

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)**



УТВЕРЖДАЮ

Врио ректора

Е.Е. Чупандина

17.01.2025 г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ПРИ ПРИЕМЕ
НА ОБУЧЕНИЕ ПО ПРОГРАММАМ МАГИСТРАТУРЫ**

28.04.02 НАНОИНЖЕНЕРИЯ

Воронеж

2025

Программа разработана на основе ФГОС высшего образования по программе магистратуры 28.04.02 Наноинженерия.

Вступительное испытание для поступающих в магистратуру проводится в объеме Государственного экзамена по физике для бакалавров физики и по дополнительным вопросам программы бакалавриата, соответствующим выбранной программе магистерской подготовки. Вопросы КИМов позволяют оценить качество знаний, необходимых для освоения программы подготовки магистра по избранному направлению.

При проведении вступительных испытаний в магистратуру по направлению Наноинженерия возможно применение дистанционных образовательных технологий. Номинальное время, отводимое на вступительное испытание - 160 минут.

Аннотация к программе по направлению подготовки 28.04.02 Наноинженерия (очная форма обучения)

Наименование магистерской программы: «Физическая нанодиагностика и синхротронные технологии»

Руководитель магистерской программы: д.ф.-м.н., доцент, зав. кафедрой общей физики **Турищев С.Ю.**

Краткое описание магистерской программы: В рамках магистерской программы предусмотрено изучение истории и методологии науки и техники в области наноинженерии, физических основ наноинженерии, физики наноматериалов и наноструктур, компьютерных технологий в научных исследованиях, методов математического моделирования, физики твердого тела в наноинженерии, физических основ диагностики наноструктур, синхротронных технологий в наноинженерии, электронной микроскопии, зондовой микроскопии, структурных методов анализа, рентгеноэлектронной спектроскопии и микроскопии, процессов наноинженерии, пучковых технологий роста, нано-биогибридных материалов и структур, синхротронных исследований наноструктур, квантовых основ моделирования в наноинженерии, физики тонких пленок в наноинженерии.

Форма вступительного испытания: письменный экзамен.

Разделы:

1. Общая физика
2. Теоретическая физика
3. Физика твердого тела

Программа вступительных испытаний для поступающих по направлению 28.04.02 Наноинженерия

Основные разделы.

1. ОБЩАЯ ФИЗИКА

Составители: Турищев С.Ю. – д.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой общей физики.

Основные знания, умения и навыки, которыми должен обладать абитуриент.

К основным требованиям, предъявляемым к знаниям и умениям абитуриентов, относятся наличие у последних личностных качеств, которые позволят им успешно осуществлять обучение в магистратуре, освоить научно-исследовательские виды профессиональной деятельности в области

наноинженерии, а также сформировать универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции направления Наноинженерия по программе "Физическая нанодиагностика и синхротронные технологии". Для успешного освоения данной образовательной программы подготовки магистра абитуриент должен обладать базовыми фундаментальными знаниями в области общей физики в объёме государственных образовательных стандартов.

Тематический план:

1. Кинематика. Радиус-вектор, скорость и ускорение. Виды движения. Тангенциальное и нормальное ускорения. Закон движения в однородном поле силы тяжести.
2. Инерциальная система отсчёта. Первый закон Ньютона. Понятие силы. Второй закон Ньютона. Основное уравнение динамики. Третий закон Ньютона. Современная трактовка системы законов Ньютона. Фундаментальные и эмпирические силы.
3. Импульс. Закон сохранения импульса. Импульс силы. Реактивное движение. Понятие работы. Консервативные силы. Энергия. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии.
4. Момент импульса. Основное уравнение динамики вращательного движения. Закон сохранения момента импульса. Момент инерции. Кинетическая энергия вращательного движения.
5. Специальная теория относительности. Импульс и энергия. Преобразования Галилея и Лоренца. Замедление времени. Сокращение движущихся масштабов длины. Понятие релятивистского импульса. Полная энергия и энергия покоя.
6. Температура. Тепловое равновесие. Газовые законы. Количество теплоты, внутренняя энергия, работа в термодинамике. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Уравнение состояния идеального газа.
7. Первое начало термодинамики. Теплоёмкость. Второе начало термодинамики. Различные формулировки второго начала термодинамики. Понятие энтропии. Изопроцессы.
8. Молекулы, межмолекулярные взаимодействия. Статистические и динамические закономерности. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана. Формула Больцмана.
9. Реальные газы. Фазовые превращения. Понятие фазы. Фазовая диаграмма состояний. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Явления переноса.
10. Электростатическое поле и его характеристики. Электрический заряд и его дискретность. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Напряженность и потенциал электрического поля. Потенциал и его связь с напряженностью поля. Принцип суперпозиции полей. Работа в электростатическом поле.
11. Поле диполя. Диэлектрики и проводники в электростатическом поле. Молекулярная картина поляризации диэлектриков. Механизмы поляризации. Вектор поляризации (поляризованность) диэлектрика. Сегнетоэлектрики. Пьезоэлектрики. Пирозэлектрики.
12. Силы, действующие на диэлектрик и проводник во внешнем электрическом поле. Энергия взаимодействия точечных зарядов, энергия заряженных проводников. Энергия электрического поля.
13. Сила и плотность электрического тока, сопротивление проводников, закон Ома, закон Джоуля-Ленца. Сторонние силы. ЭДС. Линейные цепи. Правила Кирхгофа. Классическая теория электропроводности.

