

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физического материаловедения  
Сибирского отделения Российской академии наук  
(ИФМ СО РАН)

**УТВЕРЖДАЮ**

И.о. директора ИФМ СО РАН,  
к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_ Б.З. Гармаев  
приказ от 04.04.2022 г. №270-5-А

**ПРОГРАММА**

**вступительного экзамена по специальной дисциплине**

Шифр и наименование  
группы научных специальностей:

**1.3. Физические науки**

Шифр и наименование  
научных специальностей:

**1.3.4. Радиофизика**

**1.3.8. Физика конденсированного  
состояния**

**1.3.14. Теплофизика и теоретическая  
теплотехника**

Улан-Удэ, 2022

## **1. Общие положения**

Вступительное испытание по специальной дисциплине для поступления в аспирантуру состоит из двух частей:

1-ая часть является общей для всех поступающих в пределах одной группы научных специальностей и включает основные проблемы соответствующей области знания.

2-ая часть – собеседование по предполагаемой теме диссертации.

Результаты экзамена оцениваются по пятибалльной шкале.

Пересдача вступительных экзаменов не допускается. Результаты вступительных экзаменов в аспирантуру действительны в течение календарного года.

## **2. Цели вступительных испытаний**

Выявление профессионального уровня знаний, приобретённых в процессе получения высшего образования, осознание основных аспектов будущей научной специальности и выявление научного потенциала поступающего.

## **3. Требования к уровню подготовленности к профессиональной деятельности**

Кандидат на поступление в аспирантуру должен иметь диплом о высшем образовании (специалитет, магистратура) по выбранной, родственной или профильной специальности.

Поступающий должен иметь подготовку в области организации научно-исследовательской работы, методики проведения и обработки результатов эксперимента, знать физико-математические основы специальности.

## **4. Форма проведения вступительного экзамена**

Испытание осуществляется в форме устного изложения ответов на содержащиеся в настоящей программе вопросы (2 вопроса):

- ответ на вопрос по специальности;
- собеседование по предполагаемой теме диссертации.

Продолжительность экзамена - 1 час.

При подготовке ответа экзаменуемому разрешается пользоваться справочниками, ГОСТами и другой нормативно-технической литературой.

В качестве вступительного экзамена по специальности может быть засчитан кандидатский минимум по соответствующей научной специальности.

## **5. Перечень вопросов по специальности**

### **Радиофизика**

1. Теорема Гельмгольца для векторного поля.
2. Уравнение Максвелла. Электромагнитные потенциалы. Волновое уравнение для потенциалов. Методы решения волновых уравнений (метод разделения переменных). Закон сохранения электромагнитной энергии.
3. Отражение электромагнитных волн (плоских и сферических) от границы

раздела изотропных сред. Формулы Френеля.

4. Распространение электромагнитных волн в волноводах. Критические частоты (на примере прямоугольного незаполненного волновода).
5. Дифракция. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля.
6. Дифракция плоской волны на проводящем круговом цилиндре.
7. Дифракционная решетка и ее применение.
8. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллической решетке. Условия Вульфа-Брэггов.
9. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях.
10. Основные уравнения электродинамики сплошных сред. Оператор диэлектрической проницаемости. Переход к Фурье представлениям.
11. Электромагнитные волны в изотропных средах (проводящих и полупроводящих).
12. Распространение волн в слабонеоднородной среде. Приближение геометрической оптики.
13. Распространение электромагнитных волн в анизотропных средах. Тензоры диэлектрической и магнитной проницаемости. Уравнение Френеля.
14. Частотная дисперсия, теорема Крамерса-Кронига. Распространение электромагнитных волн в средах с частотной дисперсией.
15. Черенковское излучение.
16. Пондермоторные силы в средах.
17. Нелинейные эффекты при распространении волн в нелинейных средах. Соотношения Мэнли-Роу.
18. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности. Граничные условия Леонтовича. Метод параболического уравнения. Функция ослабления Вейля-Ван-дер-Поля. Определение множителя ослабления методом интегрального уравнения.

### **Физика конденсированного состояния**

#### **Упругие и тепловые свойства кристаллов**

19. Тензор деформаций и тензор напряжений.
20. Обобщенный закон Гука. Упругие свойства твердых тел.
21. Теплоемкость твердых тел. Теория Эйнштейна, Дебая и Борна.

#### **Элементы зонной теории твердого тела**

22. Уравнение Шредингера. Волновая функция электрона в периодическом поле. Зоны Бриллюэна.
23. Деление твердых тел на проводники, полупроводники и диэлектрики с точки зрения зонной теории. Собственная и примесная проводимость полупроводников.

#### **Элементы квантовой статистики**

24. Каноническое распределение Гиббса. Квантовая статистика Ферми-Дирака. Теплоемкость электронного газа.
25. Классическая теория проводимости металлов.
26. Квантовая теория проводимости.

