ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей кафедрой

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
ЮУрГУ
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Воронцов А. Г.
Пользователь: vorontsovag
Дата подписания: 22.05.2023

А. Г. Воронцов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.П0.13.02 Кинетические явления в наноразмерных системах
для направления 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
уровень Бакалавриат
профиль подготовки Наноэлектроника: проектирование, технология, применение
форма обучения очная
кафедра-разработчик Физика наноразмерных систем

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, утверждённым приказом Минобрнауки от 19.09.2017 № 927

Зав.кафедрой разработчика, д.физ.-мат.н., доц.

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
ЮУрГУ
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Воронцов А. Г.
Пользователь: vorontsovag
Дата подписания: 22.05.2023

А. Г. Воронцов

Разработчик программы, д.физ.-мат.н., доц., заведующий кафедрой

Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
ЮУрГУ
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Воронцов А. Г.
Пользователь: vorontsovag
Дата подписания: 22.05.2023

А. Г. Воронцов

Челябинск

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины - формирование знаний о фундаментальных физических основах наноэлектроники, закономерностях и механизмах переноса носителей заряда и отдельных атомов в системах пониженной размерности, об электрических, тепловых, оптических, магнитных, механических свойствах низкоразмерных систем.

Краткое содержание дисциплины

Физическая кинетика является основой для описания физической химии нанодисперсных систем, механизмов формирования наночастиц, кооперативных явлений при атомном и электронном транспорте в наносистемах и включает в себя следующие основные разделы: 1) Теория простых кинетических процессов, в которых участвуют отдельные атомные частицы, взаимодействующие с однородным окружением (диффузия в среде и на поверхности твердого тела, адсорбция и десорбция атомных частиц). Статистической модели броуновских частиц с использованием уравнения Ланжевена или уравнения Фоккера−Планка. Экспоненциальная зависимость скорости простых атомарных процессов от температуры - закон Аррениуса. 2) Теория образования и роста наночастиц (фазовых превращений) на поверхности твердого тела, Модель зародышеобразования (Фольмера–Вебера–Зельдовича) и модель спинодального распада. 3) Кинетические явления в объемных полупроводниках (электропроводность собственных полупроводников, проводимость барьера Шоттки и n-p-перехода., эффект Холла). 4)Теория влияния размерного фактора на термодинамические и электронные свойства низкоразмерных структур (изменение температуры плавления, поверхностной энергии, колебательных и электронных спектров. 5) Особенности переноса носителей заряда через низкоразмерные структуры: баллистический транспорт и интерференционные эффекты, квантование проводимости низкоразмерных проводников, квантовый эффект Холла (интегральный и дробный), одноэлектронное и резонансное туннелирование, спин зависимый транспорт носителей заряда.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-3 Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	Знает: кинетические явления, оказывающие влияние на работу узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ

Основы технологий электронного приборостроения	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
Основы технологий электронного приборостроения	Знает: перспективные технологии электронного приборостроения Умеет: квалифицированно решать разнообразные технологические задачи, возникающие при производстве и эксплуатации аппаратуры, включая обеспечение долговечности и надежности устройств Имеет практический опыт:

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч., 126,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
Общая трудоёмкость дисциплины	216	108	108
Аудиторные занятия:	112	64	48
Лекции (Л)	56	32	24
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	56	32	24
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	0
Самостоятельная работа (СРС)	89,25	37,75	51,5
Подготовка к зачету	37,75	37.75	0
Подготовка к экзамену	26	0	26
Подготовка к лабораторным и контрольным работам по курсу	25,5	0	25.5
Консультации и промежуточная аттестация	14,75	6,25	8,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение в курс. Случайные блуждания (броуновское движение), уравнения Фоккера-Планка для описания диффузии и адсорбции	34	16	18	0
2	Теория образования и роста наночастиц (фазовых превращений) на поверхности твердого тела, Модель зародышеобразования Фольмера–Вебера–Зельдовича и модель спинодального распада	10	6	4	0

3	Кинетические явления в объемных полупроводниках (электропроводность собственных полупроводников, проводимость барьера Шоттки и n-p-перехода, эффект Холла)	56	24	32	0
4	Особенности переноса носителей заряда через низкоразмерные структуры: баллистический транспорт и интерференционные эффекты, квантование проводимости низкоразмерных проводников, квантовый эффект Холла	12	10	2	0

