будут максимально ослаблены. Наблюдение ведется в отраженном свете.
4. Вычислите радиус пятой зоны Френеля для плоского волнового фронта ($\lambda = 500 \text{ нм}$), если экран наблюдения находится от фронта волны на расстоянии 1 м.
5. На щель шириной $a = 2 \text{ мкм}$ падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,6 \text{ мкм}$. Каков наибольший порядок максимумов, наблюдаемых за щелью, и под каким углом наблюдается максимум наибольшего порядка?
6. Угол падения луча на поверхность стекла равен 60° . При этом отраженный луч оказался максимально поляризованным. Определить угол β преломления луча.
7. Какую температуру должно иметь тело, чтобы оно при температуре окружающей среды 290 К излучало в 100 раз большее энергии, чем поглощало?
8. Фототок, возникающий в цепи вакуумного фотоэлемента, при освещении цинкового электрода электромагнитным излучением с длиной волны 262 нм , прекращается, если подключить внешнее задерживающее напряжение $1,5 \text{ В}$. При каком задерживающем напряжении прекратится фототок, если длину волны измерения увеличить $1,5$ раз?
9. При каком значении ускоряющего потенциала ошибка в определении длины волны де Броиля для протона без учета релятивистской поправки будет составлять $1,5\%$?
10. Сравните, во сколько раз отличаются: частота излучения при переходе из первого возбужденного состояния в основное и частоты вращения на первой и второй орбитах в атоме водорода.
11. Образец германия с собственной проводимостью имеет температуру 330 К . Его удельное сопротивление $5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Определите ширину запрещенной зоны и концентрацию носителей заряда. Найдите величину плотности дрейфового тока, если напряженность электрического поля в образце 100 В/м . Подвижности носителей зарядов: электронов $\mu_n = 0,39 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, дырок $\mu_p = 0,19 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Ширина запрещенной зоны германия равна $0,72 \text{ эВ}$.
12. На сколько процентов снизится активность изотопов иридия ^{192}Ir за время 30 суток?

ВАРИАНТ 18

1. На струне, длина которой 120 см, образуется стоячая волна. Все точки струны, амплитуда которых 3,5 мм, отстоят друг от друга на расстоянии 15 см. Найти максимальную амплитуду колебаний струны.
2. Свет с длинами волн 520 нм и 600 нм проходит через две щели, расстояние между которыми $0,5 \text{ мм}$. На какое расстояние смешены относительно друг друга интерференционные полосы второго порядка для этих двух длин волн на экране, расположенному на расстоянии $1,5 \text{ м}$?

3. На стеклянную плоскопараллельную пластинку с показателем преломления 1,5 падает нормально пучок белого света. При какой наименьшей толщине пластины красные лучи ($\lambda_1 = 650 \text{ нм}$) будут максимально ослаблены, а синие ($\lambda_2 = 500 \text{ нм}$) максимально усилены. Наблюдение в проходящем свете.
4. На круглое отверстие нормально падает плоская монохроматическая волна. На расстоянии 8 м от него находится экран, где наблюдается дифракционная картина. Определить диаметр круглого отверстия, если в отверстии помещалось три зоны Френеля. Длина волны 600 нм. На сколько надо передвинуть экран наблюдения, чтобы в отверстии помещалось шесть зон Френеля?
5. Белый свет с длинами волн от 400 нм до 750 нм нормально падает на дифракционную решетку, имеющую 4000 штрихов на 1 см. С какого порядка спектры будут частично накладываться друг на друга. Определить угол дифракции, под которым происходит перекрытие спектров.
6. Естественный луч света падает на полированную поверхность стеклянной пластины ($n = 1,5$), погруженной в коричневое масло ($n = 1,6$). Определить угол полного внутреннего отражения и угол, когда отраженный свет максимально поляризован.
7. Узкий пучок монохроматического рентгеновского излучения падает на рассеивающее вещество. При этом длины волн излучения, рассеянного под углами 60° и 120°, отличаются друг от друга в два раза. Найти длину волны падающего излучения.
8. Какую мощность надо подводить к зачерненному металлическому шарику радиусом 2 см, чтобы поддерживать его температуру на 20 К выше температуры окружающей среды? Температура окружающей среды 300 К. Считать, что тепло теряется только вследствие излучения.
9. Кинетическая энергия протона равна его энергии покоя. Как изменится длина волны де Броиля этого протона, если его кинетическая энергия уменьшится в 10 раз?
10. Постройте в масштабе первые 6 энергетических уровней атома двукратно ионизированного атома лития Li^{++} . Укажите стрелками переходы, соответствующие линиям серии Бальмера и Лаймана. Вычислите энергию фотонов, соответствующие этим линиям.
11. Исследования полупроводниковой пластиинки показали, что ее сопротивление при температуре -10°C равно 1344 Ом , а при температуре 50°C оно равно 4 Ом . Каким будет сопротивление этой пластиинки при температуре 20°C ?
12. Определить активность фосфора ^{32}P массой 1 мг.

