

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

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

Общей и неорганической химии



Проф. Семенов В.Н.

__ . __ . 20 __ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.10 Химия и физика полупроводников

Код и наименование дисциплины в соответствии с Учебным планом

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности:

04.05.01- Фундаментальная и прикладная химия

2. Профиль подготовки/специализации: ”Фундаментальная и прикладная химия”

3. Квалификация (степень) выпускника: специалист

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: общей и неорганической химии

6. Составители программы: к.х.н., доцент Косяков Андрей Викторович

7. Рекомендована: НМС химического факультета, 24.05.2018 прот. № 5.

8. Учебный год: 2018-2019

Семестр(-ы): 6-ой

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: Б1.В. –вариативная часть

11. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:

ОПК-1, 2, 5

ПК-3

12. Структура и содержание учебной дисциплины:

12.1 Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 2 ЗЕТ/72 часа.

13. Виды учебной работы:

Вид учебной работы	Трудоемкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		6 сем.
Аудиторные занятия	54	54
лекции	18	18
лабораторные	36	36
Самостоятельная работа	18	18
Контроль		
Форма промежуточной аттестации	зачет	
Итого:	72	72

13.1 Содержание разделов дисциплины:

Разделы дисциплин и виды занятий

№	Раздел дисциплины	Содержание раздела
1	Общая характеристика твердого тела. Элементы кристаллографии	Твердое тело как конденсированное состояние вещества. Задачи и разделы физики твердого тела. Элементы кристаллографии. Решетка Браве. Точечная и пространственная симметрия кристаллов.
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.
3	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.
4	Статистика носителей заряда в полупроводниках	Статистика электронов в полупроводниках. Фазовое пространство. Понятие функции распределения и плотности состояний.

		Статистика Больцмана. Статистика Ферми-Дирака. Уровень Ферми.
5	Поверхностные и контактные свойства полупроводников	Поверхностные свойства полупроводников. Изменение уровня Ферми на поверхности полупроводника. Структура металл – полупроводник. Эффект выпрямления тока. P-n переход.
6	Зонная теория твердого тела.	Зонная структура кристаллов. Свободный электрон, уравнение Шредингера для кристалла. Оператор трансляции. Теорема Блоха. Адиабатическое приближение. Волновой вектор. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Квазиимпульс. Эффективная масса электрона
7	Оптика полупроводников	Оптические свойства полупроводников. Спектр поглощения п/п. Край фундаментальной полосы. Оптическая ширина запрещенной зоны. Центры окраски. Примесное поглощение в п/п. Экситоны.
8	Элементарные, бинарные и многокомпонентные полупроводники	Элементарные полупроводники. Бинарные полупроводники. Общая характеристика. Неоднородные, аморфные, органические полупроводники.
9	Фазовые равновесия в полупроводниковых системах	Типы фазовых диаграмм интерметаллических и п/п систем.
10	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.

13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Твердое тело как конденсированное состояние вещества. Задачи и разделы физики твердого тела.		2	2	4
2	Элементы кристаллографии. Решетка Браве. Точечная и пространственная симметрия кристаллов		2		2
3	Основные феноменологические отличия металлов и полупроводников. Общая характеристика полупроводниковых материалов. Типы полупроводников.	2	2		4
4	Химическая связь в полупроводниках		2	2	4
5	Некоторые сведения из теории		2		2

	электричества. Электростатическое поле, теорема Гаусса. Потенциал, уравнение Пуассона				
6	Некоторые сведения из теории электричества. Ток, плотность тока. Уравнение неразрывности Точечный закон Ома. Вольтамперная характеристика.		2		2
7	Электронная теория проводимости. Подвижность носителей. Уравнение для электропроводности.		2		2
8	Общий характер температурной зависимости электропроводности металлов и полупроводников (собственная проводимость). Механизмы рассеяния носителей. Температурная зависимость подвижности.		2		2
9	Гальваномагнитные явления. Эффект Холла.		2		2
10	Термоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Пельтье, термо-эдс.		2		2
11	Статистика электронов в полупроводниках. Фазовое пространство.	4		2	6
12	Понятие функции распределения и плотности состояний. Статистика Больцмана.			2	2
13	Статистика Ферми-Дирака. Уровень Ферми.	2			2
14	Уровень Ферми в собственных полупроводниках. Зависимость уровня ферми от температуры и эффективных масс носителей заряда.		2		2
15	Уровень Ферми в примесных полупроводниках. Зависимость уровня ферми от температуры, концентрации примесей и эффективных масс носителей заряда.			2	2
16	Поверхностные свойства полупроводников. Изменение уровня Ферми на поверхности полупроводника.	2	2		4
17	Структура металл – полупроводник. Эффект		2		2

