

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет
имени Доржи Банзарова»

ПРОГРАММА
вступительного экзамена по научной специальности
1.3.8. Физика конденсированного состояния

Улан-Удэ, 2026

1. Аннотация

Программа предназначена для поступающих в аспирантуру ФГБОУ ВО «Бурятский государственный университет имени Доржи Банзарова» по научной специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Поступающий в аспирантуру должен иметь высшее образование – диплом об окончании магистратуры или специалитета. Объем требований к поступающим в аспирантуру определяется содержанием программ вступительных испытаний. Поступающие в аспирантуру должны продемонстрировать достаточный уровень знаний в области физики, а также навыки работы с основной и дополнительной литературой по дисциплине, дать оценку актуальности проблематики разных научных школ, владение методами и приемами анализа свойств материалов.

2. Цели и задачи вступительных испытаний

Целью вступительных испытаний является оценка уровня знаний, умений и навыков теоретических и методологических основ специальности «Физика» на базе знаний и умений по общей и теоретической физике, приобретенных в процессе обучения по программам бакалавриата, магистратуры.

Задачи вступительных испытаний:

- определить объем знаний по курсу общей и теоретической физике;
- оценить сформированные умения по применению теоретических знаний при решении задач;
- определить умения и навыки самостоятельной научно-исследовательской поступающего.

3. Форма проведения вступительных испытаний

Для поступающих на места в рамках контрольных цифр приема, а также по договорам об оказании платных образовательных услуг на определенное направление подготовки устанавливаются одинаковые вступительные

испытания по физике на русском языке. Вступительные испытания проводятся в устной форме по билетам.

4. Оценка результатов вступительных испытаний

Уровень знаний поступающего оценивается экзаменационной комиссией по стобалльной шкале, минимальный балл для зачисления составляет 60 баллов.

Оценка определяется как средний балл, выставленный экзаменаторами во время экзамена.

Критерии оценки результатов экзамена в аспирантуру:

100 - 85 полный безошибочный ответ, в том числе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. Поступающий должен правильно определять понятия и категории, выявлять основные тенденции и противоречия, свободно ориентироваться в теоретическом и практическом материале.

84 - 65 правильные и достаточно полные, не содержащие ошибок и упущений ответы. Оценка может быть снижена в случае затруднений студента при ответе на дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии. При ответе допущены отдельные несущественные ошибки.

64 - 30 недостаточно полный объем ответов, наличие ошибок и некоторых пробелов в знаниях.

29 - 20 неполный объем ответов, наличие ошибок и пробелов в знаниях.

19 - 1 отсутствие необходимых знаний.

Пересдача вступительных испытаний не допускается. Сданные вступительные испытания действительны в течение календарного года.

5. Перечень вопросов для вступительных испытаний

5.1. Механика

Кинематика материальной точки. Линейные и угловые скорости и ускорения. Динамика материальной точки. Законы Ньютона. Импульс, момент

импульса, энергия. Законы сохранения. Движение в центральном поле. Кинематика и динамика твердого тела. Момент инерции, уравнение вращательного движения. Гироскопические явления. Колебания и волны. Гармонические колебания, сложение колебаний. Затухающие и вынужденные колебания. Резонанс. Волновое уравнение, фазовая и групповая скорости. Интерференция и дифракция волн. Акустика. Элементы специальной теории относительности. Преобразования Лоренца, релятивистская динамика.

5.2. Молекулярная физика

Термодинамика и статистическая физика. Термодинамический и статистический подход к описанию молекулярных явлений. Температура. Постоянная Больцмана. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия, теплота и работа. Циклические процессы. Цикл Карно и его КПД. Второе начало термодинамики. Энтропия термодинамической системы. Термодинамическая вероятность и энтропия. Термодинамические потенциалы. Общие условия равновесия фаз. Взаимодействие молекул. Идеальный газ. Основные газовые законы. Распределение молекул газа по скоростям. Идеальный газ во внешнем потенциальном поле. Распределение Больцмана. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Каноническое распределение Гиббса. Статистическая сумма и свободная энергия системы. Статистика Бозе–Эйнштейна и статистика Ферми–Дирака. Равновесное излучение абсолютно черного тела. Спектральная плотность излучения. Формула Планка. Теплоемкость твердых тел. Теории Эйнштейна и Дебая. Теория флуктуаций. Флуктуация плотности. Броуновское движение. Формулы Эйнштейна для дисперсии импульса и смещения броуновской частицы. Жидкости. Поверхностные энергии и натяжения. Давление под искривленной поверхностью. Формула Лапласа. Смачиваемость и капиллярные явления, адгезия. Адсорбция компонентов, формула Гиббса. Твердые тела. Кристаллы. Симметрия кристаллов. Дефекты в кристаллах. Фазовые переходы первого и второго рода. Условия равновесия и устойчивости фаз. Явления переноса. Диффузия, закон Фика; внутреннее трение, закон Ньютона–Стокса;

теплопроводность, закон Фурье. Кинетическое уравнение Больцмана. Понятие об Н-теореме. Плазменное состояние вещества. Кинетическое уравнение Власова. Понятие о самосогласованном поле.