ВАРИАНТ 19

1. Два источника излучения одинаковой мощности находятся на расстоянии 1 мм друг от друга. Определить длины волн, для которых в точке, нахо-

- дящейся на экране наблюдений расстоянии 3 мм от центра будут гасить друг друга. Определить длины волн, для которых в этой точке волны будут усиливать друг друга. Длина волны видимого диапазона от 380 до 760 нм .
2. Расстояние от щелей в опыте Юнга до экрана наблюдения 1 м . Определить расстояние между щелями, если на экране укладывается 10 на 1 см светлых интерференционных полос. Длина волны 550 нм . На сколько изменится число темных интерференционных полос на длине в 1 см при изменении длины волны света до 400 нм ?
 3. На стеклянный клин нормально падает параллельный пучок монохроматического излучения, длина волны которого $\lambda = 520 \text{ нм}$. Расстояние между соседними интерференционными полосами на поверхности клина равно 0,1 мм . Определить угол клина. Показатель преломления стекла $n = 1,5$.
 4. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии 8 м от источника монохроматического света с длиной волны 0,5 мкм . Диафрагма с круглым отверстием радиуса 1 мм расположена посередине. В центре экрана наблюдается дифракционный максимум. Во сколько раз нужно изменить радиус отверстия, чтобы на экране наблюдался максимум следующего порядка при нормальном падении света на диафрагму?
 5. Определите длину дифракционной решетки, имеющей 50 щелей на 1 мм , чтобы в спектре второго порядка разрешить две линии натрия с длинами волн 0,58 мкм и 0,5896 мкм . Определите ширину решетки.
 6. Во сколько раз ослабляется интенсивность света, проходящего через два николя, плоскости пропускания которых образуют угол 30°, если в каждом из николей в отдельности теряется 10% интенсивности падающего света?
 7. Металлический шар радиусом 1 см с теплоемкостью 10 Дж/град имеет температуру 1000 К . Шар помещен в среду, температура которой поддерживается равной нулю градусов по шкале Кельвина. Поглощательная способность шара 0,4. Через сколько времени температура шара уменьшится в два раза?
 8. Фотоны с энергией 4,9 эВ вырывают электроны из металла, работа выхода которого 4,5 эВ . Найти максимальный импульс, передаваемый поверхности металла при вылете каждого электрона.
 9. Атом излучил фотон с длиной волны 800 нм . Найдите неопределенность длины волны, если время жизни атома в возбужденном состоянии 10 нс .
 10. Сколько спектральных линий будет испускать газ двукратно ионизированных атомов лития, возбуждаемых некоторым источником до 3-го энергетического уровня? Вычислите минимальную и максимальную длины волн в этом излучении.
 11. Сила тока через полупроводник поддерживается постоянной. При температуре 18°C падение напряжение на образце 25 В . С увеличением температуры до 88°C падение напряжения изменилось и стало 12 В . При какой температуре падение напряжения на образце будет равно 5 В ?

12. Определить количество полония $^{210}_{84}Po$, активность которого равна $3,7 \cdot 10^{10}$ распад/с.

