

Министерство науки и высшего образования РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф-Программа вступительного испытания		



УТВЕРЖДАЮ:

Председатель приемной комиссии УлГУ

Б.М. Костишко

2021 г.

ПРОГРАММА

вступительных испытаний по направлению
11.06.01 – Электроника, радиотехника и системы связи
 для поступающих на обучение по программам подготовки
 научно-педагогических кадров в аспирантуре
 Ульяновского государственного университета

Сведения о разработчиках:

ФИО	Аббревиатура кафедры	Ученая степень, звание
Сабитов Олег Юрьевич	РФиЭ	д.ф.-м.н., профессор

Ульяновск, 2021

Министерство образования и науки РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф – Программа вступительных испытаний		

Программа вступительного экзамена по специальной дисциплине по направлению 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи (направленность «Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника на квантовых эффектах»).

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ:

Раздел 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МЕХАНИКИ.

1. Элементы кинематики. Модели в механике. Системы отсчета, траектория, длина пути, вектор перемещения. Скорость, ускорение, угловая скорость, угловое ускорение.
2. Динамика материальной точки и поступательное движение твёрдого тела. Законы Ньютона. Законы сохранения импульса, момента импульса.
3. Работа и энергия. Кинетическая и потенциальная энергии. Графическое представление энергии.
4. Механика твёрдого тела. Момент инерции. Кинетическая энергия вращения. Момент силы. Момент импульса. Деформации твёрдого тела.
5. Тяготение. Элементы теории поля. Законы Кеплера. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести и вес. Поле тяготения, напряжённость. Работа в поле тяготения, потенциал. Космические скорости. Неинерциальные системы отсчёта. Силы инерции.
6. Элементы механики жидкости. Давление в жидкости и газе. Уравнение неразрывности. Уравнение Бернулли и следствия из него. Вязкость, методы её определения. Движение тел в жидкостях и газах.
7. Элементы специальной теории относительности. Преобразования Галилея. Постулаты теории относительности. Преобразования Лоренца, следствия из них. Основной закон релятивистской динамики материальной точки. Закон взаимодействия массы и энергии.

Раздел 2. ОСНОВЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕРМОДИНАМИКИ.

1. Молекулярно-кинетическая теория идеальных газов. Опытные законы идеальных газов. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Основное уравнение идеальных газов. Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям и энергиям теплового движения. Барометрическая формула. Распределение Больцмана. Распределение Максвелла-Больцмана. Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега. Опытное обоснование молекулярно-кинетической теории.
2. Основы термодинамики. Первое начало термодинамики. Работа газа при изменении его объема. Теплоёмкость. Изопроцессы, адиабатический процесс. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия и её свойства. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его изотермы. Эффект Джоуля-Томсона.

Раздел 3. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ.

Министерство образования и науки РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф – Программа вступительных испытаний		

1. Электростатика. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.

Электростатическое поле, напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции электростатических полей. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме. Применение теоремы Гаусса. Циркуляция вектора напряжённости электростатического поля. Потенциал электростатического поля. Типы диэлектриков. Поляризация диэлектриков. Поляризованность. Напряжённость поля в диэлектриках. Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектрике. Условия на границе раздела двух диэлектрических сред. Проводники в электростатическом поле. Электрическая ёмкость уединённого проводника. Конденсаторы. Энергия системы зарядов, уединённого проводника, конденсатора. Энергия электростатического поля.

2. Постоянный электрический ток. Электрический ток, сила, плотность тока. Сторонние силы. ЭДС и напряжение. Закон Ома. Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Правила Кирхгофа для разветвлённых цепей.

3. Магнитное поле и его характеристики. Закон Био-Савара-Лапласа. Закон Ампера. Магнитная постоянная. Единицы магнитной индукции и напряжённости магнитного поля. Магнитное поле движущегося заряда. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Движение заряженных частиц в магнитное поле. Эффект Холла. Циркуляция магнитной индукции в вакууме. Поток вектора магнитной индукции. Теорема Гаусса для магнитной индукции. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле.

4. Электромагнитная индукция. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея и его вывод из закона сохранения энергии. Вращение рамки с током в магнитном поле. Индуктивность контура, самоиндукция. Взаимная индукция. Энергия магнитного поля.

5. Магнитные свойства вещества. Магнитные моменты электронов и атомов. Намагниченность. Магнитное поле в веществе. Условия на границе раздела двух магнетиков.

6. Электромагнитная теория Максвелла. Ток смещения. Уравнения Максвелла. Волновые уравнения в диэлектрике. Вектор Умова-Пойтинга. Электромагнитные волны в металлах.

Раздел 4. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ.

1. Механические и электромагнитные колебания. Гармонические колебания (механические, свободные, их сложение). Дифференциальное уравнение свободных затухающих и вынужденных колебаний. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонанс. Переменный ток. Резонанс напряжений. Резонанс токов. Мощность, выделяемая в цепи переменного тока.

