

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

КАФЕДРА ФИЗИКА

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной программы

_____/ Матиев А.Х.
от « 21 » 05 2024г.

УТВЕРЖДАЮ

Декан физико-математического факультета

_____/ Кульбужев Б. С.
от « 21 » 05 2024г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.В.ДВ.05.01 Физика полупроводников

*(индекс дисциплины по учебному плану, наименование дисциплины (модуля)
)*

Основной профессиональной образовательной программы
магистратуры

Направление подготовки – **03.04.02 Физика**

(код, наименование)

Направленность: **Физика полупроводников**

Квалификация выпускника – **Магистр**

Форма обучения **Очная**

г. Магас, 2024

Фонд оценочных средств дисциплины «Физика». Составитель Р.М. Магомадов– Магас :ИнГГУ, 2023. – 17 с.

Составитель(и) ФОС:

_____ Магомадов Р.М., д.ф-м.н., профессор
(подпись составителя)

ФОС рекомендован кафедрой – разработчиком программы
Протокол заседания № 10 от « 23 » июня 2023 г.
Заведующий кафедрой _____ / Нальгиева М.А. /
(подпись) (Ф. И. О.)

ФОС одобрен Учебно-методическим советом физико-математического факультета
Протокол № 10 от «23» июня 2023 года

© Р.М. Магомадов, 2023

© ФГБОУ ВО «Ингушский государственный университет», 2023

Оглавление

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы, описание показателей и критериев оценивания компетенций.....	4
2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки владений, умений, знаний.....	7
3. Перечень оценочных средств	8
4. Вопросы для рубежной аттестации.....	8
5. Методические рекомендации по проведению коллоквиумов.....	12
6. Шкалы и критерии оценивания при текущем и рубежном контроле.....	12
7. Экзаменационные материалы.....	13
8. Методические рекомендации по подготовке к экзамену.....	15
9. Шкала и критерии оценивания при итоговом контроле.....	15

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы, описание показателей и критериев оценивания компетенций

1.1 Универсальные компетенции (УК) и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции	Код и наименование индикатора достижения универсальной компетенции	
Самоорганизация и саморазвитие	УК-6. Способен определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1. Оценивает свои ресурсы и их пределы (личностные), целесообразно их использует;	
		УК-6.2. Определяет образовательные потребности и способности собственной (в том числе профессиональной) деятельности;	
		УК-6.3. Выбирает и реализует с использованием инструментов образования возможности развития профессиональных компетенций и навыков;	
		УК-6.4. Выстраивает гибкую профессиональную траекторию на основе собственного опыта профессиональной деятельности, динамично реагирует на изменения рынка труда и стратегии личного развития.	

1.2 Профессиональные компетенции (ПК) и индикаторы их достижения

Наименование категории (группы) профессиональных компетенций	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора* достижения профессиональной компетенции
Научно-исследовательская деятельность	ПК-1 Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта	ИДК _{ПК1.1} Умеет самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области теоретической и экспериментальной физики; подбирать математический аппарат и самостоятельно решать различные задачи научных исследований, используя стандартные алгоритмы решения; объяснять (выявлять и строить) типичные модели решения поставленной задачи исследования; оценивать изменения в выбранной области исследования в связи с новыми данными, полученными из различных источников
		ИДК _{ПК1.2} Способен находить необходимые справочные материалы из информационных источников, как отечественных, так и зарубежных; производить оценочные расчеты эффективности эксперимента

		ИДК _{ПК1.3} Владеет: навыками работы на современной аппаратуре и оборудовании для выполнения физических исследований в области физики конденсированного состояния; навыками и методами анализа результатов эксперимента и физических моделей; методами планирования, организации и проведения научных исследований.

2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки владений, умений, знаний, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы с описанием шкал оценивания и методическими материалами, определяющими процедуру оценивания.