14. Магнитостатика. Вектор магнитной индукции. Принцип суперпозиции полей. Теорема Остроградского-Гаусса для вектора $\mathbf{B}$. Закон Ампера. Закон Био-Савара-Лапласа. Вихревой характер магнитного поля.

15. Сила и момент сил, действующих на контур с током в магнитном поле. Магнитный момент контура с током. Работа при перемещении контура с током. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Сила Лоренца.

16. Эффект Холла. Молекулярная картина намагничивания магнетиков: диа- и парамагнетизм. Магнитная индукция в веществе. Напряжённость магнитного поля.

17. Магнитная восприимчивость и магнитная проницаемость. Ферромагнетики. Индукционный ток. Закон электромагнитной индукции Фарадея. ЭДС индукции. Правило Ленца. Магнитная энергия проводника с током и энергия магнитного поля.

18. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной формах как обобщение основных опытных фактов, их физический смысл.

19. Гармонические колебания. Биения. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс. Собственная частота колебаний. Колебательный контур. Поляризованные колебания.

20. Волновой процесс. Упругие, плоские, стоячие, сферические волны. Фазовая скорость. Принцип суперпозиции. Электромагнитные волны, поперечность электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн. Природа света. Энергия электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойтинга. Интенсивность волны. Монохроматическая волна. Плотность потока энергии, интенсивность света.

21. Отражение и преломление на границе раздела двух диэлектрических сред. Формулы Френеля. Коэффициенты отражения и пропускания света. Полное внутреннее отражение. Угол Брюстера. Поляризация света и ее виды.

22. Интерференция волн. Квазимонохроматический свет. Условия наблюдения интерференции. Ширина интерференционных полос. Оптическая разность хода. Понятие спектра излучения. Полуширина спектральной линии. Когерентность.

23. Дифракция света. Дифракция Френеля и дифракция Фраунгофера. Принцип Гюйгенса-Френеля. Критерии типа дифракции. Разрешающая способность оптических приборов. Критерий Рэлея. Условия дифракционных максимумов и минимумов. Разрешающая способность дифракционной решётки.

24. Рассеяние света. Понятие мутной среды. Физические причины рассеяния. Рассеяние Ми. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия. Групповая скорость света. Формула Рэлея. Анизотропные среды. Двойное лучепреломление. Закон Малюса.

25. Тепловое излучение. Атомные переходы. Спонтанное излучение, среднее время жизни в возбужденном состоянии. Люминесценция. Вынужденное излучение. Принцип действия лазеров.

Список рекомендуемой литературы:

Основная литература:

1. Матвеев А. Н. Общий курс физики: учебник для студентов вузов: в 5 т. / А. Н. Матвеев. — 3-е изд. — М. : Оникс 21 век : Мир и образование, 2003.
2. Капитонов И.М. Введение в физику ядра и частиц: учебное пособие для студ. физ. фак. класс. ун-тов и других вузов, обуч. по специальности "Ядер. физика" и направлению "Физика" / И. М. Капитонов. — М.: КомКнига, 2006. — 327с.
3. Савельев, И. В. Курс общей физики: учебное пособие : в 3 томах / И. В. Савельев. -13-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022

4. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для инженер.-техн. специальностей вузов / Т. И. Трофимова. -19-е изд., стер. –М.: Академия, 2012. – 557 с

Дополнительная литература:

5. Сивухин Д.В. Общий курс физики : Учебное пособие для студ. физ. специальностей вузов : В 5 т. / Д.В. Сивухин .— М. : ФИЗМАТЛИТ : Изд-во МФТИ, 2002

6. Фабрикант В.А. Физика. Оптика. Квантовая электроника. / В.А. Фабрикант. – М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 209 с.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Составители: Фролов М.В. – д.ф-м.н, профессор, заведующий кафедрой теоретической физики.

