

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Бурятский государственный университет»



«ПРИЕМАЮ»

Председатель приемной комиссии

*Н.И. Мошкин* Н.И. Мошкин

» 03 \_\_\_\_\_ 20 17 г.

**ПРОГРАММА  
ПСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ В АСПИРАНТУРУ**

**Направление**

**03.06.01 ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ**

**Направленность (профиль) программы:**

**Теплофизика и теоретическая теплотехника**

Улан-Удэ

2017

## ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа вступительного экзамена по специальной дисциплине, соответствующей профилям направления по программе подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Теплофизика и теоретическая теплотехника составлена в соответствии с:

- 1) Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012г. №273-ФЗ;
- 2) Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре);
- 3) письмом Минобрнауки РФ от 06.11.2013 г. АК-2589/05 «О таблице соответствия»;
- 4) Уставом Бурятского государственного университета в редакции 2011 г.;
- 5) Положением «Проектирование внутривузовской нормативной документации».

## ПРОГРАММА

вступительных испытаний по специальной дисциплине, соответствующей профилю – «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Экзамен состоит из двух частей: общая часть и специальная часть. Общая часть содержит основной материал курсов общей и теоретической физики в объеме университетского курса физических и физико-технических специальностей на темы - по строению, физико-химическим свойствам, методам исследования объектов в твердом, жидком, газообразном и нанокристаллическом состоянии. Специальная часть включает вопросы, внесенные в курсы и спецкурсы по физике конденсированного состояния, физике нанокристаллических углеродных структур, по методам оптической спектроскопии и теории ошибок.

### **Общая часть**

Термодинамика. Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ). Строение твердых, жидких, газообразных тел в МКТ. Масса, размеры, скорости движения, силы взаимодействия молекул. Распределения Больцмана, Максвелла-Больцмана молекул газов. Опыт Штерна. Температура и давление газа в МКТ. Уравнения МКТ. Методы и приборы измерения температуры и давления. Температурные шкалы Цельсия, Кельвина, Реомюра, Фаренгейта.

Закон равномерного распределения энергии молекул газа по степеням свободы. Классическая теория теплоемкости газов и твердых тел. Основные положения и уравнения квантовой теории теплоемкости твердых тел.

Теплота, внутренняя энергия, работа в термодинамике. Начала термодинамики (первое, второе, третье) - термодинамические и статистические формулировки, анализ. Тепловая машина, цикл Карно, КПД.

Агрегатные состояния вещества и переходы между ними. Теплоты и условия переходов. Диаграммы состояния. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Тройная точка. Уравнение Ван-дер-Ваальса и его анализ. Критическое состояние вещества. Методы получения низких температур. Влажность: абсолютная, относительная, точка росы, методы измерения и расчета.

Электродинамика. Электризация тел. Электрический заряд и его свойства. Взаимодействие точечных и протяженных зарядов. Напряженность и потенциал электростатического поля, напряжение. Принцип суперпозиции.

Электростатическая теорема Остроградского-Гаусса и ее применение. Диэлектрики и их классификация. Теория поляризации диэлектриков, вектор поляризации, диэлектрическая проницаемость и восприимчивость. Емкость, конденсаторы и их соединения в цепи, заряд, напряжение, энергия конденсаторов и электростатического поля.

Проводники, полупроводники, диэлектрики. Классическая теория электропроводности проводников. Законы Ома, Джоуля-Ленца, Видемана-Франца в дифференциальной форме. Сверхпроводимость, высокотемпературная сверхпроводимость. Электролиз, законы Фарадея.

Электрический ток в газах, самостоятельный и несамоустойчивый разряд. Ионизационные камеры, счетчики, электрические фильтры.

Собственная и примесная проводимость полупроводников. Электронный «р-п» переход, диод и транзистор. Термо- и фотосопротивления. Магнитное поле, индукция и напряженность. Магнетики и их классификация. Теория Кюри-Ланжевена намагничивания и температурной зависимости магнитной проницаемости диа- и парамагнетиков. Электромагнитная индукция и самоиндукция. Закон Фарадея в интегральной и дифференциальной формах, правило Ленца. Индуктивность соленоида. Энергия магнитного, электромагнитного поля. Плотность потока энергии электромагнитного поля, вектор Умова-Пойнтинга.