№ п/п	Контролируемые разделы (темы), модули дисциплины/практики	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства	
			ВИД	КОЛ-ВО
1	Полупроводники. Элементарная теория полупроводников.	УК-6, ПК-1	Коллоквиум	16 и 22 вопроса
2	Основы зонной теории полупроводников.	УК-6, ПК-1	Вопросы к экзамену	38 вопросов
3	Колебания атомов кристаллической решетки.	УК-6, ПК-1		

4	Статистика электронов и дырок в полупроводниках	УК-6, ПК-1	Коллоквиум Экзаменационные вопросы	По 13 вопросов 86 вопроса
5	Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках.	УК-6, ПК-1		
6	Кинетические явления в полупроводниках.	УК-6, ПК-1		
7	Генерация и рекомбинация в полупроводниках.	УК-6, ПК-1		
8	Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда.	УК-6, ПК-1		
9	Контактные явления в полупроводниках.	УК-6, ПК-1		
10	Поверхностные явления в полупроводниках.	УК-6, ПК-1		
11	Поглощение света полупроводниками.	УК-6, ПК-1		
12	Люминесценция полупроводников.	УК-6, ПК-1		
13	Фотоэлектрические явления в полупроводниках.	УК-6, ПК-1		

3.Перечень оценочных средств

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представленность оценочного средства в ФОС
1	Коллоквиум	Средство контроля усвоения учебного материала раздела или разделов, темы дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования преподавателя с обучающимися.	Вопросы по разделам/темам дисциплины
3	Экзаменационные материалы	Итоговая форма оценки знаний	Примерный перечень вопросов и заданий к экзамену по дисциплине

4. Вопросы для рубежной аттестации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ингушский государственный университет»

Кафедра физики

Вопросы для коллоквиума(1курс-1 семестр)

по дисциплине: Физика полупроводников

Коллоквиум № 1 (рубежный контроль 1)

Разделы дисциплины:

1	Полупроводники. Элементарная теория полупроводников.
2	Основы зонной теории полупроводников.

Вопросы

- 1 Классификация веществ по величине удельной электропроводности.
- 2 .Модельные представления о механизме электропроводности собственных полупроводников.
- 3 .Модельные представления о механизме электропроводности примесных полупроводников
- 4 .Элементарная теория электропроводности.
- 5 .Уравнение Шредингера для кристалла.
- 6 .Адиабатическое приближение и валентная аппроксимация
- 7 .Одноэлектронное приближение
- 8 .Приближение сильно связанных электронов.
- 9 Число состояния электронов в энергетической зоне.
- 10 Квазиимпульс электрона в кристалле.
- 11 .Зоны Бриллюэна.
- 12 .Возможные заполнения электронных состояний валентной зоны.
- 13 Зависимость энергий электрона у дна и потолка энергетической зоны.
- 14 .Движение электрона в кристалле под действием внешнего электрического поля.

15. Эффективная масса носителей заряда.
16. Уравнение изоэнергетической поверхности электрона и вид тензора эффективной массы для кристаллов, у которых две главные оси тензора эквивалентны

Коллоквиум № 2 (рубежный контроль 2)

Раздел дисциплины:

3	Колебания атомов кристаллической решетки.
4	Статистика электронов и дырок в полупроводниках

Вопросы

1. Циклотронный резонанс.
2. Колебание одноатомной линейной цепочки.
3. Кинетическая и потенциальная энергии одномерной решетки. Нормальные координаты.
4. Колебания двухатомной линейной цепочки
5. Колебания атомов трехмерной решетки.
6. Статистика фононов.
7. Теплоемкость кристаллической решетки.
8. Термическое расширение и тепловое сопротивление твердого тела.
9. Плотность квантовых состояний.
10. Функция распределения Ферми-Дирака.
11. Степень заполнения примесных уровней.
12. Концентрация электронов и дырок в зонах.
13. Равновесные концентрации дырок и электронов в примесном полупроводнике.
14. Равновесная концентрация электронов и дырок в невырожденном донорном и акцепторном полупроводниках.
15. Равновесная концентрация электронов и дырок в сильно вырожденном полупроводнике.
16. Собственный полупроводник.
17. Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для невырожденного полупроводника.
18. Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для донорного полупроводника ($N_a=0$).
19. Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для акцепторного полупроводника ($N_d=0$).
20. Зависимость положения уровня Ферми от температуры для невырожденного полупроводника с частично компенсированной примесью.

