

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**ФИЗИКА ГЕТЕРОСТРУКТУР**

## 8 Семестр

### Раздел 1 Раздел 1

#### 1.1 Контроль по итогам (КИ) - 8 Неделя

Текущий контроль успеваемости

#### ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Физика гетероструктур

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ФГОС.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Физика гетероструктур» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

#### Перечень оценочных средств используемых для текущей аттестации

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
КР	Контрольная работа	Система стандартизованных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд контрольных вопросов
КС	Круглый стол	Система оценки индивидуальных знаний и умений обучающегося	Перечень научных тем

#### Шкала оценки образовательных достижений

Обучающиеся должны показывать уверенное владение материалом из соответствующей темы. В зависимости от характера задания - знание физического обоснования, необходимых количественных характеристик, владение оценочными соотношениями, схемами экспериментальных установок. Процент полноты и правильности ответов даёт итоговую сумму баллов.

Оценка за текущий контроль по итогам складывается следующим образом:

#### Раздел 1

Сумма баллов	Контрольная работа	Круглый стол
25 – максимальное значение Складывается из баллов за тест,	15 - максимальное значение за все правильные ответы	10 - максимальное значение за участие в круглых столах в разделе

домашнее задание и круглый стол	на вопросы контрольной работы	
---------------------------------	-------------------------------	--

#### Характеристика ответов для выставления оценок

Характеристика ответа Процент от максимального балла	Контрольная работа	Круглый стол
88-100%	Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос	Активное включение в обсуждение темы, логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос, владение темой
72-88%	Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями	Включение в обсуждение темы, ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями
60-72%	Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками	Участие в круглом столе, удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками,
Менее 60%	Незнание вопроса	Незнание вопроса
0	Полное незнание вопроса	Полное незнание вопроса

### ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ для оценки знаний (З), умений (У) и навыков (В) ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

Для текущего контроля уровня знаний студентов выдаются задания, позволяющие в процессе проведения занятий преподавателю контролировать уровень усвоения материала слушателями, в форме теста, собеседования, лабораторной работы, домашнего задания.

Итоговый балл по разделу учитывает посещаемость занятий, активность, выполнение контрольных работ и домашних заданий. Каждый раздел проходит аттестацию.

#### Список вопросов для проведения контрольной работы

##### **Тема 1. Введение в курс «Физика гетероструктур»**

1. История вопроса. Нобелевская премия по физике 2000 года
2. Применение полупроводниковых гетероструктур в твердотельной электронике, оптоэлектронике и ИК технике
3. Элементы теории гетеропереходов
4. Построение энергетической диаграммы анизотипного гетероперехода
5. Построение энергетической диаграммы изотипного гетероперехода
6. Роль и плотность граничных состояний.
7. Модификация энергетической диаграммы при наличии объемного заряда на гетерогранице.

8. Варизонные гетеропереходы.

### **Тема 2. Электрические свойства гетеропереходов**

1. Вольтамперная характеристика анизотипного и изотипного гетероперехода
2. Вольтемкостная характеристика гетероперехода и ее практические следствия
3. Контакт металл – полупроводник (n- и p-типа)
4. Образование инверсионного слоя в гетеропереходах
5. Инверсионный слой в гетероструктуре Pb/p-PbTe и лазер на его основе.
6. Проблема получения омических контактов

### **Тема 3. Электрооптические приборы с гетеропереходами**

1. Солнечные преобразователи. Эффект окна
2. Каскадные солнечные преобразователи
3. Гетерофототранзисторы
4. Фотоэлектрические свойства изотипных гетеропереходов. Оптический пирометр
5. Преобразователи ИК излучения в видимое
6. Фотоприемники для ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной области спектра
7. Фотоэмиттеры с высоким квантовым выходом электронов
8. Понятие отрицательного электронного сродства (ОЭС)
9. Энергетическая диаграмма гетероперехода с ОЭС
10. Характеристики холодных фотокатодов