Колебательный контур, дифференциальное и интегральное уравнение свободных и вынужденных электромагнитных колебаний. Резонанс, добротность колебательного контура. Открытый колебательный контур, излучение и прием электромагнитных волн. Интегральное уравнение плоской электромагнитной волны. Параметры волны (период, частота, длина волны, фаза, волновое число). Спектр электромагнитных волн, общая характеристика диапазонов.

Полная система уравнений Максвелла, как обобщение основных законов электромагнетизма, анализ уравнений. Ток смещения, векторный потенциал. Уравнение Пуассона для векторного потенциала.

Оптика и атомная физика. Геометрическая оптика. Принцип Ферма, его применение для вывода законов отражения и преломления света. Формула тонкой линзы для неоднородной среды и ее анализ. Формула сферического зеркала и ее следствия. Увеличение линзы и зеркала. Построение изображения в линзах, зеркалах и их системах. Формула Ньютона для толстых линз.

Поляризация света и ее виды. Поляризаторы для плоско поляризованного и циркулярно-поляризованного света. Закон Малюса.

Степень поляризации. Вращение плоскости поляризации оптически активными средами.

Интерференция света, условия наблюдения интерференции для оптической разности хода и разности фаз. Получение когерентных волн (бизеркала, бипризма Френеля, метод Юнга, метод Ллойда). Интерференция в тонких пленках: виды, теория и применение.

Дифракция света и ее виды. Принцип Гюйгенса-Френеля и теория зон Френеля. Зонные пластинки. Дифракционная решетка и ее параметры. Дифракционная природа изображений.

Нормальная и аномальная дисперсия света. Электронная теория дисперсии, следствия. Связь диэлектрической проницаемости и показателя преломления среды.

Основные положения квантовой теории света. Фотоэффект и его виды. Законы Столетова и уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта, их анализ. Объяснение давления света в волновой и квантовой теории света, анализ формулы давления. Измерение давления света, опыты Столетова. АЧТ. Формула Планка для спектральной излучательной способности АЧТ и ее анализ. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина.

Модели атома. Опыт и формула Резерфорда по рассеянию альфа-частиц. Постулаты Бора и его теория водородоподобных атомов. Опыты Франка-Герца. Обобщенная формула Бальмера и ее анализ. Строение сложных атомов, электронные группы и подгруппы, периодическая система Менделеева.

Модели и основные характеристики атомных ядер (ядерные силы, заряд, масса, спин, магнитный момент). Дефект масс, энергия связи, удельная энергия связи. Ядерные реакции и их классификация. Альфа-, бета-, гамма-, нейтронный и протонный распады. Методы регистрации элементарных частиц. Элементарные частицы, их свойства и классификация. Реакции с элементарными частицами. Частицы и античастицы. Кварк-глюонное строение барионов. Физический вакуум. Уравнение Шредингера, волновая функция и ее свойства. Частица в потенциальной яме, туннельный эффект. Стандартные условия и Квантование. Операторы в квантовой механике. Корпускулярно-волновой дуализм микрочастиц. Формула Де Бройля. Законы сохранения в квантовой механике и их связь со свойствами пространства и времени.

Солнечная система, общая характеристика планет земной группы и планет-гигантов. Законы Кеплера движения планет. Пояс Койпера, облако Оорта. Гипотезы о происхождении и эволюции Вселенной. Реликтовое излучение, красное смещение в спектрах звезд. Методы определения

расстояний в астрофизике, единицы расстояний. Определение возраста, физических характеристик звезд (возраст, размеры, температура, состав). Гипотеза Лапласа о звездообразовании. Большой адронный коллайдер (ЦЕРН, Швейцария): принцип работы, назначение, анализ основных результатов и их значения для развития современной физики.