- 21 .Примесные зоны.
22 Аморфные полупроводники

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ингушский государственный университет»

Кафедра физики

Вопросы для коллоквиума(1курс-2 семестр)

по дисциплине: Физика полупроводников

Коллоквиум № 1 (рубежный контроль 1)

Разделы дисциплины:

1	Механизмы рассеяния носителей заряда в полупроводниках.
2	Кинетические явления в полупроводниках.
3	Генерация и рекомбинация в полупроводниках.
4	Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда.

Вопросы

- 1.Соотношение Эйнштейна.
- 2.Полупроводники во внешнем электрическом поле.
3. Контакт металл – полупроводник.
- 4.Контактная разность потенциалов.
5. Контакт металл – металл.
- 6.Выпрямление на контакте металл – полупроводник.
- 5.Контакт электронного и дырочного полупроводника.
- 7.Выпрямление на p-n переходе.
- 8..Природа поверхностных уровней. Эффект поля.

9. Поверхностная рекомбинация. Влияние поверхностной рекомбинации на время жизни носителей заряда.
10. Спектр отражения и спектр поглощения.
11. Собственное поглощение при прямых переходах
12. Собственные поглощения при непрямых переходах
13. Экситонное поглощение

Кафедра общей физики

Вопросы для коллоквиума (1 курс-2 семестр)

по дисциплине: Физика полупроводников

Коллоквиум № 2 (рубежный контроль 2)

Разделы дисциплины:

1	Контактные явления в полупроводниках.
2	Поверхностные явления в полупроводниках.
3	Поглощение света полупроводниками.
4	Люминесценция полупроводников.
5	Фотоэлектрические явления в полупроводниках.

Вопросы

1. Примесное поглощение
2. Решеточное поглощение.
3. Типы люминесценции.
4. Мономолекулярное свечение твердых тел.
5. Рекомбинационное излучение при фундаментальных переходах.
6. Рекомбинационное излучение при переходах между зонной и примесными уровнями.
7. Спонтанное и вынужденное излучение атома.
8. Стимулированное излучение твердых тел.
9. Внутренний фотоэффект.

- 10.Фотопроводимость.
- 11.Эффект Дембера.
- 12.Внешний фотоэффект.
- 13.Рассеяния на тепловых колебаниях решетки.

5.Методические рекомендации по проведению коллоквиумов.

Посредством проведения коллоквиумов осуществляется промежуточная аттестация по дисциплине «Физика полупроводников». На коллоквиум выносятся ключевые вопросы каждого раздела. Коллоквиум проводится в виде собеседования (устного опроса). На поставленный вопрос может отвечать как один студент, так и несколько, дополняя и расширяя ответы друг друга. Каждый студент имеет возможность ответить на несколько вопросов. Минимальное количество вопросов, позволяющее оценить текущий уровень знаний студента, – два.

6.Шкалы и критерии оценивания при текущем и рубежном контроле

При проведении текущего контроля (рубежных аттестаций) используется пятибалльная система оценивания, которая затем переводится в баллы согласно балльно-рейтинговой системе, принятой в вузе.

Шкала и критерии оценивания коллоквиума по пятибалльной системе

оценка «отлично»	Студент показывает высокий уровень теоретических знаний по изучаемой дисциплине, видит междисциплинарные связи. Умеет анализировать практические ситуации. Ответ построен логично. Материал излагается четко, ясно, аргументировано
оценка «хорошо»	Студент показывает достаточный уровень теоретических и практических знаний, свободно оперирует категориальным аппаратом. Умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается грамотно
оценка «удовлетворительно»	Студент показывает знание основного лекционного и практического материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения. Студент испытывает затруднения при приведении практических примеров

оценка «неудовлетворительно»	Студент показывает слабый уровень теоретических знаний, не может привести примеры из реальной практики. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на дополнительные вопросы
------------------------------	--

7. Экзаменационные материалы

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ингушский государственный университет»

Кафедра физики

Экзаменационные материалы (примерный перечень вопросов и заданий к экзамену)

по дисциплине "Физика полупроводников"
для магистров 1 курса
направления подготовки 03.04.02 «Физика»

7.1 Контрольные вопросы по физике полупроводников

для магистров 1 курса (1 -семестр).