#### **Структура и свойства жидкости.**

27. Общие свойства и строение жидкостей. Функция радиального

распределения. Ближний и дальний порядки.

28. Молекулярное движение жидкости. Ньютоновские жидкости. Упруговязкие жидкости.

29. Поверхностные явления

30. Поверхностная энергия. Коэффициент поверхностного натяжения.

Переходный слой жидкость – пар. Краевой угол.

31. Смачивание и несмачивание. Капиллярные явления.

32. Поверхностная энергия кристаллов. Принцип Кюри–Вульфа.

#### **Равновесие фаз и метастабильные состояния**

33. Испарение. Равновесие пара и жидкости. Давление насыщенного пара.

Равновесие фаз. Фазовые переходы первого и второго рода.

34. Явления вторжения. Устойчивость метастабильного состояния.

35. Переохлаждение жидкостей. Переохлаждение металлов.

#### **Элементы термодинамики**

36. Работа и теплота. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия и энтальпия. Второй закон термодинамики. Энтропия. Основное соотношение термодинамики.

37. Термодинамические функции. Характеристические уравнения. Уравнение Максвелла. Уравнение Гиббса–Гельмгольца.

38. Химический потенциал.

#### **Теплофизика и теоретическая теплотехника**

37. Динамические и статистические закономерности в физике. Статистический и термодинамический методы.

38. Параметры состояния. Понятие о термодинамическом процессе.

39. Идеальный газ. Законы идеального газа. Распределение Больцмана.

40. Первый закон термодинамики. Энтальпия.

41. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы

42. Энтропия. Изменения энтропии в необратимых процессах.

43. Третье начало термодинамики. Энтропия и термодинамическая вероятность.

44. Уравнения Максвелла. Частные производные внутренней энергии и энтальпии.

45. Фазовые переходы. Условия равновесия фаз. Критическая точка.

46. Фазовые переходы второго рода. Термодинамическая теория Ландау фазовых переходов второго рода.

47. Термодинамика твердых тел. Формула Дебая. Уравнение состояния и теплоемкость.

48. Неидеальные газы. Разложения по степеням плотности. Вириальные коэффициенты.

49. Условия химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Термическая диссоциация, ионизация, возбуждение.

50. Явления переноса: диффузия, вязкость и теплопроводность. Особенности явлений переноса в жидкостях и твердых телах.

51. Дифференциальное уравнение переноса массы, закон Фика.

52. Дифференциальное уравнение переноса энергии, закон Фурье.
53. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Дифференциальное уравнение импульсов, уравнение Навье-Стокса.
54. Звуковые волны. Скорость звука и его связь с термодинамическими параметрами среды.
55. Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема.
56. Излучение абсолютно черного тела. Закон Кирхгофа. Законы Стефана-Больцмана и Вина. Формула Релея-Джинса.
57. Критериальные формулы для расчета теплоотдачи. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции.
58. Теплообмен в ламинарном пограничном слое. Пограничный слой на плоской пластине, трение и теплообмен при обтекании пластины несжимаемой жидкостью.
59. Трение и теплоотдача в турбулентном пограничном слое.
60. Уравнение состояния жидкости и плотных газов. Плотность, сжимаемость, теплоемкость.
61. Статистическая теория жидкостей. Частичные функции распределения, методы интегральных уравнений.
62. Явления на границе жидкости и твердого тела. Капиллярные явления.
63. Температурные шкалы. Термодинамическая шкала. Международная практическая температурная шкала. Реперные точки.
64. Газовые и жидкостные термометры, их принцип действия и конструктивные особенности.
65. Термоэлектрические методы и средства измерений. Эффекты Томсона, Пельтье, Зеебека.
66. Основные свойства плазмы. Квазинейтральность. Радиус Дебая. Степень ионизованности. Критерий идеальности. Столкновительная и бесстолкновительная плазма.
67. Критерий вырожденности плазмы. Критерий изотермичности плазмы. Степень замагниченности плазмы.
68. Оптически прозрачная, полупрозрачная и плотная, сильно излучающая и слабоизлучающая плазма.
69. Условие термодинамического равновесия плазмы.
70. Процессы ионизация и рекомбинация. Уравнение Саха.
71. Самостоятельные разряды и несамостоятельные разряды.
72. Характеристики разрядов по частотному диапазону электрических полей.
73. Виды разрядов: темный таусендовский разряд, тлеющий разряд, дуговой разряд, коронный разряд, искровой разряд.
74. Виды дуговых разрядов: дуга с горячим термоэмиссионным катодом, дуга с холодным катодом; дуги высокого давления и низкого давления  $P > 0,1$  А; низковольтная дуга и высоковольтная дуга.
75. Физические процессы в электрической дуге. Столб дуги. Катодная область. Анодная область.
76. Основные методы стабилизации столба дуги.
77. Термоэлектронная и автоэлектронная эмиссия.