ВАРИАНТ 20

1. Два когерентных источника звука колеблются в одинаковой фазе. В точке, отстоящей от первого источника на 1 м, а от второго на 1,5 м, звук не слышен. Определить частоту колебаний источников. Скорость звука равна 330 м/с.
2. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга равно 1 мм, расстояние от щелей до экрана равно 3 м. Определить длину волны, испускаемого источником монохроматического света, если ширина интерференционной полосы на экране равна 1,5 мм.
3. На тонкий стеклянный клин нормально падает монохроматический свет. Угол при вершине клина 20° показатель преломления стекла 1,5. Расстояние между соседними интерференционными максимумами в отраженном свете 3 мм. Определите длину волны падающего света.
4. Точечный источник света, излучающий свет с длиной волны 550 нм, освещает экран, расположенный на расстоянии 11 м от источника. Между источником света и экраном на расстоянии 5 м от экрана помещена ширма с круглым отверстием, диаметр которого равен 4,2 мм. Будет ли освещенность в центре получающейся на экране дифракционной картины большей или меньшей, чем та, которая будет иметь место, если ширму убрать?
5. На щель падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 700$ нм. При этом дифракционный максимум третьего порядка наблюдается под углом $\Phi_1 = 14^\circ$. Затем на этой же установке наблюдается дифракция монохроматического света с неизвестной длиной волны и под углом $\Phi_2 = 12^\circ$ наблюдается максимум четвертого порядка. Определить ширину щели и неизвестную длину волны.
6. Степень поляризации частично поляризованного света равна 0,5. Во сколько раз отличается максимальная интенсивность света, пропускаемого через анализатор, от минимальной?
7. Абсолютно черное тело нагрели до некоторой температуры. Если тело охлаждается на 1000 градусов, то изменение длины волны, на которую приходится максимум излучательной способности, равно 1 мкм. Определить начальную температуру тела.
8. Фотон с энергией 0,15 МэВ рассеялся на покоявшемся электроне, в результате чего его длина волны изменилась на 3 нм. Найти угол, под которым вылетел комптоновский электрон.
9. Постоянная кристаллической решетки в металле 0,1 нм. Сравните ее с неопределенностью координаты электрона, находящегося на уровне Ферми (5 эВ). Неопределенность импульса принять равной самому импульсу.
10. Сколько линий наблюдается в спектре поглощения атомарного водорода в диапазоне длин волн от 94,5 нм до 110 нм? Укажите длины волн этих линий.

- В однородное магнитное поле с индукцией $0,4 \text{ Тл}$ помещена тонкая пластинка размером $15 \times 4 \times 2,5 \text{ мм}^3$, изготовленная из германия. Магнитное поле перпендикулярно большей грани пластинки. В пластинке течет ток параллельный длинной стороне. Определите концентрацию свободных носителей зарядов и удельную электропроводность пластинки, если холловская разность потенциалов равна $2,5 \text{ мВ}$ при плотности тока $15,5 \text{ мА/мм}^2$.
- Определить число распадов за 1 с в 1 г радия.

ВАРИАНТ 21

- Два громкоговорителя расположены на расстоянии 8 м друг от друга и излучают синхронно звуковые волны частотой 330 Гц . Найти координаты точек в пространстве между громкоговорителями, в которых амплитуда колебаний будет равна амплитуде колебаний источников. Скорость распространения волн 330 м/с .
- Расстояние между щелями в опыте Юнга равно 2 мм , расстояние от щелей до экрана наблюдений 6 м , длина волны источника монохроматического света 500 нм . Определить расстояние между максимумами яркости в интерференционной картине на экране наблюдений.
- Между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинками,ложенными одна на другую, поместили тонкую проволочку. Проволочка находится на расстоянии 6 см от линии соприкосновения пластинок и ей параллельна. На верхнюю пластинку в направлении нормали к ее поверхности падает монохроматический свет $\lambda = 0,54 \text{ мкм}$. В отраженном свете на протяжении каждого сантиметра видно 20 интерференционных полос. Найти толщину проволочки.
- Плоская световая волна $\lambda = 640 \text{ нм}$ с интенсивностью I_0 падает нормально на круглое отверстие радиуса $1,2 \text{ мм}$. Найти интенсивность в центре дифракционной картины на экране, отстоящем на расстоянии $1,5 \text{ м}$ от отверстия.
- На дифракционную решетку падает нормально параллельный пучок белого света. Спектры третьего и четвертого порядков частично накладываются друг на друга. На какую длину волны в спектре четвертого порядка накладывается волна с длиной $0,75 \text{ мкм}$ третьего порядка?
- На сколько процентов уменьшается интенсивность света после прохождения через призму Николя, если потери света составляют 10% ?
- Температура вольфрамовой спирали в 25-ваттной электрической лампочке 2500 К . Отношение ее энергетической светимости к светимости абсолютно черного тела при данной температуре равно $0,3$. Найти площадь излучаемой поверхности спирали.
- Рентгеновские лучи с длиной волны 20 нм испытывают комптоновское рассеяние под углом 90° . Найти изменение длины волны рентгеновских лучей при рассеянии, энергию и импульс электронов отдачи.