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Уравнения переноса, основы термодинамики необратимых явлений.Статистическая механика и необратимые процессы	2
2	1	Одномерные случайные блуждания , связь с биноминальным , пуассоновским и гауссовким распределениями	2
3	1	Случайные процессы, их основные характеристики, типы. Теорема Винера-Хинчина	2
4	1	Одномерное случайное блуждание: переход к уравнению Фоккера-Планка и получение граничных условий для него. Марковские процессы. Уравнение Смолуховского, вывод одномерного уравнения Фоккера-Планка	2
5	1	Броуновское движение. Уравнение Ланжевена. Соотношения Эйнштейна. Перехода от уравнения Ланжевена к кинетическому уравнению для функции распределения.	2
6	1	Основное кинетическое уравнение. Примеры использования.	2
7	1	Вывод уравнения Больцмана из основного кинетического уравнения.H-теорема Больцмана. Приближение времени релаксации.	2
8	1	Вывод уравнений гидродинамики из уравнения Больцмана, их физическое содержание	2
7	2	Модель зародышеобразования Фольмера–Вебера–Зельдовича	2
8	2	Модель спинодального распада	2
9	2	Особенности образования и роста наночастиц (фазовых превращений) на поверхности твердого тела	2
10	3	Статистика электронов и дырок в собственных и примесных полупроводниках.	4
11	3	Электропроводность собственных и примесных полупроводников	2
12	3	Контактные явления на границе металл-полупроводник	2
13	3	Теория барьера Шоттки. Вольт-амперная характеристика диода Шоттки.	4
14	3	Контактные явления на границе n-p-перехода	2
15	3	Прямые и обратные вольт-амперные характеристики p-n-перехода.	4
16	3	Эффект Холла в полупроводниках.	2
17	3	Термоэлектрические и термомагнитные кинетические явления в полупроводниках	4
18	4	Плотность электронных состояний и статистика носителей заряда в системах с пониженной размерностью.	2
19	4	Фононы в системах с пониженной размерностью	2
20	4	Примесные состояния в системах с пониженной размерностью	2
21	4	Кинетические явления в системах с пониженной размерностью	2
22	4	Квантовый эффект Холла	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул в газах.Коэффициенты переноса. Законы Фика, Ньютона,Фурье	2
2	1	Случайные функции и их основные характеристики. Марковские процессы. Их основные характеристики. Теорема Винера-Хинчина. Формула Найквиста.	2
3	1	Случайные блуждания как модельная задача теории случайных процессов. Случайные блуждания и основные функции распределения в теории случайных процессов. Сведение случайных блужданий к уравнению Фоккера-Планка.	2
4	1	Броуновское движение. Уравнение Ланжевена и его решение. Соотношения Эйнштейна в теории диффузии	2
5	1	Основное кинетическое уравнение. Примеры использования основного кинетического уравнения для неравновесных физических задач	2
6	1	Уравнение Больцмана. Использование приближения времени релаксации для расчета термоэлектрических кинетических коэффициентов.	2
7	1	Анализ случайных блужданий методом компьютерного моделирования	6
8	2	Модель зародышеобразования Фольмера–Вебера–Зельдовича	2
9	2	Особенности образования и роста наночастиц на поверхности твердого тела	2
10	3	Статистика электронов и дырок в собственных и примесных полупроводниках	2
11	3	Электропроводность собственных и примесных полупроводников	2
12	3	Контактные явления на границе металл-полупроводник	2
13	3	Моделирование контактных явлений на границе металл-полупроводник	6
14	3	Изучение диода Шоттки методом компьютерного моделирования	6
15	3	Контактные явления на границе n-p _перехода	2
16	3	Изучение полупроводникового p-n-перехода методом компьютерного моделирования	4
17	3	Эффект Холла	2
18	3	Изучение эффекта Холла методом компьютерного моделирования	6
19	4	Кинетические явления в системах с пониженной размерностью	2

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к зачету	Раздел 1. Ханефт, А. В. Основы физической кинетики, гл.1 стр. 9-24; Шалимова, К. В. Физика полупроводников, глава 5, стр. 133-143. Раздел 2. Иртюго, Л. А. Кинетика гетерогенных процессов : учебное пособие гл.3 стр.58-76.	7	37,75
Подготовка к экзамену	Раздел 3. Шалимова, К. В. Физика	8	26

