

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры общей физики  
протокол № 6 от «6» июня 2018 г.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

Зав. кафедрой



/Балапанов М.Х.

\_\_\_\_\_/Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
дисциплина Физика полупроводниковых материалов

(наименование дисциплины)

Б1.В.ДВ.02.01, дисциплина по выбору

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

программа магистратуры

Направление подготовки (специальность)

03.04.02 Физика


(код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность (профиль) подготовки

«Медицинская физика»

(наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация  
магистр

Разработчики (составители) профессор, д.ф.-м.н., профессор (должность, ученая степень, ученое звание)		/_Балапанов М.Х.
---	---	------------------

Для приема: 2018 г.

Уфа 2018 г.

Составитель / составители:  
Балапанов М.Х.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики  
«6» июня 2018 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой



\_\_\_\_\_ /\_Балапанов М.Х.

## Список документов и материалов (оглавление)

1.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2.Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3.Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) - <i>(Приложение №1)</i>	5(14)
4.Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	12
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	12
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	12
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	13
Приложение №1	14

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

При изучении дисциплины «Физика полупроводниковых материалов» у обучающегося должны формироваться следующие компетенции:

ОК-1: способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

ПК-2: способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

Для формирования указанных компетенций и освоения образовательной программы обучающийся должен показать следующие результаты обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	<p>1. Знать : основные экспериментальные факты и теоретические представления по физике оптических и контактных явлений в полупроводниках, иметь представление о современных полупроводниковых материалах и перспективах их практического применения</p> <p>2. знать причинно-следственные связи между химическим составом, кристаллическим строением, дефектной структурой и физическими свойствами полупроводниковых материалов.</p>	<p>способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1),</p> <p>способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2)</p>	
Умения	<p>1. Уметь: пользоваться основными законами физики полупроводников для анализа электрических, оптических, диффузионных, фотовольтаических, контактных характеристик полупроводников, предсказывать поведение полупроводников при изменении тех или иных физических и химических факторов</p>	ОК-1 , ПК-2	
	<p>2. Уметь анализировать влияние различных физических и химических параметров на свойства полупроводников с целью формирования заданных свойств новых материалов для инновационных применений</p>	ОК-1 , ПК-2	
Владения (навыки / опыт деятельности)	<p>Свободно владеть знаниями и приемами физики полупроводников, необходимыми для решения научно-инновационных задач в области создания и применения полупроводниковых материалов</p>	ОК-1 , ПК-2	

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Физика полупроводниковых материалов» относится к *вариативной* части рабочего учебного плана и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

*Цель дисциплины* – углубить и расширить представления студентов о фундаментальных физических свойствах полупроводниковых материалов, полученные ими в рамках бакалавриата в курсе «Физика полупроводников», ознакомить с основными современными экспериментальными результатами и практическими применениями полупроводниковых материалов, перспективами дальнейшего развития данной области знаний.

Задача дисциплины – на основе анализа экспериментальных данных, используя современные теоретические модели, дать представления о неравновесных явлениях, процессах генерации и рекомбинации носителей тока, кинетике протекания оптических явлений в полупроводниках. Кроме того, в задачу курса входит рассмотрение контактных явлений, которые играют определяющую роль в работе многих полупроводниковых приборов. Оптические явления широко используются в работе полупроводниковых приборов, поэтому рассмотрению оптических явлений уделена большая часть курса.

Дисциплина «Физика полупроводниковых материалов» продолжает ознакомление с результатами физических экспериментов и теоретическими представлениями в области квантовой теории о свойствах кристаллических материалов. Для освоения данной дисциплины студенту, кроме знания разделов общей и теоретической физики необходимы знание дифференциального и интегрального исчисления, умение решать простейшие дифференциальные уравнения, начальные сведения по теории вероятностей и статистике.