Основные знания, умения и навыки, которыми должен обладать абитуриент.

К основным требованиям, предъявляемым к знаниям и умениям абитуриентов, относятся наличие у последних личностных качеств, которые позволят им успешно осуществлять обучение в магистратуре, освоить научно-исследовательские виды профессиональной деятельности в области наноинженерии, а также сформировать универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции направления Наноинженерия по программе "Физическая нанодиагностика и синхротронные технологии". Для успешного освоения данной образовательной программы подготовки магистра абитуриент должен обладать базовыми фундаментальными знаниями в области теоретической физики в объеме государственных образовательных стандартов.

Тематический план:

1. Канонические уравнения, уравнение Гамильтона, скобки Пуассона, теорема Лиувилля, уравнение Гамильтона-Якоби, разделение переменных.
2. Действие для электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Плотность и поток энергии.
3. Постулаты Бора. Правило частот Бора и комбинационный принцип Ритца. Элементарная боровская теория атома водорода.
4. Волновые свойства частиц. Гипотеза де-Бройля. Обоснование корпускулярно-волнового дуализма.
5. Соотношение неопределенностей Гейзенберга для координаты и импульса и следствия из него. Соотношение неопределенностей для времени и энергии и его интерпретация.
6. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Одномерное движение. Одномерный осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция.
7. Прохождение через барьер. Общие свойства движения частицы в центральном поле. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода. Спин. Оператор спина.
8. Уравнение Паули. Тонкая структура атомных уровней. Эффект Зеемана.
9. Столкновения частиц. Общая теория. Борновское приближение. Рассеяние заряженных частиц (формула Резерфорда).

10. Нестационарная теория возмущений. Квантовые переходы. Золотое правило Ферми. Излучение света атомами и молекулами. Спонтанные и вынужденные переходы.
11. Принцип Франка-Кондона. Электронные состояния. Колебательные и вращательные спектры.
12. Распределение Ферми-Дирака. Вырожденный идеальный ферми-газ.
13. Распределение Бозе-Эйнштейна. Вырожденный бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка.
14. Кинетическая теория газов. Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема.
15. Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера-Планка.

Список рекомендуемой литературы:

Основная литература:

1. Давыдов А.С. Квантовая механика: [учебное пособие для студентов университетов и техн. вузов] / А.С. Давыдов. — Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2011. — 703 с.
2. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики: учебное пособие для вузов / Д. И. Блохинцев. — СПб. : Лань, 2004. — 664 с.
3. Ландау Л.Д. Теоретическая физика : в 10 т. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — М. : ФИЗМАТЛИТ. [учебное пособие для студ. физ. специальностей университетов] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц ; Под ред. Л.П. Питаевского. — 2005.

Дополнительная литература:

4. Гинзбург И.Ф. Введение в физику твердого тела. Основы квантовой механики и статистической физики с отдельными задачами физики твердого тела: учебное пособие СПб: Лань, 2007. — 537 с.
5. Соколов А.А., Тернов И.М., Жуковский В.Ч. Квантовая механика. М., Наука, 1991.

3. ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА

Составители: Турищев С.Ю.— д.ф-м.н, доцент, заведующий кафедрой общей физики.

Основные знания, умения и навыки, которыми должен обладать абитуриент.

К основным требованиям, предъявляемым к знаниям и умениям абитуриентов, относятся наличие у последних личностных качеств, которые позволят им успешно осуществлять обучение в магистратуре, освоить научно-исследовательские виды профессиональной деятельности в области наноинженерии, а также сформировать универсальные, общепрофессиональные и профессиональные компетенции направления Наноинженерия по программе "Физическая нанодиагностика и синхротронные технологии". Для успешного освоения данной образовательной программы подготовки магистра абитуриент должен обладать базовыми фундаментальными знаниями в области физики твердого тела в объеме государственных образовательных стандартов.

Тематический план:

1. Уравнение Шредингера для кристалла.
2. Адиабатическое приближение и одноэлектронное приближение.
3. Одноэлектронное приближение.
4. Зоны Бриллюэна. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна кубических кристаллов.