2. Упругие волны. Волновые процессы. Продольные и поперечные волны. Уравнение

Министерство образования и науки РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф – Программа вступительных испытаний		

бегущей волны. Фазовая скорость. Волновое уравнение. Принцип суперпозиции. Групповая скорость. Интерференция волн. Стоячие волны. Дифференциальное уравнение электромагнитной волны. Энергия электромагнитной волны. Импульс электромагнитного поля.

Раздел 5. ОПТИКА.

1. Элементы геометрической и электронной оптики. Основные законы оптики. Полное отражение. Изображение предметов с помощью линз. Основные фотометрические величины и их единицы.

2. Интерференция света. Когерентность и монохроматичность световых волн. Интерференция. Интерференция света. Методы наблюдения интерференции света. Интерференция света в тонких пленках.

3. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на круговом отверстии и диске. Дифракция Фраунгофера (на одной щели, на дифракционной решётке). Пространственная решётка. Рассеяние света. Дифракция на пространственной решётке. Формула Вульфа-Брэгга. Разрешающая способность.

4. Взаимодействие электромагнитных волн с веществом. Дисперсия света. Электронная теория. Абсорбция света. Эффект Доплера.

5. Поляризация света. Естественный и поляризованный свет. Угол Брюстера. Анализ поляризованного света. Эффект Керра. Эффект Фарадея (вращение плоскости поля поляризации).

6. Квантовая теория излучения. Тепловое излучение и его характеристики. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана, смещение Вина. Формулы Релэ-Джинса и Планка. Оптическая пирометрия. Виды фотоэффекта. Три закона внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Масса и импульс фотона, давление света. Эффект Комптона.

Раздел 6. КВАНТОВАЯ ФИЗИКА.

1. Элементы квантовой механики. Волновые свойства микрочастиц, уравнение Шрёдингера. Соотношение неопределенностей. Энергия свободной частицы. Фазовая и групповая скорость распространения волн де Бройля. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Частица в потенциальном ящике. Атом водорода. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули.

2. Силы связи и внутренняя структура твёрдых тел. Силы Ван-дер-Ваальса. Виды связи (ионная, атомная, металлическая). Кристаллическая решётка (индексы узлов, направления плоскости). Классическая теория теплоёмкости твёрдых тел. Закон Дюлонга и Пти.

Министерство образования и науки РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф – Программа вступительных испытаний		

Квантовая теория теплоёмкости твёрдых тел по Эйнштейну. Теория Дебая. Тепловое расширение твёрдых тел.

3. Квантовая статистика Ферми-Дирака. Отличие квантовой статистики от классической. Электронный газ. Функция распределения Ферми-Дирака, распределение электронов по энергиям, по составляющим импульса, по импульсам. Вырожденный электронный газ. Теплоёмкость электронного газа.

4. Зонная теория твёрдых тел. Теория свободных электронов. Два приближённых метода описания поведения электронов в твёрдом теле (сильной связи, слабой связи). Энергетические зоны, внутренняя структура энергетических зон кристалла. Движение электронов в периодическом поле кристалла под действием внешней силы. Эффективная масса электрона. Понятие о дырках. Заполнение зон электронами.

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКЗАМЕНА:

1. Закон всемирного тяготения. Поле тяготения, напряжённость. Работа в поле тяготения, потенциал.
2. Преобразования Галилея. Постулаты теории относительности. Преобразования Лоренца, следствия из них.
3. Закон Максвелла для распределения молекул идеального газа по скоростям и энергиям теплового движения. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
4. Опытное обоснование молекулярно кинетической теории. Среднее число столкновений и средняя длина пробега.
5. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея и его вывод из закона сохранения энергии. Индуктивность контура, самоиндукция. Энергия магнитного поля.
6. Первое начало термодинамики. Работа газа при изменении его объёма. Теплоёмкость. Изопроцессы, адиабатический процесс.
7. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия и её свойства. Второе начало термодинамики.
8. Принцип суперпозиции электростатических полей. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме. Применение теоремы Гаусса. Циркуляция вектора напряжённости электростатического поля. Потенциал электростатического поля.
9. Типы диэлектриков. Поляризация диэлектриков. Поляризованность. Напряжённость поля в диэлектриках. Теорема Гаусса в диэлектриках. Условия на границе раздела двух диэлектрических сред.
10. Проводники в электростатическом поле. Электрическая ёмкость уединённого проводника. Конденсаторы. Энергия системы зарядов, уединённого проводника,

Министерство образования и науки РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф – Программа вступительных испытаний		

конденсатора. Энергия электростатического поля.