### **Специальная часть**

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 теории и методы проведения качественного и количественного спектрофотометрического анализа. Формула Бугера-Бера. Источники оптического излучения, лазеры - физические свойства, диапазоны излучения, применение.

Основы теории ошибок в обработке экспериментальных данных. Абсолютная и относительная погрешность эксперимента. Погрешность прямого и косвенного измерения. Принципы работы основных механических, тепловых, электромагнитных и оптических приборов. Цена деления, класс точности приборов. Статистическая ошибка и способы ее расчета. Распределение случайных событий (распределение Пуассона, Гаусса, Лоренца). Распределение Стьюдента, метод малых выборок.

**Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру  
по направлению подготовки 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая  
теплотехника**

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру по данному направлению производится по пяти бальной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Оценка	Критерии
ОТЛИЧНО	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений.</li><li>2. Демонстрируются глубокие знания дисциплин специальности.</li><li>3. Делаются обоснованные выводы.</li><li>4. Ответ самостоятельный, при ответе использованы знания, приобретённые ранее.</li><li>5. Сформированы навыки исследовательской деятельности.</li></ol>
ХОРОШО	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются систематизировано и последовательно.</li><li>2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.</li><li>3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия.</li><li>4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.</li><li>5. Продемонстрированы навыки исследовательской деятельности.</li></ol>
УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.</li><li>2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплин специальности.</li><li>3. Имеются затруднения с выводами. Определения и понятия даны нечётко.</li><li>4. Навыки исследовательской деятельности</li></ol>

	представлены слабо.
НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Материал излагается Непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний по дисциплине.</li> <li>2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.</li> <li>3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.</li> <li>4. Отсутствуют навыки исследовательской деятельности.</li> </ol>

**Вопросы к вступительным испытаниям по направлению  
01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника**

1. Кинематика материальной точки и поступательного движения твердого тела. Параметры движения, законы, графики и система отсчета.

2. Кинематика вращательного движения твердого тела. Параметры, законы движения, графики.

3. Основные понятия динамики материальной точки. Законы Ньютона. Закон сохранения импульса. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности Галилея. Границы применимости законов классической механики.

4. Основные понятия динамики вращательного движения твердого тела. Закон динамики вращательного движения твердого тела. Закон сохранения момента импульса. Кинетическая энергия вращательного движения твердого тела.

5. Работа силы. Мощность. Консервативные И неконсервативные силы. Потенциальная и кинетическая энергии. Закон сохранения энергии в консервативной и неконсервативной системах.

6. Понятие о колебательном движении. Свободные и вынужденные колебания, уравнение колебаний. Коэффициент затухания, логарифмический декремент затухания. Резонанс.

7. Сложение колебаний одного направления и взаимно перпендикулярных колебаний. Биения и фигуры Лиссажу.

8. Основы молекулярно-кинетической теории газов. Распределения Больцмана, Максвелла. Статистика Максвелла-Больцмана. Опыт Штерна.



9. Акустические волны и их классификация. Уравнение плоской акустической волны, скорость и длина волны. Ультразвуковая Дефектоскопия, томография.

10. Основные понятия термодинамики. Первое начало термодинамики, его применение к изопроцессам в идеальном газе. График процессов. Вечный двигатель первого рода.

11. Тепловые машины. Цикл Карно. КПД цикла Карно. КПД реальных тепловых машин.

12. Внутренняя энергия термодинамической системы. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Классическая теория теплоемкости газов и твердых тел, границы применимости теории.

13. Первое, второе и третье начала термодинамики. Понятие об энтропии и ее изменении в термодинамических процессах. Статистические и термодинамические формулировки II начала.

14. Явления переноса в молекулярной физике. Законы диффузии, теплопроводности и вязкости и их анализ.

15. Закон Кулона. Напряженность и потенциал электростатического поля точечного заряда. Графическое изображение электростатических полей. Связь напряженности и потенциала. Принцип суперпозиции полей. Электростатическая теорема Остроградского-Гаусса, ее применение к расчету полей.

16. Магнитное поле. Индукция и напряженность магнитного поля. Графическое изображение магнитных полей. Силы магнитного взаимодействия (Ампера и Лоренца). Принцип суперпозиции магнитных полей.

