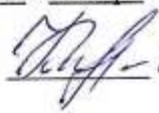


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФГБОУ ВО «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ПРИНЯТО  
на заседании кафедры прикладной физики  
Протокол от « 11 » ноября 2022 г. № 3

Зав. кафедрой  / Ковалева Л.А.

УТВЕРЖДЕНО

Проректор по учебно-методической работе

/ Галимханов А.Б.


« 28 » декабря 2022 г.



**УРОВЕНЬ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ПОДГОТОВКА КАДРОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

**ПРОГРАММА**

**вступительного экзамена по научной специальности  
1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника**

Разработчик:  / д. ф. - м. н., профессор Хабибуллин И.Л.

Уфа – 2022

## ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ.

Программа вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности **1.3.14. «Теплофизика и теоретическая теплотехника»** составлена в соответствии с требованиями ФГТ.

Данная программа вступительных испытаний предназначена для определения практической и теоретической подготовленности выпускников к выполнению образовательной программы подготовки научных и научно-педагогических кадров и представляет собой перечень и краткое содержание тем, список рекомендованной литературы для сдачи вступительного экзамена.

Вступительные испытания проводятся в форме экзамена, целью которого является выявление способности и готовности абитуриента к обучению по образовательным программам аспирантуры. На экзамене для ответа даются три вопроса: один, связанный с научными интересами поступающего (темой вступительного реферата), и два вопроса из основного теоретического курса. Поступающий в аспирантуру должен показать глубокие знания теоретического материала, иметь представление о фундаментальных работах в избранной области, ориентироваться в проблематике дискуссий и критических взглядов ведущих ученых по затрагиваемым вопросам, уметь логично излагать материал, показать навыки владения понятийно-исследовательским аппаратом применительно к области специализации, продемонстрировать свободное владение материалом, изложенным в реферате и научных работах.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры прикладной физики ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (протокол от « 11 » ноября 2022 г. № 3).

### **Область науки:**

1. Естественные науки

### **Группа научных специальностей:**

1.3. Физические науки

### **Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:**

технические науки.

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ АБИТУРИЕНТОВ НА ЭКЗАМЕНЕ.

Баллы	Критерии
0-39	Не усвоена большая часть изученного ранее материала, имеются лишь отдельные отрывочные представления, не прослеживаются межпредметные связи. Не проявлена способность доказательно объяснять факты и процессы; отсутствует умение критично относиться к научной информации, а также собственная точка зрения и логические рассуждения относительно проблемных вопросов. Отрывочные теоретические высказывания не иллюстрируются собственными наблюдениями, примерами из учебной практической деятельности. Владеет общенаучной и профессиональной терминологией, испытывает значительные затруднения в ответах на уточняющие и дополнительные вопросы членов экзаменационной комиссии.
40-59	Знает основной материал, но испытывает трудности в его самостоятельном изложении; ориентируется в вопросах с помощью дополнительных уточнений; испытывает трудности в объяснении фактов и процессов. В ответе ссылается на классические труды и работы современных исследователей, но не в полном объеме; слабо прослеживаются межпредметные связи, нарушена логика в выстраивании ответа.
60-79	Демонстрирует достаточно высокий уровень овладения теоретическими знаниями, свободно ориентируется в специальных терминах. В ответе ссылается на классические общепризнанные научные труды и работы современных авторов. Проявляет умение доказательно объяснять факты и явления, однако, допускает некоторые неточности. Ответ иллюстрируется соб-

	ственными наблюдениями, примерами из учебной практической деятельности; прослеживаются межпредметные связи. В целом ответ имеет логическую последовательность в изложении материала, речь профессионально грамотная, на вопросы предоставляет развернутые правильные ответы.
80-100	Демонстрирует высокий уровень владения теоретическими знаниями; свободно ориентируется в вопросах теории и практики. В своем ответе он 3 апеллирует к классическим трудам и работам современных исследователей; проявляет умение доказательно объяснять факты и явления; владеет навыком выявлять причинно-следственные и межпредметные связи. Обнаруживает умение критично относиться к научной информации, доказательно формулируем свое мнение. Ответ логически построен, речь грамотная, осмысленно использует в суждениях общенаучную и профессиональную терминологию, не затрудняется в ответах на заданные членами комиссии вопросы.

## СОДЕРЖАНИЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ.

### Раздел I. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

#### 1.1. Молекулярно-кинетический и термодинамический методы изучения макроскопических систем.

Идеальный газ. Уравнение Клапейрона-Менделеева. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Распределение Максвелла. Барометрическая формула. Распределение Больцмана. Реальные газы и жидкости. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критическое состояние. Внутренняя энергия реального газа. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение. Капиллярность.