	полупроводников, глава 6, стр.154-183. Раздел 4: Шалимова, К. В. Физика полупроводников, главы 9 и10, стр.240-296; Раздел 5: Росадо, Л. Физическая электроника и микроэлектроника. стр. 330-346. Ко всем разделам: Физические основы микро - и наноэлектроники: Методические указания стр.3-68		
Подготовка к лабораторным и контрольным работам по курсу	Раздел 1. Ханефт, А. В. Основы физической кинетики, гл.1 стр. 9-24; Шалимова, К. В. Физика полупроводников, глава 5, стр. 133-143. Раздел 2. Иртюго, Л. А. Кинетика гетерогенных процессов : учебное пособие гл.3 стр.58-76, Задачи стр.106-120. Раздел 3. Шалимова, К. В. Физика полупроводников, глава 6, стр.154-183. Раздел 4: Шалимова, К. В. Физика полупроводников, главы 9 и10, стр.240-296; Раздел 5: Росадо, Л. Физическая электроника и микроэлектроника. стр. 330-346. Ко всем разделам: Физические основы микро - и наноэлектроники: Методические указания стр.3-68	8	25,5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	7	Текущий контроль	Самостоятельная работа №1	4	8	В работе 4 задания. За каждое задание начисляется 0, 1 или 2 балла: 1 балл - правильно записаны исходные формулы (задание сделано частично), 2 балла - получен правильный ответ (задание сделано полностью), 0 баллов - решение нет, или оно неверно.	зачет
2	8	Текущий контроль	Самостоятельная работа №2	4	8	В работе 4 задания. За каждое задание начисляется 0, 1 или 2 балла: 1 балл - правильно записаны исходные формулы (задание сделано частично), 2 балла - получен правильный ответ (задание сделано полностью), 0 баллов - решение нет, или оно неверно.	экзамен
3	7	Текущий контроль	Практическая работа 1	2	4	Отчет по работе сдается студентом после выполнения измерений и расчета	зачет

						необходимых величин. Отчет сдан в срок, оформлен полностью, не содержит ошибок - 4 балла. Отчет сдан в срок, имеются недочеты в оформлении или исправленные грубые ошибки - 3 балла. Отчет сдан не в срок или выполнен частично, возможно наличие ошибок, не меняющих существа физической проблемы - 2 балла. Отчет сдан после окончания срока теоретического обучения либо в отчете имеются грубые ошибки, меняющие физическую суть проблемы - 1 балл. По желанию студента отчет с грубыми ошибками можно доработать, но не более 1 раза	
4	7	Текущий контроль	Практическая работа 2	2	4	Отчет по работе сдается студентом после выполнения измерений и расчета необходимых величин. Отчет сдан в срок, оформлен полностью, не содержит ошибок - 4 балла. Отчет сдан в срок, имеются недочеты в оформлении или исправленные грубые ошибки - 3 балла. Отчет сдан не в срок или выполнен частично, возможно наличие ошибок, не меняющих существа физической проблемы - 2 балла. Отчет сдан после окончания срока теоретического обучения либо в отчете имеются грубые ошибки, меняющие физическую суть проблемы - 1 балл. По желанию студента отчет с грубыми ошибками можно доработать, но не более 1 раза	зачет
5	7	Текущий контроль	Практическая работа 3	2	4	Отчет по работе сдается студентом после выполнения измерений и расчета необходимых величин. Отчет сдан в срок, оформлен полностью, не содержит ошибок - 4 балла. Отчет сдан в срок, имеются недочеты в оформлении или исправленные грубые ошибки - 3 балла. Отчет сдан не в срок или выполнен частично, возможно наличие ошибок, не меняющих существа физической проблемы - 2 балла. Отчет сдан после окончания срока теоретического обучения либо в отчете имеются грубые ошибки, меняющие физическую суть проблемы - 1 балл. По желанию студента отчет с грубыми ошибками можно доработать, но не более 1 раза	зачет
6	8	Текущий контроль	Практическая работа 4	2	4	Отчет по работе сдается студентом после выполнения измерений и расчета необходимых величин. Отчет сдан в срок, оформлен полностью, не содержит ошибок - 4 балла. Отчет сдан в срок, имеются недочеты в оформлении или исправленные грубые ошибки - 3 балла.	экзамен