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

## 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### Код и формулировка компетенции

**ОК-1** способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (знания)	знать причинно-следственные связи между химическим составом, кристаллическим строением, дефектной структурой и физическими свойствами полупроводниковых материалов.	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (умения)	1. Уметь: пользоваться основными законами физики полупроводников для анализа электрических, оптических, диффузионных, фотовольтаических, контактных характеристик полупроводников, предсказывать поведение полупроводников при изменении тех или иных физических и химических факторов 2. Уметь анализировать влияние различных физических и химических параметров на свойства полупроводников с целью формирования заданных свойств новых материалов для инновационных применений	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (навыки)	Свободно владеть знаниями и приемами физики полупроводников, необходимыми для решения научно-инновационных задач в области создания и применения полупроводниковых материалов	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

**ПК-2-** способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения

научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

Этап (уровень освоения компетенции)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Неудовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (знания)	Знать : основные экспериментальные факты и теоретические представления по физике оптических и контактных явлений в полупроводниках, иметь представление о современных полупроводниковых материалах и перспективах их практического применения.	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (умения)	1. Уметь: пользоваться основными законами физики полупроводников для анализа электрических, оптических, диффузионных, фотовольтаических, контактных характеристик полупроводников, предсказывать поведение полупроводников при изменении тех или иных физических и химических факторов	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
	2. Уметь анализировать влияние различных физических и химических параметров на свойства полупроводников с целью формирования заданных свойств новых материалов для инновационных применений				
Третий этап (владение навыками)	Свободно владеть знаниями и приемами физики полупроводников, необходимыми для решения научно-инновационных задач в области создания и применения полупроводниковых материалов	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Знать : основные экспериментальные факты и теоретические представления по физике оптических и контактных явлений в полупроводниках, иметь представление о современных полупроводниковых материалах и перспективах их практического применения 2. знать причинно-следственные связи между химическим составом, кристаллическим строением, дефектной структурой и физическими свойствами полупроводниковых материалов.	ОК-1 , ПК-2	Письменная работа, контрольная работа
2-й этап Умения	1. Уметь: пользоваться основными законами физики полупроводников для анализа электрических, оптических, диффузионных, фотовольтаических, контактных характеристик полупроводников, предсказывать поведение полупроводников при изменении тех или иных физических и химических факторов	ОК-1 , ПК-2	Контрольная работа
	2. Уметь анализировать влияние различных физических и химических параметров на свойства полупроводников с целью формирования заданных свойств новых материалов для инновационных применений	ОК-1 , ПК-2	Письменная работа
3-й этап Владеть навыками	Свободно владеть знаниями и приемами физики полупроводников, необходимыми для решения научно-инновационных задач в области создания и применения полупроводниковых материалов	ОК-1 , ПК-2	Контрольная работа, письменная работа

**Система контроля и оценивания успеваемости студента.**

В течение семестра усвоение студентами программы дисциплины проверяется с помощью устного опроса на семинарских занятиях и с помощью проведения контрольной работы в качестве рубежного контроля. Получение зачета по контрольной работе служит допуском к экзамену.

**Примерные вопросы для экзамена:**

1. Оптические явления в полупроводниках.
2. Взаимодействие света с кристаллической средой.
3. Прямые и непрямые межзонные переходы.
4. Собственное поглощение света в п.п.
5. Поглощение света свободными носителями заряда.
6. Поглощение света примесными центрами.
7. Решеточное поглощение света.
8. Экситонное поглощение.
9. Влияние магнитного поля на межзонное поглощение света.



10. Циклотронный резонанс.
11. Отражение света.
12. Неравновесные носители тока в полупроводниках
13. Виды и механизмы рекомбинации носителей в п.п.
14. Диффузионная длина носителей заряда.
15. Методы определения диффузионной длины носителей заряда.
16. Фотопроводимость полупроводников.
17. Примесная фотопроводимость.
18. Фотовольтаические эффекты.
19. Фотолюминесценция.
20. Контактные явления. Контакт металл-полупроводник.
21. Выпрямление тока на контакте металл-полупроводник.
22. P-n переход.
23. Лазер на гомопереходе.
24. Гетероструктуры. Энергетическая зонная диаграмма гетероструктуры. Разрыв зон на границе раздела.
25. Лазер на гетеропереходе.
26. Квантовые ямы в полупроводниках.
27. Лазер на квантовых ямах.
28. Светодиоды на полупроводниковых наноструктурах.

