

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан  
химического факультета



В.Н. Семенов

19.04.2024

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.В.ДВ.02.02 Основы технологии полупроводниковых материалов

*Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом*

- 1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**  
04.03.01
- 2. Профиль подготовки/специализация:** Химия
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:**  
кафедра общей и неорганической химии
- 6. Составители программы:** к.х.н., доцент Косяков Андрей Викторович
- 7. Рекомендована:** НМС химического факультета протокол № 4 от 11.04.2024
- 8. Учебный год:** 2025-2026                      **Семестр(-ы):** 4

**9. Цели и задачи учебной дисциплины:** изучение основ физики твердого тела, физики и химии полупроводников с элементами технологии полупроводников; изучение начал полупроводникового материаловедения.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** Блок 1.Дисциплины. Часть, формируемая участниками образовательных отношений. Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.2.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ПК - 1	Способен проводить сбор, систематизацию и критический анализ научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач химической направленности	ПК - 1.1	Обеспечивает сбор научной, технической и патентной информации, необходимой для решения исследовательских задач	Знать: - источники научно-технической информации, журналы отечественной и международной научной периодики, основы поиска патентной информации. Уметь: - осуществлять поиск научно-технической информации с использованием ресурсов сети Интернет, баз данных; оформлять отчет о результатах поиска информации. Владеть: - приемами поиска научно-технической информации и методами составления отчетов о результатах поиска.
		ПК - 1.2	Составляет аналитический обзор собранной научной, технической и патентной информации по тематике исследовательского проекта	
ПК - 2	Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области аналитической, физической, неорганической, органической и полимерной химии	ПК - 2.1	Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий	Знать: - методы обработки и анализа первичного экспериментального материала по синтезу и исследованию дисперсных систем с заданным набором реологических свойств; - методы исследования физико-химических процессов, протекающих на границах раздела фаз. Уметь: - планировать эксперимент на основе анализа литературных данных; - анализировать и обобщать результаты эксперимента, формулировать выводы.
		ПК - 2.2	Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи, исходя из имеющихся материальных	

			и временных ресурсов	Владеть: - навыками использования экспериментальных и расчетно-теоретических методов исследования структурно механических свойств дисперсных систем и материалов.
		ПК 2.3 -	Выбирает технические средства и методы испытаний (из набора имеющихся) для решения поставленных задач НИОКР	
		ПК 2.4 -	Готовит объекты исследования	

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час — 3/108**

**Форма промежуточной аттестации** *зачет*

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость	
		Всего	По семестрам
			6
Аудиторные занятия		36	36
в том числе:	лекции	18	18
	практические	18	18
	лабораторные		
Самостоятельная работа		72	72
в том числе: курсовая работа (проект)			
Форма промежуточной аттестации (экзамен – час.)			
Итого:		108	108

**13.1. Содержание дисциплины**

**Разделы дисциплин и виды занятий**

№	Раздел дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайнкурса, ЭУМК
1. Лекции			
1.	Общая характеристик а твердого тела. Элементы кристаллограф	Твердое тело как конденсированное состояние вещества. Задачи и разделы физики твердого тела. Элементы кристаллографии. Решетка Браве. Точечная и пространственная симметрия	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174</a>

	ии	кристаллов.	
1. 2.	Химическая связь в полупроводниках. Основы зонной теории твердого тела.	Основные феноменологические отличия металлов и полупроводников. Общая характеристика полупроводниковых материалов. Типы полупроводников. Химическая связь в полупроводниках.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174</a>
1. 3.	Статистика носителей заряда в полупроводниках	Статистика электронов в полупроводниках. Фазовое пространство. Понятие функции распределения и плотности состояний. Статистика Больцмана. Статистика Ферми-Дирака. Уровень Ферми.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174</a>
1. 4.	Поверхностные и контактные свойства полупроводников	Поверхностные свойства полупроводников. Изменение уровня Ферми на поверхности полупроводника. Структура металл – полупроводник. Эффект выпрямления тока. P-n переход.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174</a>
1. 5.	Зонная теория твердого тела.	Зонная структура кристаллов. Свободный электрон, уравнение Шредингера для кристалла. Оператор трансляции. Теорема Блоха. Адиабатическое приближение. Волновой вектор. <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174</a> Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Квазиимпульс. Эффективная масса электрона	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174</a>
<b>2. Практические занятия занятия</b>			
2. 1.	Электрофизические свойства полупроводников и металлов	Некоторые сведения из теории электричества. Электронная теория проводимости. Подвижность носителей. Уравнение для электропроводности. Общий характер температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников (собственная проводимость). Механизмы рассеяния носителей. Температурная зависимость подвижности. Гальваномагнитные явления.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174</a>
2. 2.	Оптика полупроводников	Оптические свойства полупроводников. Спектр поглощения п/п. Край фундаментальной полосы. Оптическая ширина запрещенной зоны. Центры окраски. Примесное	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174</a>