#### 1.2.. Основы равновесной термодинамики.

Обратимые и необратимые процессы. Первое начало термодинамики. Изопроцессы. Второе начало термодинамики. Цикл Карно. Максимальный коэффициент полезного действия тепловой машины. Третье начало термодинамики. Принцип Ле-Шателье. Термодинамика систем с переменным числом частиц. Термодинамика магнетиков и диэлектриков. Термодинамика равновесного излучения.

#### 1.3. Неравновесная термодинамика.

Статистический характер второго начала термодинамики. Выражение для производства энтропии, уравнение баланса энтропии. Линейные законы и уравнения переноса. Влияние свойств симметрии среды на линейные законы. Принцип Кюри. Соотношения взаимности Онсагера. Дифференциальные уравнения законов сохранения массы, импульса и энергии в газах и жидкостях. Стационарные состояния с минимальным производством энтропии.

#### 1.4. Фазы и фазовые превращения.

Фазовые переходы и их классификация. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости. Условия равновесия систем во внешнем поле и гетерогенных систем. Дифференциальные уравнения термодинамики. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Теплоёмкость и энтальпия паров. Диаграммы влажного воздуха. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы первого рода. Поверхностное натяжение, зародыши новой фазы. Фазовые переходы второго рода.

### Раздел II. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО И МАГНЕТИЗМ

## **2.1. Электростатика**

Электромагнитное поле. Закон Кулона. Электрический заряд и его свойства. Напряженность электрического поля. Графическое представление электрического поля. Принцип суперпозиции для напряженности электрического поля. Расчет полей симметричных заряженных тел методом дифференцирования-интегрирования. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса для потока вектора напряженности. Расчет напряженностей полей, создаваемых симметричными зарядами.

Работа сил электростатического поля при перемещении точечного заряда. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Энергия взаимодействия зарядов. Потенциал электростатического поля. Напряженность, как градиент потенциала. Расчет потенциалов полей симметричных тел.

Электрический диполь. Диэлектрик. Вектор поляризации. Напряженность поля в диэлектриках. Индукция электрического поля. Теорема Гаусса для индукции электрического поля. Диэлектрическая восприимчивость вещества и ее зависимость от температуры. Диэлектрическая проницаемость среды. Граничные условия для напряженности и индукции электростатического поля на границе раздела двух диэлектрических сред. Типы диэлектриков. Сегнетоэлектрики. Пьезоэффект.

Распределение зарядов в проводниках. Электрическая емкость уединенного проводника. Емкость электрического конденсатора. Энергия электростатического поля. Объемная плотность энергии электростатического поля.

## **2.2. Постоянный ток**

Электрический ток, его характеристики и условия существования. Разность потенциалов, электродвижущая сила, напряжение. Закон Ома для участка цепи в интегральной и дифференциальной форме. Электрическое сопротивление. Удельное электрическое сопротивление. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Закон Ома для замкнутой цепи. Правила Кирхгофа. Закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной форме. Электрические токи в твердых, жидких телах, газах и вакууме.

## **2.3. Магнетизм**

Магнитное поле. Элемент тока. Индукция магнитного поля. Закон Био-Савара. Вихревой характер магнитного поля. Принцип суперпозиции. Теорема Гаусса для индукции магнитного поля. Расчет полей симметричных токов методом дифференцирования-интегрирования.

Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля по замкнутому контуру. Расчет полей симметричных токов.

Закон Ампера. Взаимодействие параллельных проводников с током. Единица силы тока – Ампер. Контур с током в магнитном поле, его магнитный момент. Работа вращения контура с током в магнитном поле.

Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле.

Магнетик. Магнитное поле в веществе. Намагниченность. Теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля в веществе. Магнитная восприимчивость, магнитная проницаемость. Характеристики магнитного поля на границе раздела двух магнетиков. Типы магнетиков. Ферромагнетики. Кривая намагничивания. Магнитный гистерезис. Домены.

## **2.4. Электромагнетизм**

Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле. Вихревые токи.

Явление самоиндукции. Индуктивность. Токи при замыкании и размыкании цепи, содержащей индуктивность. Явление взаимной индукции.

Энергия магнитного поля. Объемная плотность энергии магнитного поля.

Закон магнитоэлектрической индукции (закон о токах смещения) Максвелла. Вихревое электрическое поле.

Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме. Электромагнитное поле и основные его характеристики.

### **Раздел III. КОЛЕБАНИЯ И ВОЛНЫ**

#### **3.1. Колебания**

Колебания и их характеристики. Кинематика и динамика гармонических колебаний. Энергия гармонического осциллятора. Сложение одинаково направленных и взаимно перпендикулярных гармонических колебаний. Затухающие колебания. Коэффициент затухания. Логарифмический декремент затухания. Вынужденные колебания в резонансных системах. Резонанс. Анализ колебательных процессов в механических и электромагнитных системах.