5. Периодические граничные условия Борна-Кармана. Уравнение для периодической части функции Блоха.
6. Число электронных состояний в зоне. Заполнение зон электронами. Металлы. Диэлектрики. Полупроводники.
7. Движение электрона в кристалле.
8. Эффективная масса.
9. Изоэнергетические поверхности.
10. Равновесные концентрации электронов и дырок в зонах (общий случай).
11. Невырожденные и сильновырожденные полупроводники. Аппроксимации интеграла Ферми.
12. Уравнение электронейтральности.
13. Температурные зависимости уровня Ферми и концентрации носителей заряда (собственный полупроводник).
14. Уравнения Хартри и Хартри-Фока с кристаллическим потенциалом. Физический смысл оператора Хартри-Фока. Зонное приближение.
15. Колебания кристаллической решетки. Фононы.
16. Металлы, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонного приближения. Прямые и не прямые переходы.
17. Неравновесные носители заряда и квазиуровни Ферми.

Список рекомендуемой литературы:

Основная литература:

1. Павлов П.В. Физика твердого тела: [учебник для студ. вузов, обуч. по направлению "Физика" и специальностям "Физика и технология материалов и компонентов электронной техники", "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы"] / П.В. Павлов, А.Ф. Хохлов. — Москва : ЛЕНАНД, 2015. — 493 с.
2. Епифанов Г.И. Физика твердого тела : учебное пособие / Г.И. Епифанов. — Изд. 3-е, испр. — СПб. [и др.] : Лань, 2010. — 287 с.
3. Матухин В.Л. Физика твердого тела : учебное пособие / В.Л. Матухин, В.Л. Ермаков. — СПб. [и др.] : Лань, 2010. — 218 с.
4. Наноматериалы. наноструктуры, нанотехнологии [Текст] / А. И. Гусев. - 2-е изд., испр. -М.: Физматлит, 2007. - 414 с.

Дополнительная литература:

5. Абрикосов А. А. Основы теории металлов / А.А. Абрикосов; [под ред. Л.А. Фальковского] .— М. : Физматлит, 2009. — 598 с.
6. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения - 2008 год: сборник / под ред. П.П. Мальцева. — М. : Техносфера, 2008. — 430 с.

Образец контрольно-измерительного материала (КИМ):

Вариант №1

№ п/п	Текст контрольно-измерительного материала
1	Инерциальная система отсчёта. Первый закон Ньютона. Понятие силы. Второй закон Ньютона. Основное уравнение динамики. Третий закон Ньютона. Современная трактовка системы законов Ньютона. Фундаментальные и эмпирические силы.
2	Волновые свойства частиц. Гипотеза де-Бройля. Обоснование корпускулярно-волнового дуализма.

3	Равновесные концентрации электронов и дырок в зонах (общий случай).
---	---

Вариант №2

№ п/п	Текст контрольно-измерительного материала
1	Сила и плотность электрического тока, сопротивление проводников, закон Ома, закон Джоуля-Ленца. Сторонние силы. ЭДС. Линейные цепи. Правила Кирхгофа. Классическая теория электропроводности.
2	Уравнение Паули. Тонкая структура атомных уровней. Эффект Зеемана
3	Неравновесные носители заряда и квазиуровни Ферми.

Вариант №3

№ п/п	Текст контрольно-измерительного материала
1	Сила и момент сил, действующих на контур с током в магнитном поле. Магнитный момент контура с током. Работа при перемещении контура с током. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Сила Лоренца.
2	Нестационарная теория возмущений. Квантовые переходы. Золотое правило Ферми. Излучение света атомами и молекулами. Спонтанные и вынужденные переходы.
3	Эффективная масса.

Критерии оценки качества подготовки, поступающего:

Вступительное испытание проводится в письменной форме. Время, отводимое на вступительное испытание - 160 минут. Максимальная оценка вступительного испытания составляет 100 баллов. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания, составляет 40 баллов.

Максимальная оценка ответа на 1 вопрос - 30 баллов, на 2 вопрос - 35 баллов, на 3 вопрос - 35 баллов. Итоговое количество баллов вступительного испытания определяется как сумма баллов за три вопроса в билете и составляет 100 баллов. Абитуриенты, набравшие менее 40 баллов, выбывают из конкурса.

Ответ абитуриента на вопросы КИМ оцениваются в соответствии со следующими критериями:

- 90 – 100 баллов по трем вопросам выставляются абитуриенту, если он глубоко и подробно изложил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно выстроил ответ, свободно владеет терминологией и свободно ориентируется в теоретическом и практическом материале.

- 76 – 89 баллов по трем вопросам выставляются абитуриенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопросы, правильно применяет терминологию.

- 41 – 75 баллов по трем вопросам выставляются абитуриенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

- 0 – 40 баллов по трем вопросам выставляются абитуриенту, который не знает значительной части программного материала, допускает принципиальные ошибки, не может логично сформулировать ответ.