17. Полярные и неполярные диэлектрики. Поляризация диэлектриков, вектор поляризации. Диэлектрическая проницаемость и восприимчивость. Сегнетоэлектрики, гистерезис.

18. Магнитные свойства вещества. Основы теории диа-, пара- и ферромагнетизма. Магнитная проницаемость и восприимчивость. Магнитный гистерезис. Применение ферромагнетиков.

19. Магнитное поле токов. Закон Био-Савара-Лапласа. Закон полного тока. Энергия электрического и магнитного полей.

20. Классическая теория электропроводности металлов. Законы Ома и Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной форме. Понятие о сверхпроводимости, высокотемпературная сверхпроводимость.

21. Электромагнитная индукция. Интегральная и дифференциальная формы закона электромагнитной индукции Фарадея. Правило Ленца.

Самоиндукция. Индуктивность. Применение закона электромагнитной индукции.

22. Полная система уравнений Максвелла как обобщение основных законов электромагнетизма. Свободное электромагнитное поле.

23. Электромагнитные волны их классификация, изучение И регистрация. Уравнение плоской электромагнитной волны И ее параметры. Энергия волны. Вектор Умова.

24. Интерференция света и условия ее наблюдения. Методы наблюдения интерференции в оптике (бизеркала и бипризма Френеля, метод Юнга). Условия мах и  $\min$  картины интерференции.

25. Дифракция света и её виды. Принцип Гюйгенса-Френеля, зоны Френеля. Объяснение дифракции сферической и плоской волны на основе зон Френеля. Дифракционная решетка.

26. Естественный и поляризованный свет. Виды поляризации. Закон Брюстера. Поляризаторы и анализаторы. Степень поляризации Излучения. Закон Малюса.

27. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия. Формула Коши. Основы электронной теории дисперсии.

28. Излучательная и поглощательная способность тел. Абсолютно черное тело. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина, формула Планка и её анализ.

29. Постулаты специальной теории относительности. Преобразования Лоренца. Релятивистский закон сложения скоростей. Основные кинематические и динамические следствия из теории относительности.

30. Квантовые свойства света. Фотоэффект и его виды. Опыты И законы Столетова. Уравнение Эйнштейна. Красная граница фотоэффекта.

31. Гипотеза де Бройля о волновых свойствах микрочастиц. Соотношения неопределенностей Гейзенберга и их анализ.

32. Постулаты Бора. Теория водородоподобного атома по Бору. Закономерности в атомных спектрах. Формула Бальмера. Опыты Франка и Герца.

33. Уравнение Шредингера. Волновая функция и ее свойства. Стандартные условия и квантование. Операторы в квантовой механике.

34. Понятие о полном наборе квантовых чисел. Строение сложных атомов. Электронные группы и подгруппы. Принцип Паули. Периодическая система химических элементов Менделеева.

35. Микрочастица в потенциальной яме. Туннельный эффект. Примеры проявления туннельного Эффекта.

36. Законы сохранения в физике и их связь с симметрией пространства и времени.

37. Основные характеристики атомных ядер (заряд, масса, механический момент, магнитный момент, размер ядра). Характеристика ядерных сил. Энергия связи. Дефект массы.

38. Естественная и искусственная радиоактивность. Радиоактивные ряды. Закон радиоактивного распада.

39. Ядерные реакции. Реакция деления и синтеза атомных ядер. Энергия ядерных реакций. Деление ядер урана.

40. Фундаментальные взаимодействия. Элементарные частицы и их классификация. Реакции взаимного превращения элементарных частиц. Кварки и глюоны. Методы регистрации элементарных частиц.

41. Солнечная система, общая характеристика планет земной группы и планет-гигантов. Законы Кеплера движения планет. Пояс Койпера, облако Оорта.

42. Гипотезы о происхождении и эволюции Вселенной. Реликтовое излучение, красное смещение в спектрах звезд. Методы определения расстояний в астрофизике, единицы расстояния.