#### **3.2. Волны. Основные характеристики**

Волны и их характеристики. Уравнения кинематики и динамики волновых процессов (уравнение волны и волновое уравнение). Вектор Пойнтинга.

Поляризация света. Рассеяние, поглощение и дисперсия волн. Отражение и преломление волн на границе раздела двух сред.

#### **3.3. Интерференция и дифракция**

Интерференция волн. Понятие когерентности. Оптическая длина пути. Оптическая разность хода. Стоячие волны. Расчет параметров интерференционной картины от двух источников (опыт Юнга). Интерференция волн в тонких пленках. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля. Дифракция на щели. Дифракционная решетка. Голография.

### **Раздел IV. Предмет и задачи теории теплообмена.**

#### **4.1. Виды теплообмена.**

Температурный градиент. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Факторы, влияющие на коэффициент теплопроводности.

#### **4.2. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности.**

Коэффициент температуропроводности. Условия однозначности. Графическая интерпретация граничных условий. Приближенные методы решения задач теплопроводности.

#### **4.3. Основные положения конвективного теплообмена.**

Критерии подобия и их физический смысл.

### **ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Основные термодинамические параметры состояния.
2. Идеальный газ и его законы. Уравнение Клапейрона. Удельная и универсальная газовые постоянные.
3. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
4. Газовые смеси. Формулы для расчета параметров газовых смесей и связь между ними.
5. Законы Дальтона и Амага.
6. Первое начало термодинамики. Диаграмма «давление-объем». Энтальпия.
7. Виды работ.

8. Теплоемкость газов. Изохорная и изобарная теплоемкости. Уравнение Майера и коэффициент Пуассона.
9. Энтропия и ее прикладное значение. Диаграмма «температура-энтропия». Схемы распределения энергии.
10. Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы. Методы определения показателя политроны.
11. Группы политронных процессов.
12. Односторонность протекания самопроизвольных процессов. Второй закон термодинамики. Цикл Карно.
13. Критика учения о «тепловой смерти Вселенной».
14. Термодинамика потока газа. Скорость звука. Дросселирование газа. Эффект Джоуля – Томсона.
15. Физика фазовых переходов.  
Электромагнитное поле. Закон Кулона. Электрический заряд и его свойства.
16. Расчет полей симметричных заряженных тел методом дифференцирования-интегрирования.
17. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса для потока вектора напряженности. Расчет напряженностей полей, создаваемых симметричными зарядами.
18. Работа сил электростатического поля при перемещении точечного заряда. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля. Энергия взаимодействия зарядов.
19. Потенциал электростатического поля. Напряженность, как градиент потенциала. Расчет потенциалов полей симметричных тел.
20. Электрический диполь.
21. Диэлектрик. Вектор поляризации. Напряженность поля в диэлектриках. Индукция электрического поля.
22. Теорема Гаусса для индукции электрического поля.
23. Диэлектрическая восприимчивость вещества и ее зависимость от температуры. Диэлектрическая проницаемость среды.
24. Граничные условия для напряженности и индукции электростатического поля на границе раздела двух диэлектрических сред.
25. Типы диэлектриков. Сегнетоэлектрики. Пьезоэффект.
26. Распределение зарядов в проводниках. Электрическая емкость уединенного проводника.
27. Емкость электрического конденсатора.
28. Энергия электростатического поля. Объемная плотность энергии электростатического поля.
30. Электрический ток, его характеристики и условия существования. Разность потенциалов, электродвижущая сила, напряжение.
31. Закон Ома для участка цепи в интегральной и дифференциальной форме. Электрическое сопротивление. Удельное электрическое сопротивление.
32. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Закон Ома для замкнутой цепи.
33. Правила Кирхгофа.
34. Закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной форме.
35. Электрические токи в твердых, жидких телах, газах и вакууме.
36. Магнитное поле. Элемент тока. Индукция магнитного поля.
37. Закон Био-Савара. Вихревой характер магнитного поля. Принцип суперпозиции.
38. Расчет полей симметричных токов методом дифференцирования-интегрирования.
39. Теорема Гаусса для индукции магнитного поля.
40. Теорема о циркуляции вектора индукции магнитного поля по замкнутому контуру. Расчет полей симметричных токов.
41. Закон Ампера. Взаимодействие параллельных проводников с током. Единица силы тока - Ампер.