#### Пример экзаменационного билета:

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»  
Физико-технический институт

Кафедра общей физики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1  
по дисциплине «Физика полупроводниковых материалов»  
Направление 03.04.02 «ФИЗИКА»  
Программа «Физика конденсированного состояния вещества»

1. Постулаты Бора. опыты Франка и Герца.
2. Сложный эффект Зеемана. Расщепление уровней энергии.

«Утверждаю»

Заведующий кафедрой

  
(подпись)

Балапанов М.Х.  
(Ф.И.О.)

#### Критерии оценивания ответа на экзамене

За ответы на вопросы билета выставляется

- **оценка «отлично»**, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание формул, терминологии, понимание физической сути явлений и экспериментов, умение последовательно и логично отвечать на вопросы билета в объеме рекомендованной литературы. Студент без затруднений ответил на уточняющие вопросы преподавателя по материалам билета.

- **оценка «хорошо»**, выставляется студенту, если студент раскрыл без серьезных ошибок оба теоретических вопроса, однако показал пробелы в знаниях 20-25 % объема билета. Не на все уточняющие вопросы были даны корректные ответы.

- **оценка «удовлетворительно»**, выставляется студенту, если даны ответы на оба теоретических вопроса в объеме 35-50 % от полного ответа. Студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий, законов и формул, описании основных экспериментов. Студент не дает удовлетворительных ответов на уточняющие вопросы по билету.

- **оценка «неудовлетворительно»**, выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий, законов и экспериментов, или полностью отсутствует ответ на один вопрос и допущены серьезные ошибки и пробелы при ответе на второй вопрос. На уточняющие вопросы по билету не получены ответы или ответы на них в корне ошибочны.

### **Текущий контроль**

В качестве средства текущего контроля применяется устный опрос в начале и в конце занятия.

#### **Примерные вопросы для проведения текущего контроля (устного опроса)**

Что называется коэффициентом отражения света?

Дайте определение коэффициента поглощения света веществом.

Что называется спектром поглощения?

Перечислите основные типы оптического поглощения в полупроводниках.

Что называют собственным поглощением света в полупроводниках?

Дайте определение прямых межзонных переходов в полупроводниках.

Какое правило отбора действует для межзонных оптических переходов?

Дайте определение непрямых межзонных переходов в полупроводниках.

При каких условиях может осуществляться непрямое собственное поглощение?

Что называется экситоном?

Когда наблюдается экситонное поглощение?

Как зависит коэффициент поглощения свободными носителями заряда от проводимости полупроводника?

Как зависит коэффициент поглощения свободными носителями заряда от длины волны падающего света?

Какое поглощение называется примесным?

Где в спектре поглощения располагаются линии примесного поглощения?

Какое поглощение называется решеточным?

В какой области спектра располагаются полосы решеточного поглощения?

Сформулируйте условие наблюдения циклотронного резонанса.

Для чего используется измерение циклотронного резонанса?

Как связаны между собой коэффициенты поглощения и отражения?

Какую информацию о полупроводнике можно получить из измерений отражения света в инфракрасной области спектра?

Какую информацию о полупроводнике можно получить из измерений отражения света в ультрафиолетовой области спектра?

Какие носители заряда называются равновесными?

Какие свободные носители заряда называются равновесными?

Что называется регенерацией носителей?

Что называется коэффициентом рекомбинации?

Какие два основных типа рекомбинации неравновесных носителей заряда существуют в полупроводниках?

Перечислите типы межзонной рекомбинации неравновесных носителей заряда.

Дайте определение излучательной межзонной рекомбинации неравновесных носителей заряда.

Дайте определение безызлучательной межзонной рекомбинации неравновесных носителей заряда.

Дайте определение Оже - рекомбинации неравновесных носителей заряда.

Дайте определение рекомбинационной ловушки.

Как происходит рекомбинация через ловушки?

### Критерии оценивания устного ответа.

Ответ засчитывается, если он дан по существу вопроса и в основном содержит необходимую информацию. Допускаются небольшие ошибки или незнание некоторых деталей.