9. Какова относительная неопределенность импульса ($\Delta p/p$) частицы, если неопределенность ее координаты равна длине волны де Броиля частицы?
10. Излучением, испускаемым однократно ионизированным гелием, возбужденным до 4-го энергетического уровня, облучают атомарный водород, находящийся в нормальном состоянии. Найдите длины волн резонансного поглощения атомов водорода.
11. Удельное сопротивление образца, изготовленного из арсенида галлия $900 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Определите его температуру. Найдите величину плотности дрейфового тока при напряженности электрического поля 15 кВ/м . Подвижности носителей зарядов: электронов $\mu_n = 0,05 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, дырок $\mu_p = 0,01 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Ширина запрещенной зоны германия равна $1,41 \text{ эВ}$.
12. Определить, сколько слоев половинного ослабления необходимо для уменьшения интенсивности рентгеновских лучей в 10 раз.

ВАРИАНТ 22

1. Электромагнитная волна с частотой $v = 3 \text{ МГц}$ переходит из вакуума в немагнитную среду с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 4$. определить приращение ее длины волны.

$$(\text{Ответ: } \Delta\lambda = \frac{c}{v} \left(\frac{1}{\sqrt{\epsilon}} - 1 \right) = -50 \text{ м}, \text{ где } c - \text{скорость света})$$
2. Расстояние между щелями в опыте Юнга $0,6 \text{ мм}$, расстояние от щелей до экрана 1 м , длина волны света $0,7 \text{ мкм}$. Определить положение первых двух минимумов на экране наблюдения, а также расстояние между ними.
3. Параллельный пучок монохроматического света с длиной волны $\lambda = 520 \text{ нм}$ нормально падает на тонкую плоскопараллельную пластинку. Определить минимальную толщину пластиинки, чтобы в проходящем свете волны максимально усиливали друг друга. Показатель преломления $n = 1,5$.
4. Свет от монохроматического источника $\lambda = 600 \text{ нм}$ падает нормально на диафрагму с круглым отверстием. Диаметр отверстия 6 мм . За диафрагмой на расстоянии 3 м от нее находится экран. Сколько зон укладывается в отверстии диафрагмы?
5. Будут ли разрешены дифракционной решеткой спектральные линии 589 нм и 602 нм в спектре: 1) первого порядка; 2) в спектре второго порядка? Число щелей равно 100.
6. Луч света переходит из глицерина в стекло так, что луч, отраженный от границы раздела этих сред, оказывается максимально поляризованным. Определить угол между падающим и преломленным лучами. Показатель преломления глицерина равен $1,46$.
7. На слой вещества, который находится в камере Вильсона, падают рентгеновские лучи. Камера помещена в магнитное поле с индукцией $0,02 \text{ Тл}$. Комптоновские электроны отдачи образуют треки с радиусом кривизны радиусом $2,4 \text{ см}$. Определить минимально возможную энергию рентге-

- новских фотонов, при которой могут образовываться такие электроны отдачи.
8. Электромагнитное излучение с длиной волны $0,3 \text{ мкм}$ падает на фотоэлемент, находящийся в режиме насыщения. Спектральная чувствительность фотоэлемента $4,8 \text{ mA/Bm}$. Найти квантовый выход фотоэффекта, т.е., число электронов на каждый падающий фотон.
 9. Атом излучает фотон с длиной волны 550 нм . Какова неопределенность локализации фотона в пространстве, если неопределенность длины излучаемой волны порядка $0,002\%$?
 10. Возбужденный дважды ионизированный атом лития при переходе в основное состояние испустил последовательно в одном и том же направлении два кванта с длинами волн $48,3 \text{ нм}$ и $13,5 \text{ нм}$. Вычислите энергию первоначального состояния, соответствующее ему квантовое число и скорость отдачи атома лития.
 11. Из арсенида галлия изготовлен цилиндр длиной 16 мм и диаметром 4 мм . К торцам цилиндра приложено напряжение 200 В . Определите силу тока в цилиндре при температуре 20°C . Во сколько раз изменится эта сила тока, если цилиндр нагреть на 40°C ? Подвижности носителей зарядов: электронов $\mu_n = 0,05 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, дырок $\mu_p = 0,01 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Ширина запрещенной зоны германия равна $1,41 \text{ эВ}$.
 12. Определить коротковолновую границу непрерывного рентгеновского спектра, если известно, что уменьшение приложенного к рентгеновской трубке напряжения на 23 кВ , увеличит искомую длину волны в 2 раза.