11. Закон Био-Савара-Лапласа. Закон Ампера. Магнитная постоянная.
12. Магнитное поле движущегося заряда. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Теорема Гаусса для поля B . Циркуляция B для магнитного поля в вакууме.
13. Тепловое излучение. Закон Кирхгофа. Закон Стефана-Больцмана, смещение Вина. Вывод формулы Рэлея-Джинса и Планка.
14. Естественный и поляризованный свет. Угол Брюстера. Анализ поляризованного света. Эффект Керра. Эффект Фарадея (вращение плоскости поляризации).
15. Дисперсия света, электронная теория.
16. Пространственная решётка. Рассеяние света. Дифракция на пространственной решётке. Формула Вульфа-Брегга. Разрешающая способность.
17. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция Френеля на отверстии или диске. Дифракция Фраунгофера (на щели или решётке).
18. Когерентность и монохроматичность световых волн. Интерференция. Методы наблюдения интерференции. Интерференция света в тонких плёнках.
19. Дифференциальное уравнение электромагнитной волны. Энергия электромагнитной волны.
20. Интерференция волн. Стоячие волны.
21. Волновые процессы. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны. Фазовая скорость. Волновое уравнение.
22. Гармонические колебания (механические, свободные, их сложение). Дифференциальное уравнение свободных затухающих и вынужденных колебаний. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонанс.
23. Магнитные моменты электронов и атомов. Намагниченность. Магнитное поле в веществе. Условия на границе раздела двух магнетиков.
24. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Уравнения Максвелла для электромагнитного поля.
25. Волновые свойства микрочастиц. Уравнение Шрёдингера. Соотношение неопределённости. Энергия свободной частицы.
26. Прохождение частицы через потенциальный барьер, движение в потенциальном ящике.
27. Кристаллическая решётка (индексы узлов, направления, плоскости). Моно- и поликристаллические твёрдые тела. Дефекты в кристаллах.
28. Упругая и пластическая деформации. Скольжение, механическое двойникование, сдвиг.

Министерство образования и науки РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф – Программа вступительных испытаний		

Дислокации (линейные, винтовые). Преодоление препятствий дислокациями.

29. Теория свободных электронов. Два приближённых метода описания поведения в твёрдом теле (сильной связи, слабой связи).

30. Классическая теория теплоёмкости твёрдого тела. Закон Дюлонга и Пти. Квантовая теория теплоёмкости твёрдых тел по Эйнштейну. Теория Дебая.

31. Отличие квантовой статистики от классической. Электронный газ. Функция распределения Ферми-Дирака.

32. Распределение электронов по энергиям, по составляющим импульса, по импульсам. Вырожденный электронный газ. Теплоёмкость электронного газа.

33. Энергетические зоны, внутренняя структура энергетических зон кристалла. Движение электрона в периодическом поле кристалла под действием внешнего поля. Эффективная масса электрона. Понятие о дырках. Заполнение зон электронами.

34. Электропроводность металлов (классическая, квантовая, сверхпроводимость).

35. Собственные и примесные полупроводники. Уровень Ферми в собственных и примесных полупроводниках. Концентрация носителей тока в полупроводниках.

36. Подвижность носителей. Собственная и примесная проводимость. Эффект Холла.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА:

Д. В. Сивухин. Общий курс физики в 5-ти т. Т. 1. Механика.- 2005. Д. В. Сивухин. Общий курс физики в 5-ти т. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика.- 2005.

Д. В. Сивухин. Общий курс физики в 5-ти т. Т. 3. Электричество.- 2004. Д. В. Сивухин. Общий курс физики в 5-ти т. Т. 4. Оптика.- 2005. Д. В. Сивухин. Общий курс физики в 5-ти т. Т. 5, часть 1. Атомная физика.- 2002. Д. В. Сивухин. Общий курс физики в 5-ти т. Т. 5, часть 2. Ядерная физика.- 2002. И. И. Ольховский. Курс теоретической механики для физиков. М., Изд-во МГУ, 1978.

Л. Д. Ландау и Е. М. Лифшиц. Механика. М., Наука. 1988. Б. В.

Петкевич. Теоретическая механика. М., Наука, 1989.

И. А. Квасников. Термодинамика и статистическая физика. Теория равновесных систем. М., Изд-во МГУ, 1991.

Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Статистическая физика. 1976.

В. И. Денисов. Введение в электродинамику сплошных сред. М, Изд-во МГУ, 1989. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Теория поля. М., Наука, 1973. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред. М., Наука, 1982. Г. С. Ландсберг. Оптика. М., 1976.

Н. И. Калитеевский. Волновая оптика. М., Высшая школа. 1978. Б. И. Бутиков. Оптика. М.,

Министерство образования и науки РФ Ульяновский государственный университет	Форма	
Ф – Программа вступительных испытаний		

Высшая школа, 1986. А. С. Давыдов. Квантовая механика. М., Физматгиз, 1973. Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. Квантовая механика. М, Физматгиз, 1974. Д. И. Блохинцев. Основы квантовой механики. М., Наука, 1983. А. А. Соколов, Ю. М. Лоскутов, И. М. Тернов. Квантовая механика. М., Просвещение, 1965.

А. Мессиа. Квантовая механика. Т.1, 2. М., Наука, 1978.

К. Н. Мухин Экспериментальная ядерная физика, кн. 1.2, М., Энергоатомиздат, 1993.