1. Классификация веществ по величине удельной электропроводности.
2. Модельные представления о механизме электропроводности собственных полупроводников.
3. Модельные представления о механизме электропроводности примесных полупроводников.
4. Элементарная теория электропроводности.
5. Уравнение Шредингера для кристалла.
6. Адиабатическое приближение и валентная аппроксимация.
7. Одноэлектронное приближение
8. Приближение сильно связанных электронов.
9. Число состояния электронов в энергетической зоне.
10. Квазиимпульс электрона в кристалле.
11. Зоны Бриллюэна.
12. Возможные заполнения электронных состояний валентной зоны.
13. Зависимость энергий электрона у дна и потолка энергетической зоны.

14. Движение электрона в кристалле под действием внешнего электрического поля.
15. Эффективная масса носителей заряда.
16. Уравнение изоэнергетической поверхности электрона и вид тензора эффективной массы для кристаллов, у которых две главных оси тензора эквивалентны.
17. Циклотронный резонанс.
18. Колебание одноатомной линейной цепочки.
19. Кинетическая и потенциальная энергии одномерной решетки. Нормальные координаты.
20. Колебания двухатомной линейной цепочки.
21. Колебания атомов трехмерной решетки.
22. Статистика фононов.
23. Теплоемкость кристаллической решетки.
24. Термическое расширение и тепловое сопротивление твердого тела.
25. Плотность квантовых состояний.
26. Функция распределения Ферми-Дирака.
27. Степень заполнения примесных уровней.
28. Концентрация электронов и дырок в зонах.
29. Равновесные концентрации дырок и электронов в примесном полупроводнике.
30. Равновесная концентрация электронов и дырок в невырожденном донорном и акцепторном полупроводниках.
31. Равновесная концентрация электронов и дырок в сильно вырожденном полупроводнике.
32. Собственный полупроводник.
33. Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для невырожденного полупроводника.
34. Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для донорного полупроводника ($N_a = 0$).
35. Зависимость уровня Ферми от концентрации примеси и температуры для акцепторного полупроводника ($N_d = 0$).
36. Зависимость положения уровня Ферми от температуры для невырожденного полупроводника с частично компенсированной примесью.
37. Примесные зоны.
38. Механизмы рассеяния электронов и дырок в полупроводниках.
39. Кинетическое уравнение Больцмана.
40. Равновесное состояние системы носителей заряда в полупроводнике.
41. Время релаксации.
42. Рассеяние на ионах примесей.
43. Рассеяние на атомах примеси и дислокациях.
44. Рассеяния на тепловых колебаниях решетки
45. Неравновесная функция распределения.
46. Удельная проводимость полупроводников.
47. Зависимость подвижность носителей заряда от температуры.

48. Эффект Холла.
49. Эффект Холла в полупроводниках с двумя типами носителей заряда.
50. Магниторезистивный эффект.
51. Термоэлектрические явления.
52. Теплопроводность полупроводников.
53. Эффект Ганна.
54. Ударная ионизация.

7.2 Контрольные вопросы по физике полупроводников для магистров 1 курса (2 -семестр).