ВАРИАНТ 23

1. В упругой однородной среде распространяются в одном направлении две синусоидальные плоские волны со скоростями V_1 и V_2 и длинами волн λ_1 , λ_2 . Найти скорость перемещения в пространстве тех точек, в которых колебания, соответствующие каждой волне, имеют одинаковую фазу. Найти расстояние между двумя такими точками.
2. Расстояние между двумя щелями в опыте Юнга равно 2 мм , расстояние от щелей до экрана 1 м , а между максимумами яркости в интерференционной картине на экране $1,5 \text{ мм}$. Определить длину волны источника монохроматического света.
3. На тонкий стеклянный клин падает нормально параллельный пучок света $\lambda = 0,52 \text{ мкм}$. Определить угол между поверхностями клина, если расстояние между интерференционными полосами (интерференционными минимумами) в отраженном свете равно 4 мм , показатель преломления стекла равен $1,5$.
4. На диафрагму с круглым отверстием радиуса 4 мм падает нормально монохроматическая волна с длиной $0,5 \text{ мкм}$. Определить расстояние до экрана, если в отверстии укладывается пять зон Френеля. Рассчитать площадь каждой зоны Френеля.

5. На щель падает нормально монохроматический свет с длиной волны 460 нм . Под углом 20° наблюдается минимум второго порядка. Под каким углом наблюдается максимум первого порядка, чему равна ширина щели?
6. Под каким углом к горизонту должно находиться Солнце, чтобы солнечный свет, отраженный от поверхности воды, был полностью поляризован.
7. При нагревании тела длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности, изменилась от $1,2 \text{ мкм}$ до $1,5 \text{ мкм}$. На сколько изменилась 1) максимальная излучательная способность тела? 2) энергетическая светимость тела?
8. Рентгеновские лучи с длиной волны 20 нм испытывают комптоновское рассеяние. Найти изменение длины волны рентгеновских лучей при рассеянии, энергию и импульс электронов отдачи. Угол рассеяния равен 60° .
9. При движении электрона с энергией 1 кэВ в камере Вильсона образуется след в виде капель тумана размером порядка 1 мкм . Можно ли в этом случае обнаружить отклонение в движении электрона от законов классической механики?
10. Микрочастица с энергией, вдвое превышающей энергию ионизации двукратно ионизированного атома лития, выбивает из него последний электрон. Какой будет скорость этого электрона вдали от ядра лития?
11. Из монокристалла германия изготовлен цилиндр длиной 10 мм . Торцы цилиндра поддерживаются при температурах -20°C и $+20^\circ\text{C}$. Вычислите электронную составляющую плотности диффузационного тока в цилиндре. Принять, что концентрация электронов в цилиндре изменяется линейно. Подвижности носителей зарядов: электронов $\mu_n = 0,39 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$, дырок $\mu_p = 0,19 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$. Ширина запрещенной зоны германия равна $0,72 \text{ эВ}$.
12. Сколько атомов радона распадается за 1 сутки из 2 млн. атомов?

ВАРИАНТ 24

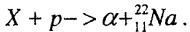
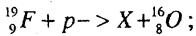
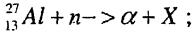
1. Уравнение бегущей плоской звуковой волны имеет вид: $\xi = 60 \cos(1800t - 5,3x)$, где задано ξ в микрометрах, t – в секундах, x – в метрах. Определите скорость волны.
2. В опыте Юнга отверстия освещались монохроматическим светом длиной волны $\lambda = 6 \cdot 10^{-5} \text{ см}$, расстояние между отверстиями 1 мм и расстояние от отверстия до экрана 3 м . Определите положение трех первых светлых полос на экране наблюдений.
3. Тонкая пленка спирта с показателем преломления $1,36$ покрывает плоскую стеклянную пластинку с показателем преломления $1,58$. При нормальном падении монохроматического света доля отраженного света минимальна при длине волны 520 нм и максимальна при 640 нм . Определите толщину пленки?
4. Дифракционная картина наблюдается на расстоянии L от точечного монохроматического источника ($\lambda = 600 \text{ нм}$). На расстоянии $0,5L$ от источника помещена круглая непрозрачная преграда диаметром $0,1 \text{ см}$. Чему равно расстояние L , если преграда закрывает только центральную зону Френеля?