		поглощение в п/п. Экситоны.	
2. 3.	Элементарные, бинарные и многокомпонентные полупроводники	Элементарные полупроводники. Бинарные полупроводники. Общая характеристика. Неоднородные, аморфные, органические полупроводники.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174</a>
2. 4.	Фазовые равновесия в полупроводниковых системах	Типы фазовых диаграмм интерметаллических и п/п систем.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174</a>
2. 5.	Методы получения и очистки полупроводниковых материалов	Синтез и очистка п/п материалов. Требования к п/п материалам. Направленная кристаллизация. Методы роста кристаллов Бриджмена и Чохральского. Теория зонной плавки.	<a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2174</a>

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Практические работы	Самостоятельная работа	Всего
1	Твердое тело как конденсированное состояние вещества. Задачи и разделы физики твердого тела.			4	4
2	Элементы кристаллографии. Решетка Браве. Точечная и пространственная симметрия кристаллов		2	6	8
3	Основные феноменологические отличия металлов и полупроводников. Общая характеристика полупроводниковых материалов. Типы полупроводников.	2		4	6
4	Химическая связь в полупроводниках		2	4	6
5	Некоторые сведения из теории электричества. Электростатическое поле, теорема Гаусса. Потенциал, уравнение Пуассона			4	4
6	Некоторые сведения из теории электричества. Ток, плотность тока. Уравнение неразрывности Точечный закон Ома. Вольтамперная характеристика.			4	4
7	Электронная теория		2	4	6

	проводимости. Подвижность носителей. Уравнение для электропроводности.				
8	Общий характер температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников (собственная проводимость). Механизмы рассеяния носителей. Температурная зависимость подвижности.		2	4	8
9	Гальваномагнитные явления. Эффект Холла.			2	4
10	Термоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Пельтье, термо-эдс.			2	4
11	Статистика электронов в полупроводниках. Фазовое пространство.	4		2	6
12	Понятие функции распределения и плотности состояний. Статистика Больцмана.		2	2	6
13	Статистика Ферми-Дирака. Уровень Ферми.	2		2	6
14	Уровень Ферми в собственных полупроводниках. Зависимость уровня ферми от температуры и эффективных масс носителей заряда.			2	4
15	Уровень Ферми в примесных полупроводниках. Зависимость уровня ферми от температуры, концентрации примесей и эффективных масс носителей заряда.		2	2	6
16	Поверхностные свойства полупроводников. Изменение уровня Ферми на поверхности полупроводника.	2		2	6
17	Структура металл – полупроводник. Эффект выпрямления тока.		2	2	6
18	P-n переход.			2	4
19	Зонная структура кристаллов. Свободный электрон, уравнение Шредингера для кристалла. Оператор трансляции. Теорема Блоха. Адиабатическое приближение.	2		2	6
20	Волновой вектор. Обратная		2	2	6

	решетка. Зоны Бриллюэна. Квазиимпульс. Эффективная масса электрона				
21	Оптические свойства полупроводников. Спектр поглощения п/п. Край фундаментальной полосы. Оптическая ширина запрещенной зоны	2			6
22	Центры окраски. Примесное поглощение в п/п. Экситоны.		2	2	4
23	Элементарные полупроводники.			2	2
24	Бинарные полупроводники. Общая характеристика.			2	4
	Неоднородные, аморфные, органические полупроводники.	2		2	6
25	Типы фазовых диаграмм интерметаллических и п/п систем	2		2	6
26	Синтез и очистка п/п материалов. Требования к п/п материалам			2	4
27	Направленная кристаллизация. Методы роста кристаллов Бриджмена и Чохральского. Теория зонной плавки.			2	4
Итого:		18	18	72	108

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Максимально возможный охват рекомендуемой литературы при подготовке к семинарским занятиям, докладам и при самостоятельной работе. Использование методических разработок кафедры. При возникновении вопросов по дисциплине контакт с преподавателем, через систему <https://edu.vsu.ru>.

#### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины:

##### а) основная литература:

№ п/п	Источник
1.	Шалимова К. В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. – СПб.: Лань, 2010. — 390 с.
2.	Шалимова К. В. Физика полупроводников / К.В. Шалимова. – Москва: Лань, 2010. — 390 с.// Издательство “Лань”: электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>

##### б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
3.	Бонч-Бруевич В. Л. Физика полупроводников / В. Л. Бонч-Бруевич, С. Г. Калашников. – М. : Наука, 1990. – 688 с.
4.	Киреев П. С. Физика полупроводников / П. С. Киреев. – М. : Высш. школа, 1969. – 592 с.
5.	Китель Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Китель; пер. с англ. – М. : Физматгиз, 1962. – 696 с.
6.	Угай Я. А. Введение в химию полупроводников / Я. А. Угай. – М. : Высш. шк., 1975. – 302 с.
7.	Ормонт Б. Ф. Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников / Б.

	Ф. Ормонт. – М. : Высш. шк., 1973. – 656 с.
8.	<b>Соединения</b> переменного состава / Под ред. Б. Ф. Ормонта. – Л. : Химия, 1969. – 520 с.
9.	<b>Левин А. А.</b> Введение в квантовую химию твердого тела. Химическая связь и структура энергетических зон в тетраэдрических полупроводниках / А. А. Левин. – М. : Химия, 1974. – 240 с.

**в). Информационные электронно-образовательные ресурсы**

1. <https://lib.vsu.ru/>

**16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы**

Учебно-методический комплекс дисциплины на сайте <https://edu.vsu.ru>

**17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При реализации дисциплины используются классические образовательные технологии без замены аудиторных занятий (лекций и практических занятий) на ДОТ.

При возможных ограничениях по посещению аудиторных занятий могут быть использованы элементы электронного обучения (ЭО) и дистанционные образовательные технологии (ДОТ) в части освоения лекционного материала, проведения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций, взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров. Основные типы лекций – вводные лекции (в начале изучения дисциплины) и информационные лекции с визуализацией (мультимедийные презентации). Проведение промежуточной аттестации осуществляется в форме устного собеседования по КИМ. Самостоятельная работа по всем разделам предполагает выполнение обязательных письменных домашних заданий.

**18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:** мультимедийная техника для чтения лекций с использованием электронных презентаций. Высокотемпературный измерительный комплекс RLG 4270/GP, Печь электрическая муфельная ЭП-1200-2, Термометр контактный ТК-5,11, двухканальный без зондов, Мультиметр Keithley 2700 (ауд. 359, 535).

**19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций.**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Общая характеристика твердого тела. Элементы кристаллографии		ПК - 1.1 ПК - 1.2 ПК - 2.1	Домашние задания Практико-ориентированные задания
2.	Химическая связь в полупроводниках. Основы зонной теории твердого тела.		ПК - 2.2 ПК - 3.1 ПК - 3.2	Домашние задания Практико-ориентированные задания

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства		
3	Статистика носителей заряда в полупроводниках	ПК-1 ПК-2 ПК-3		Домашние задания Практико-ориентированные задания		
4	Поверхностные и контактные свойства полупроводников			Домашние задания Практико-ориентированные задания		
5	Зонная теория твердого тела.			Домашние задания Практико-ориентированные задания		
6	Электрофизические свойства полупроводников и металлов			Домашние задания Практико-ориентированные задания		
7	Оптика полупроводников			Домашние задания Практико-ориентированные задания		
8	Элементарные, бинарные и многокомпонентные полупроводники			Домашние задания Практико-ориентированные задания		
9	Фазовые равновесия в полупроводниковых системах			Домашние задания Практико-ориентированные задания		
10	Методы получения и очистки полупроводниковых материалов			Домашние задания Практико-ориентированные задания		
Промежуточная аттестация форма контроля - зачет				Перечень вопросов КИМ		

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций. Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устный опрос (индивидуальный опрос); выполнение письменных домашних и практико-ориентированных заданий, выполнение тестовых заданий. Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования. Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний, и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2.