5.3. Электродинамика и оптика

Электростатические поля. Закон Кулона. Теорема Гаусса. Потенциал электрического поля. Закон Био–Савара–Лапласа. Теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля. Уравнения Максвелла в вакууме. Скалярный и векторный потенциалы. Излучение электромагнитных волн в электрическом дипольном приближении. Уравнения Максвелла в среде. Диэлектрическая проницаемость. Пространственная и временная дисперсии диэлектрической проницаемости. Проводники, сверхпроводники, диэлектрики и магнетики и их физические свойства. Преобразование Лоренца. Законы преобразования плотностей зарядов и токов, полей и потенциалов. Преобразование частоты и волнового вектора электромагнитной волны при преобразованиях Лоренца. Эффект Доплера. Основы электромагнитной теории света. Энергия и импульс световых волн. Опыты Лебедева по измерению светового давления. Интерференция света. Временная и пространственная когерентность. Интерферометры. Дифракция света. Приближения Френеля и Фраунгофера. Спектральные приборы. Роль дифракции при формировании оптических изображений. Дисперсия и поглощение света. Фазовая и групповая скорости света. Отражение и преломление света. Молекулярное рассеяние света. Формула Рэлея. Спектральный состав рассеянного света. Излучение осцилляторов. Естественная ширина спектральной линии. Ударное (столкновительное) и доплеровское уширение линий. Квазистационарное приближение в макроскопической электродинамике и границы его применимости. Скин-эффект. Нелинейные оптические явления. Генерация гармоник, самофокусировка света.

5.4. Атомная физика и квантовая теория

Экспериментальные факты, лежащие в основе квантовой теории. Законы теплового излучения конденсированных сред, формула Планка. Атомные спектры излучения. Атом водорода. Постулаты Бора. Опыты по дифракции электронов и атомов. Волновые и корпускулярные свойства материи. Гипотеза де-Бройля. Основные постулаты квантовой механики. Операторы координаты и импульса. Гамильтониан. Чистые и смешанные состояния квантовомеханической системы. Волновая функция и ее свойства. Плотность вероятности и матрица плотности. Принцип неопределенности. Описание эволюции квантовомеханических систем. Уравнения Шредингера. Стационарные состояния. Линейный квантовый гармонический осциллятор. Энергии и волновые функции стационарных состояний. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект. Движение в центральном поле. Атом водорода: волновые функции и уровни энергии. Орбитальный механический и магнитный моменты. Сложение моментов. Спектры атомов щелочных металлов. Влияние магнитного поля на излучение. Эффекты Зеемана и Пашена–Бака. Эффект Штарка. Уравнение Дирака. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура спектра атома водорода. Системы тождественных частиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Многоэлектронный атом. Приближение самосогласованного поля. Электронная конфигурация атома. Терм. Тонкая структура терма. Приближение LS и JJ-связей. Правила Хунда. Периодическая система элементов Д.И.Менделеева. Периоды и группы. Переходные элементы. Электромагнитные переходы в атомах и молекулах. Правила отбора. Спектры излучений. Основы физики молекул. Адиабатическое приближение. Термы двухатомной молекулы. Типы химической связи. Спектры двухатомных молекул. Излучение света атомами и молекулами. Двухуровневая система. Спонтанные и вынужденные переходы. Усиление света, лазеры. Движение частиц в периодическом поле, зонная структура энергетических спектров.

5.5. Физика атомного ядра и частиц

Основные характеристики атомных ядер. Протоны и нейтроны. Масса и энергия связи ядра. Квантовые характеристики ядерных состояний. Спин ядра. Модели атомных ядер. Модель Ферми-газа, оболочечная модель, модель жидкой капли. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада, α -распад, β -распад и γ -излучение ядер. Эффект Мессбауэра. Деление и синтез ядер. Цепная реакция деления и термоядерная реакция. Ядерная энергия. Реакторы. и обобщенная модель ядра. Механизмы ядерных реакций. Сечения реакций. Каналы реакций. Ядерные силы и их свойства. Частицы и взаимодействия. Взаимодействие как обмен квантами калибровочного поля (калибровочными бозонами). Фундаментальные частицы – лептоны и кварки. Античастицы. Сильное и слабое взаимодействия. Кварковая структура адронов. Цветовой заряд кварков. Глюоны. Слабые распады кварков и лептонов. Нейтрино и антинейтрино. Взаимодействие нейтрино с веществом. Симметрии и законы сохранения. Объединение взаимодействий. Нуклеосинтез во Вселенной. Ядерные реакции в звездах. Взаимодействие частиц и излучений с веществом. Принципы и методы ускорения заряженных частиц. Методы детектирования частиц.