## 78. Генераторы низкотемпературной плазмы, их классификация.

### 6. Собеседование по предполагаемой теме исследования

Поступающий представляет комиссии проект обоснования предполагаемой темы исследования / направления исследования.

Проект обоснования должен содержать описание проблемной ситуации (т.е. показывать, где проходит граница между знанием и незнанием о предмете исследования), изучением которой планирует заняться поступающий в аспирантуру.

Проект обоснования оформляется на листе формата А4, в редакторе WORD с использованием шрифта Times New Roman 14 размера через 1,5 интервала.

Проект обоснования имеет следующую структуру:

- Наименование темы/направления исследования.
- Актуальность (описание проблемной ситуации).
- Степень изученности (наиболее значимые публикации, имеющие отношение к теме исследования; какие вопросы по проблеме исследования на данный момент раскрыты, а что осталось нераскрытым).

- Предмет, объект исследования (особая проблема, отдельные стороны объекта, его свойства и особенности, которые будут исследованы в работе).

Объем – не более 1 страницы.

Проект обоснования по возможности должен быть **согласован** с потенциальным научным руководителем (из числа научных работников института), что должно подтверждаться его соответствующей подписью на проекте.

### 6. Критерии оценивания

Ответ на каждый вопрос оценивается по пятибалльной системе. Итоговая оценка выставляется как среднearифметическое из оценок ответов на каждый вопрос с округлением до целых.

	Оценка	Баллы
Ответ полный без замечаний, продемонстрировано рабочее знание предмета	«Отлично»	5
Ответ полный, с незначительными замечаниями	«Хорошо»	4
Ответ не полный, существенные замечания	«Удовлетворительно»	3
Ответ на поставленный вопрос не дан	«Неудовлетворительно»	0

### Рекомендуемая литература

#### Раздел Радиофизика

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1982.
2. Виноградова М.Б., Руденко О.В., Сухоруков А.П. Теория волн. М.:Наука, 1990.
3. Ахманов С.А. Никитин С.Ю. Физическая оптика. М.: Изд-во МГУ, Наука, 2004.
4. Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Физматлит, 2003.
5. Рытов С.М. Введение в статистическую радиофизику. Ч.1. М.:Наука, 1976.

6. Рытов С.М., Кравцов Ю.А., Татарский Ю.А. Введение в статистическую радиофизику. Ч.2. М.:Наука, 1978.

#### Раздел Физика конденсированного состояния

1. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. М., Мир, 1979.
2. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М., ВШ., 1985.
3. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. М., Мир, 1988.

#### Раздел Теплофизика и теоретическая теплотехника

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т.5. Статистическая физика. Ч. 1.
2. Михайлов И.Г., Соловьев В.А., Сырников Ю.П. Основы молекулярной акустики.-М.: Наука, 1964.-514 с.
3. Теоретическая механика. Термодинамика. Теплообмен. / Энциклопедия. Машиностроение. Т. 1-2 / под общ. Ред. К.К. Колесникова, А.И. Леонтьева. М.: Машиностроение, 1999.
4. Цветков Ф.Ф. Тепломассообмен: Учебное пособие для вузов / Ф.Ф. Цветков, Б.А. Григорьев. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 550 с.
5. Кондратьев Г.М. Прикладная физика: Теплообмен в приборостроении / Кондратьев Г.М. [и др.] – СПб.: СПбГУ ИТМО, 2003. – 560 с.
6. Лисиенко В.Г. Температура: Теория, практика, эксперимент: Справочное издание в 3-х томах / по ред. Лисиенко В.Г. – М.: Теплотехник, 2009.
7. Лойцянский Л.Г. «Механика жидкости и газа». М.: Дрофа, 2003.-.-840с.
8. Теплообмен в ядерных энергетических установках / Петухов Б.С., Генин Л.Г., Ковалев С.А., Соловьев С.Л. – 2-е изд., перер. и доп. М.: Изд-во МЭИ, 2003.
9. Низкотемпературная плазма Т.17. Электродуговые генераторы термической плазмы. Новосибирск.1999.
10. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Под ред. В.Е.Фортова. Т. 1-4, М: 2000.
11. Райзер Ю.П. Физика газового разряда. – Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2009. – 736 с.

#### Дополнительная литература

1. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. М.: Наука, 1978.
2. Вайнштейн Б.К. Современная кристаллография, т.1.М.: Наука, 1979.
3. Займан Дж. Принципы теории твердого тела. М.: Мир, 1974, 472 с.
4. Борисова М.Э., Койков С.И. Физика диэлектриков. Изд. Лен. Ун-т, 1979.
5. Ансельм А.И. Введение в физику полупроводников. М.:Наука, 1978.