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практико-ориентированные задания, домашние задания, тестовые задания, устный опрос. Вопросы для домашнего задания формулируются на практическом занятии. На следующем практическом занятии студенты представляют решение домашнего задания, занятие начинается с обсуждения вариантов решения. Устные опросы и тестирования проводятся на практическом занятии, о чем преподаватель заранее сообщает обучающимся.

**Комплект тестовых заданий, который может быть использован для проведения диагностической работы.**

### **Закрытые вопросы.**

1. Энергии, необходимые для образования электронов проводимости в германии  $E_1 = 1,12 \cdot 10^{-19}$  Дж, в кремнии  $E_2 = 1,76 \cdot 10^{-19}$  Дж. В каком из этих полупроводников при данной температуре будет большая концентрация собственных электронов проводимости.

(Ответ: В германии, так как для образования электронов проводимости у него требуется меньшая энергия.)

2. Какого типа будет проводимость германия, если к нему добавить примесь фосфора?

(Ответ: электронная.)

3. Какого типа будет проводимость германия, если к нему добавить примесь цинка (2-х вал.)?

(Ответ: дырочная.)

4. При уменьшении температуры удельная электрическая проводимость полупроводников (нелегированных):

а) уменьшается

б) увеличивается

в) остается без изменений

г) сначала увеличивается, потом уменьшается

5. Полупроводниковый диод служит для:

а) увеличения напряжения или тока

б) преобразования переменного тока в постоянный

в) управления внешними устройствами

г) преобразования постоянного тока в переменный

6. Фотопроводимость-это:

а) проводимость, вызванная действием примеси

б) проводимость, вызванная действием температуры

в) проводимость, вызванная действием света

г) проводимость, вызванная действием тока

7. Кроме биполярных транзисторов бывают:

а) луговые транзисторы

б) полевые транзисторы

в) литиевые транзисторы

г) литий-ионные транзисторы

8. Полупроводниковые приборы, электрическое сопротивление которых изменяется под действием светового потока:

а) фототиристор

б) фототранзистор

в) фотодиод

г) фоторезистор

9. Какой полупроводник называется примесным?
- а) смесь нескольких различных полупроводников
  - б) сплав кремния и германия
  - в) полупроводник, содержащий в небольшой концентрации примесь с валентностью, отличной от валентности основного вещества
  - г) полупроводник, содержащий в небольшой концентрации примесь с валентностью, равной валентности основного вещества
10. Диод, предназначенный для преобразования переменного тока в постоянный называется:
- а) плоскостной диод
  - б) выпрямительный диод
  - в) туннельный диод
  - г) импульсный диод
11. Полупроводниковый прибор, назначением которого является усиление мощности электрических сигналов:
- а) биполярный транзистор
  - б) диод
  - в) полевой транзистор
  - г) тиристор
12. К халькогенам относятся:
- а) Zn, Cd, Be
  - б) V, Sb, Bi
  - в) S, Se, Te
  - г) W, Se, Cr
13. Окрашенные минеральные или органические вещества, обладающие полупроводниковыми свойствами, которые не растворяются в связующем:
- а) молекулярные кристаллы
  - б) металлоорганические комплексы
  - в) молекулярные комплексы
  - г) пигменты
14. Какие из перечисленных материалов относятся к полупроводниковым материалам?
- а) серебро, пары ртути, раствор  $H_2SO_4$
  - б) алюминий, раствор сахара, плазма
  - в) германий, кремний, фосфид галлия
  - г) германий, полистирол, серебро
15. Какой из группы не существует у органических полупроводниковых материалов?
- а) полярные
  - б) полимерные полупроводники
  - в) молекулярные кристаллы
  - г) пигменты
16. Распределение электронов по энергии в металле подчиняется статистике
- а) Максвелла-Больцмана
  - б) Ферми-Дирака
  - в) Бозе-Эйнштейна
  - г) ни одной из перечисленных
17. К неосновным носителям заряда в полупроводниках относят?
- а) Электроны проводимости
  - б) Дырки в валентной зоне
  - в) Экситоны при низких температурах
  - г) носители заряда, имеющие наименьшую концентрацию
18. К какому типу полупроводниковых материалов относится арсенид галлия (GaAs):

- а) сложный полупроводник типа  $A^{III}B^V$
- б) сложный полупроводник типа  $A^{II}B^{VI}$
- в) сложный полупроводник типа  $A^{IV}B^{VI}$
- г) сложный полупроводник типа  $A_2^VB_3^{VI}$

19. Для выпрямления переменного тока применяют:

- а) диоды
- б) терморезисторы
- в) транзисторы
- г) тиристоры

20. Процесс контролируемого введения в полупроводник необходимых примесей называется?