	выпрямления тока.				
18	P-n переход.		2		5
19	Зонная структура кристаллов. Свободный электрон, уравнение Шредингера для кристалла. Оператор трансляции. Теорема Блоха. Адиабатическое приближение.	2		2	4
20	Волновой вектор. Обратная решетка. Зоны Бриллюэна. Квазиимпульс. Эффективная масса электрона			2	2
21	Оптические свойства полупроводников. Спектр поглощения п/п. Край фундаментальной полосы. Оптическая ширина запрещенной зоны	2	2		4
22	Центры окраски. Примесное поглощение в п/п. Экситоны.				2
23	Элементарные полупроводники.			2	2
24	Бинарные полупроводники. Общая характеристика.			2	2
	Неоднородные, аморфные, органические полупроводники.	2			2
25	Типы фазовых диаграмм интерметаллических и п/п систем	2	2		4
26	Синтез и очистка п/п материалов. Требования к п/п материалам		2		2
27	Направленная кристаллизация. Методы роста кристаллов Бриджмена и Чохральского. Теория зонной плавки.		2		2
Итого:		18	36	18	72

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: https://e.lanbook.com
--	---

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.	Соединения переменного состава / Под ред. Б. Ф. Ормонта. – Л. : Химия, 1969. – 520 с.
9.	Левин А. А. 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. Информационные технологии, используемые для реализации учебной дисциплины, включая программное обеспечение и информационно-справочные системы

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

17. 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).

18. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины: Максимальный доступ к мировой литературе (свободный доступ к ведущим зарубежным физическим и физико-химическим источникам информации). Использование методических разработок кафедры.

19. Фонд оценочных средств:

19.1. Перечень компетенций с указанием этапов формирования и планируемых результатов обучения

Код и содержание компетенции (или ее части)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенции посредством формирования знаний, умений, навыков)	ФОС* (средства оценивания)
ОПК-1	<p>Знать: теоретические основы фундаментальных разделов химии (неорганической, органической, аналитической, физической, квантовой и др.), экологии, технологий химического производства</p> <p>Уметь: пользоваться современными представлениями основных разделов химии для объяснения взаимосвязи «состав-строение-свойства-применение-получение веществ с заданными свойствами»</p> <p>Владеть: навыками решения теоретических и экспериментальных задач.</p>	<p>Промежуточная аттестация. Комплект КИМ</p>
ОПК-2	<p>Знать: основы синтетических и аналитических методов получения и исследования химических веществ и реакций.</p> <p>Уметь: выбирать метод исследования, методику проведения эксперимента в соответствии с поставленными задачами, планировать химический эксперимент, прогнозировать результаты эксперимента, анализировать и интерпретировать полученные экспериментальные результаты, описывать полученные результаты.</p> <p>Владеть: техникой эксперимента.</p>	
ОПК-5	<p>Уметь: осуществлять поиск и анализ научной литературы, формулировать выводы и предложения.</p> <p>Владеть: приемами самостоятельного составления плана исследования и отчёта.</p>	
ПК-3	<p>Знать: основные фундаментальные химические понятия и методологические аспекты химии</p> <p>Уметь: использовать знания теоретических основ химии на практике при решении конкретных профессиональных задач.</p> <p>Владеть: формами и методами научного познания</p>	

19.2 Описание критериев и шкалы оценивания результатов обучения при промежуточной аттестации

Критерии оценок

Оценка	Критерии оценок
Зачтено	Знание основных фактов, совокупность которых дает ответ на вопросы контрольно-измерительного материала, с доказательством теорем, выводом уравнений и т.п. и умение иллюстрировать эти факты примерами.
Незачтено	Знание менее 25% программы дисциплины

19.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

19.3.1 Перечень вопросов к экзамену:

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.

19.3.2 Пример контрольно-измерительного материала к промежуточной аттестации.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой общей и неорганической химии

Д.х.н. проф. В.Н. Семенов

Направление подготовки / специальность 04.05.01- Фундаментальная и 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