Если ответ не засчитывается, студент должен представить на следующем занятии подробный письменный ответ на заданный вопрос.

### Рубежный контроль.

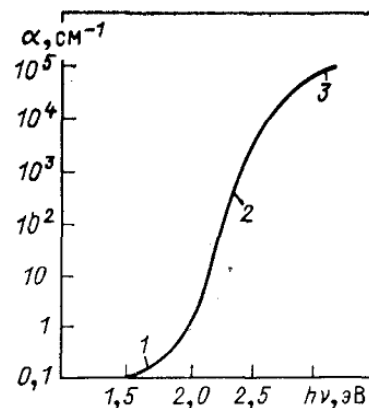
#### Описание контрольной работы.

Контрольная работа состоит из пяти заданий. Время выполнения – 90 минут.

#### Варианты контрольной работы

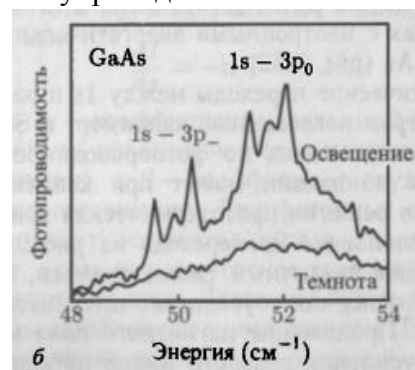
##### Вариант 1.

1. Дайте определение коэффициента поглощения
2. Сформулируйте правило отбора для межзонных оптических переходов.
3. На рисунке представлена зависимость коэффициента поглощения аморфного полупроводника от энергии фотонов. Оцените ширину запрещенной зоны полупроводника.
4. Релаксация фотопроводимости при малой освещенности в некотором полупроводнике определяется выражением вида  $4 \cdot 10^{12} \exp(-0,15 \cdot 10^5 t)$  для концентрации избыточных носителей тока, где текущее время в секундах. Определите время жизни неравновесных носителей заряда.
5. Опишите процесс возникновения вентильной фото-э.д.с.



##### Вариант 2.

1. Дайте определение прямых межзонных переходов в полупроводниках.
2. Опишите зависимость коэффициента поглощения света свободными носителями заряда от длины волны падающего света?
3. Какая зависимость связывает величину вентильной фото-э.д.с. и интенсивность падающего света?
4. На рисунке представлена зависимость фотопроводимости полупроводника GaAs от энергии фотонов. Концентрация донорных примесей  $10^{13} \text{ см}^{-3}$ . Эксперимент выполнен при температуре 4.2 К, освещение светом выше ширины запрещенной зоны. Какую



информацию об энергетической структуре полупроводника можно получить из рисунка?

5. Опишите эффект Дембера.

#### **Критерии оценивания контрольной работы.**

- Оценка «зачтено» ставится, если студент выполнил 50 % заданий и более.
- Оценка «не зачтено» ставится, если студент выполнил менее 50 % заданий.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **Основная литература:**

1. Зегря, Георгий Георгиевич. Основы физики полупроводников : учеб. пособие / Г. Г. Зегря, В. И. Перель .— М. : Физматлит, 2009 .— 336 с. **5 экз.**

[Зегря, Г.Г.](#) Основы физики полупроводников [Электронный ресурс] / Зегря Г. Г. — М. : Физматлит, 2009 .— 334 с. — Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему «Университетская библиотека online .— ISBN 978-5-9221-1005-1 .— <URL:<http://www.biblioclub.ru/book/68394/>>.