- На щель шириной $0,1 \text{ мм}$ падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$). Что видит глаз наблюдателя, расположенного за щелью, если он смотрит в направлении, образующем с нормалью к плоскости угол $\phi = 43^\circ$? (*max* или *min*)?
- Пучок света, идущий в воздухе, падает на поверхность жидкости под углом 54° . Определить угол преломления пучка, если отраженный пучок максимально поляризован.
- Температура тела увеличилась в два раза, в результате этого длина волнны, на которую приходится максимум излучательной способности, уменьшилась на $0,2 \text{ мкм}$. Определить начальную и конечную температуру. Поглощательная способность равна $0,5$.
- В результате эффекта Комптона фотон при соударении со свободными электронами рассеялся под углом 60° . Энергия рассеянного электрона равна $0,4 \text{ МэВ}$. Определить энергию фотона до рассеяния.
- Чтобы установить принадлежность электрона к данному атому, положение электрона должно быть определено с точностью до 10 нм . Найдите неопределенность его скорости в этом случае и сравните ее со скоростью электрона на первой боровской орбите в атоме водорода.
- Какое ускоряющее напряжение должны пройти свободные электроны, чтобы при последующем взаимодействии с атомарным водородом возбудить в нем 6 линий излучения?
- Сила тока через полупроводник поддерживается постоянной. При температуре 25°C падение напряжение на образце равно 30 В . С увеличением температуры до 95°C падение напряжения уменьшилось до 12 В . Определите концентрацию собственных носителей заряда при температуре 25°C , если концентрация носителей равна $n_0 = 2,5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$.
- Какая доля радиоактивного изотопа распадается за время жизни этого изотопа?

ВАРИАНТ 25

- Разность фаз колебаний двух точек M и P равны 60° . Длина волны соответствующих колебаний равна 15 м . Найти наименьшее расстояние, на котором находятся эти точки. Как изменится это расстояние, если разность фаз и длину волны увеличить в 2 раза?
- В опыте Юнга расстояние от щели до экрана равно $1,5 \text{ м}$. На каком расстоянии друг от друга должны находиться щели, чтобы на 1 см экрана уместилось 20 интерференционных полос? Длина волны 600 нм .
- Когда прибор для наблюдения колец Ньютона погрузили в жидкость, диаметр восьмого темного кольца уменьшился от $2,92 \text{ см}$ до $2,48 \text{ см}$. Чему равен показатель преломления жидкости?
- Радиус четвертой зоны Френеля для плоского волнового фронта равен 3 ми . Определить радиус шестой зоны Френеля.

5. Дифракционная решетка, освещенная нормально падающим монохроматическим светом, дает максимум третьего порядка под углом $\varphi_1 = 30^\circ$. Под каким углом дифракции φ_2 виден минимум четвертого порядка?
6. Луч света последовательно проходит через два николя, главные плоскости которых образуют между собой угол $\varphi = 40^\circ$. Принимая, что коэффициент поглощения каждого николя равен 0,15, определить, во сколько раз луч, выходящий из второго николя, ослаблен по сравнению с лучом, падающим на первый николь.
7. При увеличении температуры абсолютно черного тела в 2 раза длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности, уменьшилась на $\Delta\lambda = 400 \text{ нм}$. Определить начальную и конечную температуру тела.
8. Определить работу выхода электронов из натрия, если красная граница фотоэффекта $\lambda_0 = 400 \text{ нм}$. Чему равна кинетическая энергия вышедшего электрона (в эВ), если натрий облучать светом с $\lambda = 600 \text{ нм}$?
9. Оцените ширину одномерного потенциального ящика, в котором находится электрон с кинетической энергией 10 эВ. При решении задачи используйте соотношение неопределенностей Гейзенберга.
10. Вычислите радиус круговой орбиты электрона в атоме водорода в третьем квантовом состоянии. Сколько длин волн де Броиля этого электрона "укладывается" на длине его орбиты в этом состоянии?
11. Тонкая пластинка из кремния, шириной 3 мм помещена перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля ($B = 0,5 \text{ Тл}$). При плотности тока $44,5 \text{ мА/мм}^2$, направленной вдоль пластины, холловская разность потенциалов равна 40 мВ . Определите концентрацию носителей заряда и удельную электропроводность полупроводника.
12. Написать недостающие обозначения (X) в следующих ядерных реакциях:



Татьяна Юрьевна Пинегина
Николай Иванович Ким

КУРС ФИЗИКИ

Методические указания к самостоятельной работе студентов

Редактор: А.П. Шерстяков
Корректор: Д.С. Шкитина

Подписано в печать 14.10.04
Формат бумаги 62x84/16, отпечатано на ризографе, шрифт № 10,
изд.л. 7,3, заказ № 114, тираж 700 экз.
СибГУТИ, 630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86.