

УТВЕРЖДАЮ

Ректора НовГУ

И.А. Данилов
2018



**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ
ПРИ ПОСТУПЛЕНИИ В АСПИРАНТУРУ
ПО НАПРАВЛЕНИЮ
03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ**

СОГЛАСОВАНО:

Начальник управления

по работе с абитуриентами

Ф.А. Груздев
« 10 » сентября 2018 г.

Начальник УАО НовГУ

И.А. Данилова
« 1 » октября 2018 г.

РАЗРАБОТАЛИ:

Зав. кафедрой ПТРА

М.И. Бичурин

Проф. кафедры ПТРА

Р.В. Петров
« 05 » 09 2018 г.

Принято на заседании кафедры ПТРА

Протокол №2 от 05.09.2018

Зав. кафедрой ПТРА

М.И. Бичурин
« 05 » 09 2018 г.

Великий Новгород
2018

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
В АСПИРАНТУРУ ПО НАПРАВЛЕНИЮ
03.06.01 «ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ»**

Программа вступительного испытания в аспирантуру Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого (НовГУ) по направлению 03.06.01 Физика и астрономия (направленность «Физика конденсированного состояния») составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия». Программа нацелена на проверку компетентности абитуриентов в области физических знаний как формы системного мировоззрения, способствующей развитию физического образа мышления, навыков критического целеполагания, анализа и оценки источников информации, формированию умения логично формулировать, излагать и аргументированно отстаивать собственное видение физических проблем и способов их разрешения, а также осуществлять глубокую рефлексию своей социальной и профессиональной деятельности.

Целью вступительного испытания является проверка базовых физических знаний и творческих способностей соискателя к самостоятельному ведению научных исследований по выбранному направлению и направленности.

Основные задачи вступительного испытания:

- проверка знаний и умений поступающего в области физики конденсированного состояния;
- определение навыков самостоятельного проведения исследований в области физики;
- выявление мотивационной готовности поступающего к обучению в аспирантуре, способностей к передаче своих профессиональных знаний и проведения соответствующих прикладных исследований.

Вступительное испытание включает теоретические вопросы по дисциплинам, соответствующим направленности подготовки:

Физика конденсированного состояния.

В ходе испытания соискатель должен продемонстрировать глубокое понимание как фундаментальных основ физической науки, так и проблемных вопросов в сфере физики.

Включаемый в программу вопрос по теме исследования формулируется комиссией исходя из намечаемого направления научного поиска будущего аспиранта в рамках выбранной направленности подготовки.

Вступительное испытание при приеме в аспирантуру по направлению 03.06.01 Физика и астрономия проводится в форме письменного экзамена. Письменный экзамен предполагает развернутые ответы на вопросы экзаменационного билета, включающего 3 вопроса (два вопроса по теоретическим основам физики и один – по направленности подготовки). Для письменного экзамена абитуриент использует экзаменационные листы. Во время экзамена не допускается использование вспомогательных материалов, электронных средств.

Для абитуриентов из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов вступительные испытания проводятся с учётом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

Общая продолжительность испытания составляет не более – 90 мин., с учётом индивидуальных особенностей абитуриента.

Время, отводимое на подготовку письменного ответа – 45 мин.

Время, отводимое на подготовку устного ответа – 45 мин.

Максимальное количество баллов за испытание – 100 баллов.

Минимальное количество баллов для успешного прохождения испытания – 60 баллов.

Поступающий, набравший менее 60 баллов за испытание, не может быть зачислен в аспирантуру.

Вопросы, выносимые на вступительные испытания, определяются настоящей программой, в основу которой положены квалификационные требования, предъявляемые специалистам и магистрам, в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по подготовке кадров высшей квалификации (аспирантуры).

ПРАВИЛА ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ

Правила проведения вступительных испытаний определяются «Правилами приёма на обучение по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» от 28 сентября 2018г.

ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕГО КОЛИЧЕСТВА БАЛЛОВ ПОСТУПАЮЩИМ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Общее количество баллов, полученных поступающим на вступительных испытаниях, не должно превышать 100 баллов.

Экзаменационный билет состоит из 3 вопросов. Первые два вопроса оцениваются в 30 баллов, включая:

- полнота ответа – 10 баллов;
- правильность формулировок и терминов – 10 баллов;
- ссылка на общепризнанные источники информации, авторов физической теории – 10 баллов.