### **Тема 4. Гетеролазеры**

1. Принцип действия полупроводникового лазера, лазерные условия
2. Электронное и оптическое ограничение в гетеролазерах
3. Раздельное электронное и оптическое ограничение
4. Способы бокового ограничения
5. Вольтамперная и ваттамперная характеристики
6. Зависимость пороговой плотности тока от температуры
7. Спектр излучения
8. Расходимость полупроводникового лазера
9. Гетеролазер с распределенной обратной связью
10. Гетеролазеры с вертикальным выводом излучения (VCSEL) и их достоинства
11. Брэгговские зеркала
12. Проблема оптического контраста

### **Список тем для проведения Круглого стола**

Круглые столы проводятся в виде отдельного занятия, посвященного одной из тем дисциплины. Студенты готовятся к Круглому столу, изучая лекционный и практический материал, а также изучая научные статьи по теме Круглого стола.

### **Темы для проведения занятий в виде Круглого стола:**

Гетеролазеры на квантовых точках. Нитридные голубые светодиоды и гетеролазеры  
Квантоворазмерные гетероструктуры

Составитель профессор Засавицкий И.И

## Раздел 2 Раздел 2

### 2.1 Контроль по итогам (КИ) - 15 Неделя

Текущий контроль успеваемости

#### ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Физика гетероструктур

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ФГОС.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Физика гетероструктур» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

#### Перечень оценочных средств используемых для текущей аттестации

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
КР	Контрольная работа	Система стандартизованных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд контрольных вопросов
КС	Круглый стол	Система оценки индивидуальных знаний и умений обучающегося	Перечень научных тем

#### Шкала оценки образовательных достижений

Обучающиеся должны показывать уверенное владение материалом из соответствующей темы. В зависимости от характера задания - знание физического обоснования, необходимых количественных характеристик, владение оценочными соотношениями, схемами экспериментальных установок. Процент полноты и правильности ответов даёт итоговую сумму баллов.

Оценка за текущий контроль по итогам складывается следующим образом:

Раздел 1

Сумма баллов	Контрольная работа	Круглый стол
25 – максимальное значение Складывается из баллов за тест, домашнее задание и круглый стол	15 - максимальное значение за все правильные ответы на вопросы контрольной работы	10 - максимальное значение за участие в круглых столах в разделе

Характеристика ответов для выставления оценок

Характеристика ответа	Контрольная работа	Круглый стол
Процент от максимального балла		
88-100%	Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос	Активное включение в обсуждение темы, логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос, владение темой
72-88%	Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями	Включение в обсуждение темы, ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами и замечаниями
60-72%	Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками	Участие в круглом столе, удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками,
Менее 60%	Незнание вопроса	Незнание вопроса
0	Полное незнание вопроса	Полное незнание вопроса

**ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ  
для оценки знаний (З), умений (У) и навыков (В)  
ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ**

Для текущего контроля уровня знаний студентов выдаются задания, позволяющие в процессе проведения занятий преподавателю контролировать уровень усвоения материала слушателями, в форме теста, собеседования, лабораторной работы, домашнего задания.

Итоговый балл по разделу учитывает посещаемость занятий, активность, выполнение контрольных работ и домашних заданий. Каждый раздел проходит аттестацию.

**Список вопросов для проведения контрольной работы**

**Тема 5. Кvantоворазмерные гетероструктуры**

1. Анализ решения уравнения Шредингера для квантовой ямы бесконечной глубины
2. Анализ решения уравнения Шредингера для квантовой ямы конечной глубины
3. Квантовые ямы, нити и точки
4. Плотность состояний в низкоразмерных системах
5. Сверхрешетка. Типы композиционных сверхрешеток
6. Легированная сверхрешетка (n-p-i-структура) и ее особенности
7. Гетероструктуры с двумерным электронным газом p-GaAs/n-AlGaAs и p-Si/SiO<sub>2</sub>
8. Квантовый эффект Холла (нобелевские премии по физике 1985 и 1998 года)
9. Подвижность носителей заряда в гетероструктурах с двумерным электронным газом
10. Полевой транзистор с двумерным электронным газом (HEMT)