- а) легированием
- б) поляризацией
- в) адгезией
- г) аллотропией

## Открытые вопросы

1. Эффектом Холла называется появление поперечной разности потенциалов в проводнике, по которому течет ток, и который помещен во внешнее \_\_\_\_\_ поле  
Вставьте пропущенное слово.

Ответ: магнитное

2. Минимальное расстояние между дном зоны проводимости и потолком валентной зоны называют шириной \_\_\_\_\_ зоны.

Вставьте пропущенное слово.

Ответ: запрещенной

3. Квазичастица, которую можно представить как квант энергии согласованного колебательного движения атомов твёрдого тела, называется \_\_\_\_\_.

Вставьте пропущенное слово.

Ответ: фононом (фонон)

4. Преобладающим типом носителей заряда в кремнии, легированном фосфором являются \_\_\_\_\_.

Вставьте пропущенное слово.

Ответ: электроны

5. Преобладающим типом химической связи в таких полупроводниках как кремний, германий,  $A^{III}B^V$  является \_\_\_\_\_ связь

Вставьте пропущенное слово.

Ответ: ковалентная

6. Для обозначения плоскостей и направлений кристалла используются так называемые кристаллографические индексы \_\_\_\_\_. Как правило, обозначение направления или плоскости выглядит, как три взаимно простых целых числа, записанные в круглых скобках: (111), (101), (110).

Вставьте пропущенное слово.

Ответ: Миллера

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств:

1. Основные феноменологические отличия металлов и полупроводников. Общая характеристика полупроводниковых материалов
2. Элементы кристаллографии. Решетка Браве. Точечная и пространственная симметрия кристаллов
3. Химическая связь в полупроводниках
4. Подвижность носителей электрического тока. Уравнение для электропроводности.
5. Общий характер температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников (собственная проводимость).
6. Механизмы рассеяния носителей. Температурная зависимость подвижности.
7. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла
8. Синтез и очистка п/п материалов. Направленная кристаллизация. Методы роста кристаллов Бриджмена и Чохральского. Теория зонной плавки.
9. Зонная структура кристаллов.
10. Оптические свойства полупроводников. Спектр поглощения п/п. Край фундаментальной полосы.

11. Структура металл – полупроводник. Эффект выпрямления тока.
12. Полупроводниковые приборы (диод, триод, полупроводниковый лазер)
13. Понятие функции распределения и плотности состояний. Статистика Больцмана.
14. Поверхностные свойства полупроводников. P-n переход. Бинарные полупроводники. Общая характеристика.
15. Статистика Ферми-Дирака. Уровень Ферми.
16. Уровень Ферми в примесных полупроводниках. Зависимость уровня ферми от температуры
17. Механизмы рассеяния носителей. Температурная зависимость подвижности.

**Пример контрольно-измерительного материала к промежуточной аттестации.**

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой общей и неорганической химии  
Д.х.н. проф. \_\_\_\_\_ В.Н. Семенов

**Направление подготовки / специальность** 04.03.01- Химия. Прикладная химия

**Дисциплина** Химия и физика полупроводников

**Форма обучения** очное

**Вид контроля** экзамен

**Вид аттестации** промежуточная

Контрольно-измерительный материал № 2

1. Химическая связь в полупроводниках
2. Гальваномагнитные явления. Эффект Холла

**Преподаватель:** \_\_\_\_\_ А.В. Косяков

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено. Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Владение основным материалом курса, полные и правильные ответы на зачете	Пороговый уровень	<b>Зачтено</b>
Отсутствие знаний по вопросу билета на зачете или неверные, значительно искаженные ответы.	–	<b>Не зачтено</b>