Третий вопрос оценивается в 40 баллов, включая:

- полнота ответа – 10 баллов;
- правильность формулировок и терминов – 10 баллов;
- ссылка на общепризнанные источники информации, авторов физической теории – 10 баллов;
- четкая позиция взаимосвязи теории и практики – 10 баллов.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 60 баллов.

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Вопросы к вступительному испытанию по направлению подготовки 03.06.01 «Физика и астрономия» (физика конденсированного состояния)

Раздел 1. Силы связи в твердых телах.

1. Электронная структура атомов. Химическая связь и валентность. Типы сил связи в конденсированном состоянии: ван-дер-ваальсова связь, ионная связь, ковалентная связь, металлическая связь.
2. Химическая связь и ближний порядок. Структура вещества с ненаправленным взаимодействием. Примеры кристаллических структур, отвечающих плотным упаковкам шаров: простая кубическая, ОЦК, ГЦК, ГПУ, структура типа CsCl, типа NaCl, структура типа перовскита CaTiO_3 .
3. Основные свойства ковалентной связи. Структура веществ с ковалентными связями. Структура веществ типа селена. Гибридизация атомных орбиталей в молекулах и кристаллах. Структура типа алмаза и графита.

Раздел 2. Симметрия твердых тел

1. Кристаллические и аморфные твердые тела. Трансляционная инвариантность. Базис и кристаллическая структура. Элементарная ячейка. Ячейка Вигнера-Зейтца. Решетка Браве. Обозначения узлов, направлений и плоскостей в кристалле. Обратная решетка, ее свойства. Зона Бриллюэна.
2. Элементы симметрии кристаллов: повороты, отражения, инверсия, инверсионные повороты, трансляции. Операции (преобразования) симметрии.
3. Элементы теории групп, группы симметрии. Возможные порядки поворотных осей в кристалле. Пространственные и точечные группы (кристаллические классы). Классификация решеток Браве.

Раздел 3. Дефекты в твердых телах

1. Точечные дефекты, их образование и диффузия. Вакансии и межузельные атомы. Дефекты Френкеля и Шоттки.
2. Линейные дефекты. Краевые и винтовые дислокации. Роль дислокаций в пластической деформации.

Раздел 4. Дифракция в кристаллах

1. Распространение волн в кристаллах. Дифракция рентгеновских лучей, нейтронов и электронов в кристалле. Упругое и неупругое рассеяние, их особенности.
2. Брэгговские отражения. Атомный и структурный факторы. Дифракция в аморфных веществах.
3. Методы рентгеноструктурного анализа.

Раздел 5. Колебания решетки

1. Колебания кристаллической решетки. Уравнения движения атомов. Простая и сложная одномерные цепочки атомов. Закон дисперсии упругих волн. Акустические и оптические колебания. Квантование колебаний. Фононы. Электрон-фононное взаимодействие.

Раздел 6. Механические свойства твердых тел

1. Характеристики упругости. Закон Гука. Энергия деформированного кристалла. Механизмы релаксационных явлений. Внутреннее трение.
2. Пластичность. Дислокационные механизмы твердости и пластической деформации твердых тел. Ползучесть и релаксация напряжений.

Раздел 7. Диффузия

1. Диффузия в твердых телах и жидкостях. Коэффициент диффузии, температурная зависимость. Энергия активации диффузии. Само- и гетеродиффузия.
2. Теория скоростей химических реакций. Уравнение Аррениуса. Механизмы диффузии в твердых телах. Эффект Киркендалла, обратный эффект Киркендалла.

Раздел 8. Тепловые свойства твердых тел

1. Теплоемкость твердых тел. Решеточная теплоемкость. Электронная теплоемкость. Температурная зависимость решеточной и электронной теплоемкости.
2. Классическая теория теплоемкости. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы в классической физике. Границы справедливости классической теории.
3. Квантовая теория теплоемкости по Эйнштейну и Дебаю. Предельные случаи высоких и низких температур. Температура Дебая.
4. Тепловое расширение твердых тел. Его физическое происхождение. Анггармонические колебания.
5. Теплопроводность решеточная и электронная. Закон Видемана - Франца для электронной теплоемкости и теплопроводности.