## **Тема 6. Квантоворазмерные гетероструктуры (продолжение)**

1. Классический туннельный диод (нобелевская премия по физике 1973 года)
2. Резонансный туннельный диод (РТД) и его вольтамперная характеристика
3. Рекордные частоты генерации приборов на основе РТД
4. Мультистабильность РТД
5. Междузонный резонансный туннельный диод
6. Принцип действия квантоворазмерного приемника (QWIP) излучения
7. Рабочая область спектра квантоворазмерных приемников излучения
8. Спектр фоточувствительности квантоворазмерного приемника ИК излучения
9. Быстродействие квантоворазмерного приемника излучения

## **Тема 7. Квантовые приборы**

1. Гетеролазеры на основе квантовых точек. Самоорганизованный рост квантовых точек
2. Пороговая плотность тока гетеролазера и ее зависимость от температуры
3. Нитридные гетеролазеры и светодиоды
4. Проблема подложки и легирования р-типа (нобелевская премия по физике 2014 года)
5. Рабочая область спектра нитридных гетеролазеров и гетеросветодиодов

## **Тема 8. Квантовый каскадный лазер**

1. Принцип действия квантового каскадного лазера (ККЛ)
2. Схемы активной области ККЛ
3. Инжектор и его функции
4. Вольтамперная характеристика ККЛ
5. Ваттамперная характеристики ККЛ
6. Зависимость пороговой плотности тока от температуры
7. Максимальный КПД от розетки для ККЛ
8. Спектр и ширина линии излучения ККЛ
9. Проблема расширения спектрального диапазона
10. Напряженно-компенсированные гетероструктуры
11. Перестройка частоты излучения с помощью внешнего дисперсионного резонатора

## **Тема 9. Квантовый каскадный лазер (продолжение)**

1. Междузонный квантовый каскадный лазер
2. Характеристики междузонного квантового каскадного лазера
3. Принцип действия ККЛ для терагерцовой области спектра
4. Проблема ликвидации пробела генерации в области фононного поглощения
5. Терагерцевая генерация методами нелинейной оптики

## **Тема 10. Материалы для гетероструктур**

1. Выбор материала для гетероструктур. Принцип изопериодического замещения в многокомпонентных твердых растворах
2. Четырехкомпонентные диаграммы для выбора изопериодических составов в системах  $A^3B^5$
3. Четырехкомпонентные диаграммы для выбора изопериодических составов в системах  $A^2B^6$
4. Четырехкомпонентные диаграммы для выбора изопериодических составов в системах  $A^4B^6$
5. Особенности молекулярно-пучковой и МОС-гидридной эпитаксии для выращивания полупроводниковых гетероструктур
6. Аппаратура для молекулярно-пучковой эпитаксии в космосе

## **Список тем для проведения Круглого стола**

Круглые столы проводятся в виде отдельного занятия, посвященного одной из тем дисциплины. Студенты готовятся к Круглому столу, изучая лекционный и практический материал, а также изучая научные статьи по теме Круглого стола.

**Темы для проведения занятий в виде Круглого стола:**

Гетеролазеры на квантовых точках. Нитридные голубые светодиоды и гетеролазеры  
Квантоворазмерные гетероструктуры

Составитель профессор Засавицкий И.И

## 8 Семестр

### Зачет

Промежуточный контроль успеваемости

#### ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ Физика гетероструктур

Целью Фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ФГОС.

Для достижения поставленной цели Фондом оценочных средств по дисциплине «Физика гетероструктур» решаются следующие задачи:

- контроль и управление процессом приобретения обучающимися знаний, умений и навыков, предусмотренных в рамках данного курса;
- контроль и оценка степени освоения компетенций, предусмотренных в рамках данного курса;
- обеспечение соответствия результатов обучения задачам будущей профессиональной деятельности через совершенствование традиционных и внедрение инновационных методов обучения в образовательный процесс в рамках данного курса.