42. Контур с током в магнитном поле, его магнитный момент. Работа вращения контура с током в магнитном поле.
43. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитном поле.
44. Магнетик. Магнитное поле в веществе. Намагниченность.
45. Теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля в веществе. Магнитная восприимчивость, магнитная проницаемость.
46. Характеристики магнитного поля на границе раздела двух магнетиков.
47. Типы магнетиков. Ферромагнетики. Кривая намагничивания. Магнитный гистерезис. Домены.
48. Явление электромагнитной индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле. Вихревые токи.
49. Явление самоиндукции. Индуктивность. Токи при замыкании и размыкании цепи, содержащей индуктивность.
50. Явление взаимной индукции.
51. Энергия магнитного поля. Объемная плотность энергии магнитного поля.
52. Закон магнитоэлектрической индукции (закон о токах смещения) Максвелла. Вихревое электрическое поле.
53. Уравнения Максвелла в интегральной и дифференциальной форме.
54. Электромагнитное поле и основные его характеристики.
55. Колебания и их характеристики. Кинематика и динамика гармонических колебаний.
56. Энергия гармонического осциллятора.
57. Сложение одинаково направленных колебаний.
58. Сложение взаимно перпендикулярных гармонических колебаний.
59. Затухающие колебания. Коэффициент затухания. Логарифмический декремент затухания.
60. Вынужденные колебания в резонансных системах. Резонанс.
61. Анализ колебательных процессов в механических системах.
62. Анализ колебательных процессов в электромагнитных системах.
63. Волны. Основные характеристики волны. Уравнения кинематики и динамики волновых процессов (уравнение волны и волновое уравнение). Вектор Пойнтинга.
64. Поляризация света.
65. Рассеяние, поглощение и дисперсия волн.
66. Отражение и преломление волн на границе раздела двух сред.
67. Интерференция волн. Понятие когерентности. Оптическая длина пути. Оптическая разность хода.
68. Стоячие волны.
69. Расчет параметров интерференционной картины от двух источников (опыт Юнга).
70. Интерференция волн в тонких пленках.
71. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Метод зон Френеля.
72. Дифракция на щели.
73. Дифракционная решетка.
74. Голография.
75. Молекулярно-кинетический и термодинамический методы изучения макроскопических систем.
76. Идеальный газ. Уравнение Клапейрона-Менделеева. Температура. Закон Дальтона.
77. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Распределение Максвелла.
78. Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
79. Внутренняя энергия. Степени свободы.
80. Работа и теплопередача, как две формы обмена энергией. Первое начало термодинамики. Обратимые и необратимые термодинамические процессы.
81. Теплоемкость.
82. Работа газа.

83. Адиабатный процесс.
84. Термодинамические циклы.
85. Термодинамическая вероятность. Энтропия.
86. Второе начало термодинамики.
87. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
88. Неидеальный газ. Жидкость.
89. Фазовый переход газ-жидкость на примере уравнения Ван-дер-Ваальса.
90. Критическое состояние.
91. Внутренняя энергия реального газа.
92. Свойства жидкостей.
93. Поверхностное натяжение. Капиллярность.
94. Явления переноса. Уравнения Фика, Фурье, Ньютона. Коэффициенты переноса.
95. Длина свободного пробега молекул.
96. Микроскопический расчет кинетических коэффициентов.
97. Предмет и задачи теории теплообмена. Виды теплообмена. Температурный градиент.
98. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
99. Факторы, влияющие на коэффициент теплопроводности.
100. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности. Коэффициент температуропроводности. Условия однозначности.
103. Графическая интерпретация граничных условий.
104. Приближенные методы решения задач теплопроводности.
105. Основные положения конвективного теплообмена.
105. Критерии подобия и их физический смысл.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

### **Основная литература**

1. А. Н. Матвеев. Молекулярная физика: учеб. пособие / Изд. 4-е, стер. — СПб. : Лань, 2010 . 368 с.
2. Савельев И. В. Курс общей физики. Т. 1–3. СПб: Лань, 2006.
3. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Т. 1–5. М.: Физматлит, 2005.
4. А.Н.Матвеев. Электричество и магнетизм. М. : Лань. 2010 .— 464 с.
5. И.П. Базаров. Термодинамика: учебник для студентов университетов, обучающихся по специальности "Физика" – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Лань, 2010.– 384 с.
6. Кикоин И. К., Кикоин А. К. Молекулярная физика. СПб.: Лань, 2008.
7. Ландсберг Г. С. Оптика. М.: Физматлит, 2010.
8. Г. С. Лансберг. Оптика. 7-е изд., стер. — М. : Физматлит, 2017 .— 854 с.

### **Дополнительная литература**

1. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. I, II. 5-е изд. М.: Наука, 1994.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. 5-е изд. М.: Наука, 1978
3. Киттель Ч., Найт У., Рудерман М., Парселл Э., Крауфорд Ф., Вихман Э., Рейф Ф. Берклевский курс физики. Т. 1–5. М.: Наука, 1971–1974.
4. Астахов А. В., Широков Ю. М. Курс физики. Т. 1–3. М.: Наука, 1977–1981.
5. Н. И. Калитеевский. Волновая оптика.— Изд. 5-е, стереот. — СПб. ; М. : Лань, 2008 .— 480 с. :