Раздел 9. Электронные свойства твердых тел

1. Электронные свойства твердых тел: основные экспериментальные факты. Проводимость, эффект Холла, термоЭДС, фотопроводимость, оптическое поглощение. Трудности объяснения этих фактов на основе классической теории Друде.
2. Основные приближения зонной теории. Граничные условия Борна - Кармана. Теорема Блоха. Блоховские функции. Квазиимпульс. Зоны Бриллюэна. Энергетические зоны.
3. Брэгговское отражение электронов при движении по кристаллу. Полосатый спектр энергии.
4. Приближение сильносвязанных электронов. Связь ширины разрешенной зоны с перекрытием волновых функций атомов. Закон дисперсии. Тензор обратных эффективных масс.
5. Приближение почти свободных электронов. Брэгговские отражения электронов.
6. Заполнение энергетических зон электронами. Поверхность Ферми. Плотность состояний.
7. Металлы, диэлектрики и полупроводники.
Полуметаллы.

Раздел 10. Магнитные свойства твердых тел

1. Намагниченность и восприимчивость. Диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Законы Кюри и Кюри - Вейсса. Парамагнетизм и диамагнетизм электронов проводимости.
2. Природа ферромагнетизма. Фазовый переход в ферромагнитное состояние. Роль обменного взаимодействия. Точка Кюри и восприимчивость ферромагнетика.
3. Ферромагнитные домены. Причины появления доменов. Доменные границы (Блоха, Нееля).
4. Антиферромагнетики. Магнитная структура. Точка Нееля. Восприимчивость антиферромагнетиков. Ферримагнетики. Магнитная структура ферримагнетиков.
5. Спиновые волны, магноны.
6. Движение магнитного момента в постоянном и переменном магнитных полях. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

Раздел 11. Оптические и магнитооптические свойства твердых тел

Комплексная диэлектрическая проницаемость и оптические постоянные. Коэффициенты поглощения и отражения. Соотношения Крамерса-Кронига.

Поглощения света в полупроводниках (межзонное, примесное поглощение, поглощение свободными носителями, решеткой). Определение основных характеристик полупроводника из оптических исследований.

Магнитооптические эффекты (эффекты Фарадея, Фохта и Керра).

Проникновение высокочастотного поля в проводник. Нормальный и аномальный скин-эффекты. Толщина скин-слоя.

Раздел 12. Сверхпроводимость

1. Сверхпроводимость. Критическая температура. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Критическое поле и критический ток.
2. Сверхпроводники первого и второго рода. Их магнитные свойства. Вихри Абрикосова. Глубина проникновения магнитного поля в образец.
3. Эффект Джозефсона.
4. Куперовское спаривание. Длина когерентности. Энергетическая щель.

Литература:

1. Сивухин Д.В. Общий курс физики. В 5 томах. Том 2. Термодинамика и молекулярная физика, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.
2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 томах. Том 3. Квантовая механика (нерелятивистская теория), М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.
3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 томах. Том 5. Статистическая физика. В 2 частях. Часть 1, М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013.
4. Ашкрофт И., Мермин Н. Физика твёрдого тела. Изд-во "Мир", М., 1979.
5. Киттель Ч. Введение в физику твёрдого тела. М.: Наука, 1978.
6. Шаскольская М.Л. Кристаллография. Изд-во "Высшая школа", М., 1975.
7. Пайерлс Р., Квантовая теория твердых тел, Едиториал УРСС, М., 2002.
8. Киреев П.С. Физика полупроводников. Изд-во "Высшая школа", М., 1975.
9. Займан Дж. Принципы теории твёрдого тела. Изд-во "Мир", М., 1966.