43. Определение возраста, физических характеристик звезд (возраст, размеры, температура, состав). Гипотеза Лапласа о звездообразовании.

44. Большой адронный коллайдер (ЦЕРН, Швейцария): принцип работы, назначение, анализ основных результатов и их значения для развития современной физики.

## Специальная часть

1. Строение и основные физические свойства аллотропных соединений конденсированного углерода (КУ) - алмаз, графит, карбин.

2. Строение и основные свойства нанокристаллических углеродных структур: нанотрубки, фуллерены, наноалмазы.

3. Нанокристаллические формы углерода со смешанными электронными конфигурациями.

4. Структурные превращения в углероде при воздействии температуры и давления.

5. Основные представления о дисперсии электронов в зоне Бриллюэна КУ.

6. Теоретико-групповой анализ структуры и симметрия аллотропных и нанокристаллических форм углерода.

7. Структура колебательного спектра алмаза, графита, карбина, нанокри-стаплического углерода, интерпретация колебательных мод в спектрах.

8. Влияние дефектов и примесей на колебательный спектр КУ. Уравнения классического дисперсионного анализа при изучении колебательного спектра КУ.

9. Особенности расчета оптических характеристик КУ с помощью уравнений Френеля.

10. Дисперсионные соотношения Крамерса-Кронига в исследовании оптических характеристик КУ.

11. Общая характеристика приборов и методов спектроскопии: режимы пропускания, отражения (зеркального, диффузного, полного внутреннего отражения).

12. Основы качественного и количественного спектрофотометрического анализа. Формула Бугера-Бера. Комбинационное рассеяния света, как метод исследования.

13. Источники оптического излучения, лазеры. Технический вакуум (низкий, средний, высокий): определение, методы получения, характеристика насосов и приборов контроля уровня вакуума (манометров).

14. Основы теории ошибок в обработке экспериментальных данных. Абсолютная и относительная погрешность эксперимента. Погрешность прямого и косвенного измерения.

15. Цена деления, класс точности приборов. Статистическая ошибка и способы ее расчета. Распределение случайных событий (распределения Гаусса, Пуассона, Лоренца), общая характеристика, сравнение.

16. Распределение Стьюдента, метод малых выборок, примеры и особенности применения.

## Рекомендованная литература

1. Иродов Курс общей физики. М.: Высшая школа.- 2004
2. Савельев И.С. Курс общей физики.- Ч. 2-3.- М.: Высшая школа.-1965.
3. Гаджаев Оптика.- М.: Высшая школа.- 2008
4. Дичберн Р. Физическая оптика.- М.: Наука,- 1965.
5. Воробьев Л.Е. и др. Оптические свойства наноструктур.- СПб: Наука.- 2001.
6. Банкер Ф., Иенсен П. Симметрия молекул и спектроскопия.- М.: Мир.- 2004.
7. Бехтерев А. Н. Колебательные состояния в конденсированном углероде и наноуглероде.- Магнитогорск: МаГУ.- 2007.
8. Шулепов С.В. Физика углеродных материалов.- Челябинск: Metallургия.- 1990.
9. Вяткин Г.П., Байтингер Е.М., Песин Л.А. Определение характера гибридизации валентных состояний углерода спектроскопическими методами.- Челябинск: ЧГТУ.- 1996.
10. Альперович Л.И. Метод дисперсионных соотношений и его применение для определения оптических характеристик.- Душанбе: Ирфон.- 1974.
11. Беленков Е.А. Ивановская В.В., Ивановский А.Л. Наноалмазы и родственные углеродные наноматериалы.- Екатеринбург: УРО РАН.- 2008.
12. Харрик Н. Спектроскопия внутреннего отражения.- М.: Мир.- 1970.
13. Свердлова О. В., Сайдов Г. В. Практическое руководство по молекулярной спектроскопии.- Л.: ЛГУ.- 1980.
14. Агекян Т.А. Основы теории ошибок для астрономов и физиков.- М.: Наука.- 1978.
15. Климишин И.А. - Астрономия наших дней- М.: Высшая школа.- 2006.