#### Перечень оценочных средств используемых для промежуточной аттестации

Код	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
C	Собеседование по изученному материалу	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект вопросов для устных опросов

#### Шкала оценки образовательных достижений

Обучающиеся должны показывать уверенное владение материалом из соответствующей темы. В зависимости от характера задания - знание физического обоснования, необходимых количественных характеристик, владение оценочными соотношениями, схемами экспериментальных установок. Процент полноты и правильности ответов даёт итоговую сумму баллов.

Оценка за промежуточный контроль (зачет) по дисциплине складывается следующим образом:

Сумма баллов	Собеседование по изученному материалу
45-50	Логически последовательный и исчерпывающий ответ на вопрос
35-45	Ответ с некоторыми неточностями и некритическими пробелами, замечаниями
30-35	Удовлетворительный ответ с серьезными ошибками и недостатками
1-29	Незнание вопроса

0	Полное незнание вопроса
---	-------------------------

## ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. История вопроса. Нобелевская премия по физике 2000 года
2. Применение полупроводниковых гетероструктур в твердотельной электронике, оптоэлектронике и ИК технике
3. Элементы теории гетеропереходов
4. Построение энергетической диаграммы анизотипного, изотипного гетероперехода
5. Роль и плотность граничных состояний.
6. Модификация энергетической диаграммы при наличии объемного заряда на гетерогранице.
7. Варизонные гетеропереходы.
8. Вольтамперная характеристика анизотипного и изотипного гетероперехода
9. Вольтемкостная характеристика гетероперехода и ее практические следствия
10. Контакт металл – полупроводник (n- и p-типа)
11. Образование инверсионного слоя в гетеропереходах
12. Инверсионный слой в гетероструктуре Pb/p-PbTe и лазер на его основе.
13. Проблема получения омических контактов
14. Солнечные преобразователи. Эффект окна
15. Каскадные солнечные преобразователи
16. Гетерофототранзисторы
17. Фотоэлектрические свойства изотипных гетеропереходов. Оптический пирометр
18. Преобразователи ИК излучения в видимое
19. Фотоприемники для ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной области спектра
20. Фотоэмиттеры с высоким квантовым выходом электронов
21. Понятие отрицательного электронного сродаства (ОЭС)
22. Энергетическая диаграмма гетероперехода с ОЭС
23. Характеристики холодных фотокатодов
24. Принцип действия полупроводникового лазера, лазерные условия
25. Электронное и оптическое ограничение в гетеролазерах
26. Раздельное электронное и оптическое ограничение
27. Способы бокового ограничения
28. Вольтамперная и ваттамперная характеристики
29. Зависимость пороговой плотности тока от температуры
30. Спектр излучения
31. Расходимость полупроводникового лазера

Итоговая оценка представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля и выставляется в соответствии с Положением о кредитно-модульной системе в соответствии со следующей шкалой:

Оценка по 5-балльной шкале	Сумма баллов за разделы и зачет	Оценка ECTS
5 – «отлично»	90-100	A
	85-89	B
4 – «хорошо»	75-84	C
	70-74	D
3 – «удовлетворительно»	65-69	
	60-64	E

2 – «неудовлетворительно»	Ниже 60	F
---------------------------	---------	---

Расшифровка уровня знаний, соответствующего полученным баллам, дается в таблице указанной ниже

Оценка по 5-балльной шкале – оценка по ECTS	Сумма баллов за разделы и зачет	Требования к знаниям на устном зачёте
«отлично» – A	90 ÷ 100	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
«хорошо» – D, C, B	70 ÷ 89	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
«удовлетворительно» – E, D	60 ÷ 69	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
«неудовлетворительно» – F	менее 60	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Составитель профессор Засавицкий И.И.