2. Шалимова, Клавдия Васильевна. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова .— Изд. 4-е, стер. — СПб. : Лань, 2010 .— 400 с. **10 экз.**

#### **Дополнительная литература:**

3. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников : учеб. пособие / А. Н. Ансельм .— 3-е изд., стер. — СПб. : Лань, 2008 .— 624 с. **10 экз.**

4. Смит, Р. Полупроводники / Р. Смит ; пер. с англ. под ред. Н. А. Пенина .— Изд. 2-е, перераб. и доп. — М. : Изд-во иностр. лит-ры, 1982 .— 560 с. **18 экз**

5. Бонч-Бруевич, В. Л. Сборник задач по физике полупроводников : учебное пособие / В. Л. Бонч-Бруевич [и др.] .— Изд. 2-е, перераб. и доп. — М. : Наука, 1987 .— 143 с. **5 экз.**

### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. — Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://elib.bashedu.ru/>

2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн. - Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. —<https://biblioclub.ru/>

3. Электронная библиотечная система издательства .Лань. — Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://e.lanbook.com/>

4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: № 318 (физмат корпус)	Лекции	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран Программное обеспечение: 1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014 г.
учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа: аудитории № 322 или № 324 или № 318 (физмат корпус)	Практические занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Физика полупроводниковых материалов» на 2 семестр  
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	31,7
лекций	16
практических/ семинарских лабораторных	36
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	85.3
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27

Форма контроля:  
экзамен 2 семестр  
контрольная работа 2 семестр

№ п.п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов:				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов (СРС)	Форма текущего контроля успеваемости
		лекции, практические семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)	ЛК	ПР/СЕМ	ЛР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Оптические явления в полупроводниках Взаимодействие света с кристаллической средой. Прямые и не прямые межзонные переходы. Собственное поглощение света в п.п.	1	1		6	1 (§12), 3 (§8,10), 5 (§1)	2 (§119,120),	Устный опрос КР
2	Поглощение света свободными носителями заряда. Поглощение света примесными центрами.	1	1		6	1 (§6,8,9), 3 (§11), 5 (§2,3)	1 (§3), 4 (49,50, 62,63)	Устный опрос КР
3	Решеточное поглощение света. Экситонное поглощение.	1	1		6	1 (§16,17), 3 (§13-15), 5 (§3-8).	4 (§67,72,75, 77)	Устный опрос КР
4	Влияние магнитного поля на межзонное поглощение света. Циклотронный резонанс. Отражение света.	1	2		8	1 (§16,17), 3 (§13-15), 5 (§3-8).	4 (§67,72,75, 77)	Устный опрос ,
5	Неравновесные носители тока в полупроводниках Виды и механизмы рекомбинации носителей в п.п.	2	2		7	1 (26,27,29), 3 (§17-20), 5 (9-11).	6 (§23), 4 (§6.80,81,84,85)	Устный опрос КР
6	Диффузионная длина носителей заряда. Методы ее определения.	1	2		8	1 (§10,11), 2 (§2), 5 (§27).		Устный опрос
7	Фотопроводимость полупроводников. Примесная фотопроводимость.	1	2		6	1 (§12,13), 2 (§3,4), 5 (§28).	1 (§14), 5 (§13), 3 (§21).	Устный опрос КР
8	Фотовольтаические эффекты.	1	1		6	1 (§30,31), 3 (§21,22), 5	4 (6.122,124)	Устный опрос

	Фотолюминесценция.					(§12, 15, 20)		
9	Контактные явления. Контакт металл-полупроводник.	1	1		8	1(§57), 3(§30)	4(6.141, 145,146)	Устный опрос КР
10	Выпрямление тока на контакте металл-полупроводник. Р-п переход. Лазер на гомопереходе.	2	1		8	1(§71,72)	6(§44,45)	Устный опрос
11	Гетероструктуры. Энергетическая зонная диаграмма гетероструктуры. Разрыв зон на границе раздела. Лазер на гетеропереходе.	1	1		6	1(§58,63), 3(§28,29) 5(§19)	1(§64), 4(6.180,182)	Устный опрос
12	Квантовые ямы в полупроводниках. Лазер на квантовых ямах. Светодиоды на полупроводниковых наноструктурах.	1	1		10,3	3(§37,41),	3(§36), 3(зад. на с. 196)	Устный опрос
	Всего часов:	14	16		85.3			
	ФКР:	1.7 часов						
	Контроль:	27 часов						
	<b>ИТОГО :</b>	<b>144 часа</b>						

*Примечание 1.* Сокращение в таблице: КР – контрольная работа.