5.6. Вопросы по специальным дисциплинам

Строение и основные физические свойства аллотропных соединений конденсированного углерода (КУ) – алмаз, графит, карбин. Строение и основные свойства нанокристаллических углеродных структур: нанотрубки, фуллерены, наноалмазы. Нанокристаллические формы углерода со смешанными электронными конфигурациями. Структурные превращения в углероде при воздействии температуры и давления. Основные представления о дисперсии электронов в зоне Бриллюэна КУ. Теоретико-групповой анализ структуры и симметрия аллотропных и нанокристаллических форм углерода. Структура колебательного спектра алмаза, графита, карбина, нанокристаллического углерода, интерпретация колебательных мод в спектрах. Влияние дефектов и примесей на колебательный спектр КУ. Уравнения классического дисперсионного анализа при изучении

колебательного спектра КУ. Особенности расчета оптических характеристик КУ с помощью уравнений Френеля. Дисперсионные соотношения Крамерса–Кронига в исследовании оптических характеристик КУ. Общая характеристика приборов и методов спектроскопии: режимы пропускания, отражения (зеркального, диффузного, полного внутреннего отражения), комбинационного рассеяния. Основы качественного и количественного спектрофотометрического анализа. Формула Бугера–Бера. Источники оптического излучения, лазеры. Основы теории ошибок в обработке экспериментальных данных. Абсолютная и относительная погрешность эксперимента. Погрешность прямого и косвенного измерения. Цена деления, класс точности приборов. Статистическая ошибка и способы ее расчета. Распределение случайных событий (распределение Пуассона, распределение Лоренца). Распределение Стьюдента, метод малых выборок. Полимеры. Особенности строения высокомолекулярных соединений. Сегменты и звенья макромолекул. Упругое, высокопластичное и высокотекучее состояния аморфных полимеров. Релаксационные процессы в полимерах. Механизмы β - и α -процессов релаксации. Механические и тепловые свойства полимеров. Строение неорганических стекол. Проблема о природе перехода жидкость–стекло. Релаксационная теория стеклования (Волькенштейна–Птицына). Термодинамическая теория стеклования (Ди-Марцио, Адама). Эффект пластичности стекол. Вязкое течение стеклообразующих расплавов. Уравнения вязкости (Френкеля, Фогеля–Фульчера–Таммана).

6. Рекомендуемая литература

1. Иродов И.Е. Курс общей физики (в 5 томах или один том). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 и более поздние переиздания.
2. Савельев И.В. Курс общей физики (в 3 или 5 томах). М.: Лань, любое издание после 2010 г. (переиздается постоянно).
3. Сивухин Д.В. Общий курс физики (в 5 томах). М.: Физматлит, последние переиздания.

4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Курс теоретической физики (тома 1–10). М.: Физматлит. Особенно: Т. 3 Квантовая механика (нерелятивистская теория); Т. 5 Статистическая физика, ч. 1; Т. 8 Электродинамика сплошных сред (для диэлектриков, магнетиков)
5. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. Фейнмановские лекции по физике (вып. 1–10). М.: Мир, любое переиздание.
6. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твёрдого тела (в 2 томах). М.: Мир, 1979.
7. Харрисон У. Теория твёрдого тела. М.: Мир, любое издание.
8. Займан Дж. Принципы теории твёрдого тела. М.: Мир, 1974.
9. Елесин В.Ф., Каширский А.В., Хайкин М.С. – Физика конденсированного состояния (учебное пособие для вузов). М.: Физматлит, 2010 и позже.
10. Сандитов Д.С., Бартенев Г.М. Физические свойства неупорядоченных структур. Новосибирск: Наука, 1982.
11. Бехтерев А.Н. Колебательные состояния в конденсированном углероде и наноуглероде. Магнитогорск: МаГУ, 2007.
12. Губин С.П., Ткачев С.В., Майоров Д.Ю. Графен и родственные наноуглеродные материалы. М.: Техносфера, 2014.
13. Елецкий А.В., Смирнов Б.М. Фуллерены и структуры углерода. М.: МФТИ, 2007.
14. Бартенев Г.М., Френкель С.Я. Курс физики полимеров. М.: Химия, 1991. 436 с.

Дополнительная литература

1. Бартенев Г.М., Бартенева А.Г., Релаксационные свойства полимеров. М.: Химия, 1992. 384 с.
2. Мазурин О.В. Стеклование. М.: Наука, 1986. 156 с.
3. Сандитов Д.С., Бартенев Г.М. Физические свойства неупорядоченных структур. Новосибирск: Наука, 1982. 259 с.

4. Бартенев Г.М., Сандитов Д.С. Релаксационные процессы в стеклообразных системах. Новосибирск: Наука, 1986. 276 с.

5. Козлов Г.В., Сандитов Д.С. Анггармонические эффекты и физикомеханические свойства полимеров. Новосибирск: Наука, 1994. 261 с.

Зав. кафедрой общей и теоретической
физики, к.т.н., доцент

А.А. Машанов