1. Равновесные и неравновесные носители заряда.
2. Биполярная световая генерация носителей заряда.
3. Монополярная световая генерация.
4. Максвелловское время релаксации.
5. Виды рекомбинации.
6. Межзонная излучательная рекомбинация.
7. Межзонная ударная рекомбинация.
8. Рекомбинация носителей заряда через рекомбинационные ловушки.
9. Температурная зависимость времени жизни носителей заряда при рекомбинации через рекомбинационные ловушки.
10. Уравнение непрерывности.
11. Диффузия и дрейфовые токи.
12. Соотношение Эйнштейна.
13. Диффузия и дрейф неравновесных носителей заряда в случае монополярной проводимости.
14. Природа поверхностных уровней.
15. Теория слоя пространственного заряда.
16. Эффект поля.
17. Поверхностная рекомбинация.
18. Влияние поверхностной рекомбинации на время жизни носителей заряда.
19. Спектр отражения и спектр поглощения.
20. Собственное поглощение при прямых переходах.
21. Собственное поглощение при не прямых переходах.
22. Собственное поглощение сильно легированного полупроводника.
23. Влияние внешних воздействий на собственное поглощение полупроводника.
24. Экситонное поглощение.
25. Поглощение собственными носителями заряда.
26. Примесное поглощение.
27. Решеточное поглощение.

28. Типы люминесценции.
29. Мономолекулярное сечение твердых тел.
30. Рекомбинационное излучение полупроводников при фундаментальных переходах.
31. Рекомбинационное излучение при переходах между зоной и примесными уровнями.
32. Спонтанное и вынужденное излучение атома.
33. Стимулированное излучение твердых тел.
34. Внутренний фотоэффект.
35. Фотопроводимость.
36. Релаксация фотопроводимости.
37. Фотопроводимость при наличии поверхностной рекомбинации и диффузия носителей заряда.
38. Эффект Дембера.
39. Фотоэлектромагнитный эффект.
40. Фотоэффект в p-n переходе.
41. Фотоэффект на барьере Шотки.
42. Внешний фотоэффект.

8. Методические рекомендации по подготовке к экзамену

Подготовка студентов к экзамену включает следующие стадии: самостоятельная работа в течение учебного года (семестра); непосредственная подготовка в дни, предшествующие экзамену.

Подготовку к экзамену необходимо целесообразно начать с планирования и подбора источников и литературы. Прежде всего, следует внимательно перечитать учебную программу и программные вопросы для подготовки к экзамену, чтобы выделить из них наименее знакомые. Далее должен следовать этап повторения всего программного материала. На эту работу целесообразно отвести большую часть времени. Следующим этапом является самоконтроль знания изученного материала, который заключается в устных ответах на вопросы, выносимые на экзамен. Тезисы ответов на наиболее сложные вопросы желательно записать, так как в процессе записи включаются дополнительные моторные ресурсы памяти.

Литература для подготовки к экзамену обычно рекомендуется преподавателем. Она также может быть указана в программе курса и учебно-методических пособиях.

В ходе подготовки к экзамену студентам необходимо обращать внимание не только на уровень запоминания, но и на степень понимания категорий и реальных проблем. А это достигается не простым заучиванием, а усвоением прочных, систематизированных знаний, аналитическим мышлением. Следовательно, непосредственная подготовка к экзамену должна в разумных пропорциях сочетать и запоминание, и понимание программного материала.

В этот период полезным может быть общение студентов с преподавателями по дисциплине на групповых и индивидуальных консультациях. Хорошо помогает совместная подготовка двух или нескольких обучающихся.

9.Шкала и критерии оценивания при итоговом контроле

При проведении итогового контроля используется пятибалльная система оценивания.

оценка «отлично»	Студент показывает высокий уровень теоретических знаний по изучаемой дисциплине, видит междисциплинарные связи. Умеет анализировать практические ситуации. Ответ построен логично. Материал излагается четко, ясно, аргументировано
оценка «хорошо»	Студент показывает достаточный уровень теоретических и практических знаний, свободно оперирует категориальным аппаратом. Умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается грамотно
оценка «удовлетворительно»	Студент показывает знание основного лекционного и практического материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения. Студент испытывает затруднения при приведении практических примеров
оценка «неудовлетворительно»	Студент показывает слабый уровень теоретических знаний, не может привести примеры из реальной практики. Неуверенно и логически непоследовательно излагает материал. Неправильно отвечает на дополнительные вопросы

Утверждены на заседании кафедры

Протокол № _10_ от _23 июня_____ 2023 г.