- 10.Абрикосов А.А. Основы теории металлов, ФИЗМАТЛИТ, М., 2009.
- 11.де Женн П.-Ж. Сверхпроводимость металлов и сплавов. Изд-во "Мир", 1968.
- 12.Займан Дж. Модели беспорядка. "Мир", М., 1982.
- 13.Горелик С.С., Дашевский М.Я. Материаловедение полупроводников, М., Металлургия, 1973.
- 14.Киттель Ч. Элементарная физика твердого тела , М., «Наука», 1976 г.
- 15.Мильвидский М.Г., Освенский В.Б. Структурные дефекты в монокристаллах полупроводников М., «Металлургия», 1983 г.
- 16.Бокштейн Б.С., Менделев М.И. Краткий курс физической химии,- М.: Изд.ДомМИСиС. 2008.
- 17.Жуховицкий А.А., Шварцман Л.А., Физическая химия, -М. Металлургия. 2002.
- 18.Родин А.О. Физическая химия, М., Изд.ДомМИСиС, 2010.
- 19.Петелин АЛ. Нелинейная термодинамика М.: Изд.ДомМИСиС. 2011.
- 20.Данилов Ю.А. Лекции по нелинейной динамике М.: КомКнига, 2006.
- 21.Лившиц Б.Г. Металлография. - М.: Металлургия, 1990.
- 22.Новиков И.И., Розин К.М. Кристаллография и дефекты кристаллической решетки. - М.: Металлургия, 1990. - 336 с.
- 23.Новиков И.И., Строганов ИИ, Новиков А.И. Металловедение, термообработка и рентгенография. - М.: МИСиС, 1994.
- 24.Захаров А.М. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. - М. : Металлургия. 1990.
- 25.Новиков И.И. Теория термической обработки металлов. - М.: Металлургия, 1986.
- 26.Материаловедение. - Под ред. Б.Н.Арзамасова. - М.: Машиностроение, 1986.
- 27.Уманский Я.С., Скаков Ю.А., Иванов А.Н., Расторгуев Л.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. -М.: Металлургия, 1982.
- 28.Горелик С.С., Скаков Ю.А., Расторгуев Л.Н. Рентгенографический и электронно-оптический анализ. -М.: МИСиС, 2002.
- 29.Новиков И.И., Строганов Г.Б., Новиков А.И. Металловедение, термообработка и рентгенография.-М.: МИСиС, 1994.
- 30.Дьяконова Н.П., Иванов А.Н. Кристаллография, рентгенография и электронная микроскопия. Раздел: Микрорентгеноспектральный анализ. -М.: МИСиС, №412, 1991.
- 31.Брандон Д., Каплан У. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля, пер. с англ.- М.: Техносфера, 2004.
- 32.Синдо Д., ОикаваТ.. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия. -М.: Техносфера, 2006.
- 33.Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный анализ. Под ред. М.М.Кришталл и др. - М., Техносфера, 2009.

Результаты вступительного испытания определяются в баллах. Диапазон присваиваемых баллов и критерии соответствия представлены в таблице1.

Таблица 1 – Диапазон присваиваемых баллов и критерии соответствия

Диапазон присваиваемых баллов	Критерии соответствия
91-100	Ставится при полных, исчерпывающих, аргументированных ответах на все основные и дополнительные экзаменационные вопросы. Соискатель должен проявить владение современными научными разработками и результатами прикладных исследований в области физики и астрономии. Ответы должны отличаться логической последовательностью, чёткостью выражения мысли и обоснованностью выводов, характеризующих знание литературы, понятийного аппарата и источников информации, умения ими пользоваться при ответе. В полной мере владеет предметной областью заявляемого

	исследования.
75-90	Ставится при точных, но недостаточно полных основных и в полной мере аргументированных дополнительных ответах на вопросы. Ответы на основные вопросы должны отличаться логичностью, четкостью, знанием понятийного аппарата и литературы. Допускается неполнота аргументации по отдельным частным позициям положений или утверждений. Владеет предметной областью заявляемого исследования.
60-74	Ставится при неполных или слабо аргументированных ответах, характеризующих общее представление и элементарное понимание существа поставленных вопросов, понятийного аппарата и обязательной литературы. При неудовлетворительном ответе на один из трех вопросов может быть выставлена положительная оценка «удовлетворительно», при условии наличия ответов на два других вопроса. Владеет предметной областью заявляемого исследования.
21-59	Ставится при незнании существа хотя бы двух экзаменационных вопросов. Показан уровень знаний, не достаточный для начала обучения по основной образовательной программе. Не в полной мере владеет предметной областью заявляемого исследования.
1-20	При ответе обнаружилось значительные пробелы в знании учебного материала, при ответе были допущены грубые ошибки. На дополнительные вопросы абитуриент отвечал неуверенно и со значительными ошибками. Уровень знаний не позволяет приступить к освоению основной образовательной программы. Не владеет предметной областью заявляемого исследования.
0	Абитуриент отказался отвечать на вопросы

Проверка и оценка ответов на вопросы вступительного испытания проводится аттестационной комиссией, действующей на основании приказа НовГУ имени Ярослава Мудрого.

Общая оценка определяется как средний балл, выставленный всеми членами аттестационной комиссии по результатам вступительного испытания.

ПРИМЕР ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого» Экзаменационный билет № 1 Дисциплина «Физика и астрономия» кафедра «Проектирование и технология радиоэлектронной аппаратуры» Направление 03.06.01 Физика и астрономия Направленность 03.06.01 Физика конденсированного состояния 1. Электронная структура атомов. 2. Намагниченность и восприимчивость. 3. Первые опыты наблюдения магнитоэлектрического эффекта.

Председатель предметной
экзаменационной комиссии

Начальник управления
аспирантуры и ординатуры

_____ И.А. Дони́на