						Отчет сдан не в срок или выполнен частично, возможно наличие ошибок, не меняющих существа физической проблемы - 2 балла. Отчет сдан после окончания срока теоретического обучения либо в отчете имеются грубые ошибки, меняющие физическую суть проблемы - 1 балл. По желанию студента отчет с грубыми ошибками можно доработать, но не более 1 раза	
7	8	Текущий контроль	Практическая работа №5	2	4	Отчет по работе сдается студентом после выполнения измерений и расчета необходимых величин. Отчет сдан в срок, оформлен полностью, не содержит ошибок - 4 балла. Отчет сдан в срок, имеются недочеты в оформлении или исправленные грубые ошибки - 3 балла. Отчет сдан не в срок или выполнен частично, возможно наличие ошибок, не меняющих существа физической проблемы - 2 балла. Отчет сдан после окончания срока теоретического обучения либо в отчете имеются грубые ошибки, меняющие физическую суть проблемы - 1 балл. По желанию студента отчет с грубыми ошибками можно доработать, но не более 1 раза	экзамен
8	7	Проме-жуточная аттестация	зачет (письменная работа)	-	40	Билет содержит 5 заданий: 3 теоретических задания, 2 задачи. За каждое полностью и правильно выполненное задание ставится 8 баллов. Каждое задание, как правило, имеет 4 подпункта, каждый из которых оценивается отдельно в 2 балла: 1 балл - задание сделано частично (правильно записаны только исходные формулы, имеются недочеты в формулировках), 2 балла - задание сделано полностью (получен правильный ответ, присутствуют точные формулировки).	зачет
9	8	Проме-жуточная аттестация	экзамен (письменный)	-	40	Письменный экзамен. Время на работу - 1,5 часа. Билет содержит 5 заданий: 3 теоретических задания, 2 задачи. За каждое полностью и правильно выполненное задание ставится 8 баллов. Каждое задание, как правило, имеет 4 подпункта, каждый из которых оценивается отдельно в 2 балла: 1 балл - задание сделано частично (правильно записаны только исходные формулы, имеются недочеты в формулировках), 2 балла - задание сделано полностью (получен правильный ответ, присутствуют точные формулировки).	экзамен

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	Письменная работа -1 час. Возможны дополнительные вопросы по представленной работе. Прохождение контрольного мероприятия промежуточной аттестации не является обязательным	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
экзамен	Письменная работа -1,5 час. Возможны дополнительные вопросы по представленной работе. Прохождение контрольного мероприятия промежуточной аттестации не является обязательным	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
ПК-3	Знает: кинетические явления, оказывающие влияние на работу узлов, блоков электроники и наноэлектроники различного функционального назначения	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Росадо, Л. Физическая электроника и микроэлектроника Пер. с исп. С. И. Баскакова; Под ред. В. А. Терехова. - М.: Высшая школа, 1991. - 351 с. ил.

б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Успехи физических наук, 1961-2016гг.

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Методические указания для самостоятельной работы студентов

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Методические указания для самостоятельной работы студентов

Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Методические пособия для самостоятельной	Электронно-библиотечная система	Кузнецов, С.И. Элементы физической кинетики. Курс физики с примерами решения задач: учебное пособие. [Электронный ресурс] / С.И. Кузнецов, В.В. Каплин, С.Р.

	работы студента	издательства Лань	Углов. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2011. — 77 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/10275 — Загл. с экрана.
2	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шалимова, К. В. Физика полупроводников : учебник / К. В. Шалимова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-0922-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/167840 (дата обращения: 10.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Ханефт, А. В. Основы физической кинетики : учебное пособие / А. В. Ханефт. — Кемерово : КемГУ, 2020. — 148 с. — ISBN 978-5-8353-2670-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/162602 (дата обращения: 30.11.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Иртюго, Л. А. Кинетика гетерогенных процессов : учебное пособие / Л. А. Иртюго, А. А. Шубин. — Красноярск : СФУ, 2021. — 132 с. — ISBN 978-5-7638-4282-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/181604 (дата обращения: 11.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5	Методические пособия для самостоятельной работы студента	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Физические основы микро - и наноэлектроники: Методические указания : методические указания. — Москва : РТУ МИРЭА, 2020. — 71 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/163885 (дата обращения: 09.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии : учебное пособие / А. И. Гусев. — 2-е изд., испр. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. — 416 с. — ISBN 978-5-9221-0582-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/2173 (дата обращения: 01.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий

Лекции	305 (1б)	Оборудование для демонстрации презентаций: компьютер проектор, экран
Лабораторные занятия	305 (1б)	Компьютер, проектор, экран