



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

Огнев А.В.



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор департамента  
общей и экспериментальной  
физики

Короченцев В.В.

«12» февраля 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Введение в квантовые материалы**

Направление подготовки 03.04.02 «Физика»

(Прикладная физика (совместно с НИЦ "Курчатовский институт" и ИАПУ ДВО РАН))

**Форма подготовки очная**

курс 1 семестр 1

лекции – 16 час.

практические занятия - 0 час.

лабораторные работы – 18 час.

в том числе с использованием МАО лек. 8 /пр. 0 /лаб. 0 час.

всего часов аудиторной нагрузки 34 час.

в том числе с использованием МАО 8 час.

самостоятельная работа 38 час.

в том числе на подготовку к экзамену - 0 час.

контрольные работы (количество) – не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 1 семестр

экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 914.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента общей и экспериментальной физики ШЕН ДВФУ, протокол № 3 от «05» февраля 2021 г.

Директор департамента: к.х.н., доцент, Короченцев В.В.

Составитель: профессор Цуканов Д.А.

Владивосток  
2021

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г. № \_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 200 г. № \_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Цели и задачи освоения дисциплины:

**Цель:** знакомство с основными квантово-размерными эффектами, возникающими в ультратонких материалах, а также методами исследования поверхностных фаз и двумерных систем.

### Задачи:

1. познакомить студентов с теоретическими основами квантово-размерных эффектов;
2. освоить теоретические основы главных методов исследования поверхностных фаз и двумерных структур;
3. научить студентов проводить анализ структурных свойств поверхностных реконструкций.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируется профессиональная компетенция:

### Профессиональная компетенция выпускников и индикаторы ее достижения:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	<b>ПК-2</b> Способен разрабатывать и анализировать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач	ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	Знает основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач
	Умеет выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи
	Владеет методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач
ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну	Знает основные методы проведения научного исследования
	Умеет формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи
	Владеет навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом

## 1. Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы 72 академических часа, в том числе 34 академических часа, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и 38 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Лб	Лабораторные занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения

### Структура дисциплины:

#### Форма обучения – очная

	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль из часов на СР	
1	Раздел 1. Нанoeлектроника и квантовая наноинженерия	1	6	6			12	Зачет	
2	Раздел 2. Методы роста тонких пленок	1	6	6			14		
3	Раздел 3. Зондовые технологии	1	4	6			12		
	Итого:		16	18			38		

## 2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание темы
1	Раздел 1. Нанoeлектроника и квантовая наноинженерия	<p><u>Тема 1. Наноструктуры и их свойства</u>            Объекты с пониженной размерностью. Физические основы нанoeлектроники. Энергетический спектр электронов и плотность электронных состояний в низкоразмерных областях. Поверхность и её свойства. Фазовая диаграмма. Поверхностный потенциал, поверхностные состояния. Поверхностная проводимость.</p> <p><u>Тема 2. Квантовые эффекты в наноструктурах.</u>            Волновая функция. Квантовое ограничение. Интерференция.</p>

		Туннелирование. Сверхтонкие плёнки. Полупроводниковые лазеры. Приёмники инфракрасного излучения. Резонансно-туннельные диоды. Сверхрешётки.
2	Раздел 2. Методы роста тонких пленок	<u>Тема 1. Эпитаксиальный рост плёнок.</u> Молекулярно-лучевая эпитаксия. Твёрдофазная эпитаксия. Химическая лучевая эпитаксия. Рост в присутствии сурфактантов. Механизм Франка-ван дер Мёрве. Механизм Вольмера-Вебера. Механизм Странского-Крастанова. Самоорганизация. <u>Тема 2. Литография.</u> Планарная технология. Основные характеристики методов оптической литографии. Проблемы фотолитографии. Проекционная электронно-лучевая литография. Сканирующая электронно-лучевая литография. Основные характеристики. Рентгеновское излучение. Разрешающая способность. Источники рентгеновского излучения.
3	Раздел 3. Зондовые технологии	<u>Тема 1. Сканирующая туннельная микроскопия.</u> Принцип работы сканирующего туннельного микроскопа. Применение сканирующей туннельной микроскопии. Нанотехнологии на основе сканирующей туннельной микроскопии. <u>Тема 2. Атомно-силовая микроскопия.</u> Принцип работы атомно-силового микроскопа. Диагностика полупроводниковых структур с помощью атомно-силового микроскопа. Зондовая нанолитография.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

№ п/п	Наименование темы занятия	Содержание темы занятия
1	Раздел 1. Нанoeлектроника и квантовая наноинженерия	<u>Лабораторная работа 1.</u> Построение моделей двумерных решёток. 1. Построение плоскостей простого кубического кристалла. 2. Матричная запись и запись Вуда для двумерных решёток. 3. Преобразование двумерных решёток в прямом и обратном пространстве. <u>Лабораторная работа 2.</u> Вакуумные технологии. 1. Основные понятия вакуумной техники. 2. Техника сверхвысокого вакуума. 3. Приготовление атомарно-чистой поверхности. 4. Техника напыления в вакууме. <u>Лабораторная работа 3.</u> Атомная и кристаллическая структура реконструированных поверхностей. 1. Идентификация кристаллической структуры по картинам ДМЭ и СТМ. 2. Реконструкция и фазовые переходы в двумерных упорядоченных системах.
2	Раздел 2. Методы роста тонких пленок	<u>Лабораторная работа 4.</u> Электронные свойства поверхностей. 1. Расчёт зонной структуры приповерхностной области полупроводников. 2. Анализ спектров фотоэмиссионной спектроскопии с угловым

		разрешением. <u>Лабораторная работа 5.</u> Методы роста тонких плёнок. 1. Напыление материалов в вакууме. 2. Механизмы роста плёнок. 3. Адсорбция, десорбция, диффузия.
3	Раздел 3. Зондовые технологии	<u>Лабораторная работа 6.</u> Зондовые технологии 1. Подготовка игл для сканирующего туннельного микроскопа. 2. Тестирование зонда. <u>Лабораторная работа 7.</u> Поверхностная проводимость. 1. Электронный транспорт в полупроводниках и наноструктурах. 2. Расчёт электрофизических параметров для наноразмерных объектов: сверхтонкие плёнки, нанопроволоки.

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	в течение семестра	Работа с основной и дополнительной литературой, интернет-источниками. Подготовка к лабораторным занятиям. Подготовка к тестированию.	38 час.	УО-1 Собеседование  ПР-6 Лабораторная работа  ПР-1 Тест
	ИТОГО		38 часов	

## 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

Самостоятельная работа студентов является неотъемлемой частью образовательного процесса и рассматривается как организационная форма обучения. Самостоятельная работа по дисциплине осуществляется в виде внеаудиторных форм познавательной деятельности.

#### *Работа с литературой.*

Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных

систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы, в том числе при подготовке к лабораторным занятиям рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники, словари и энциклопедии – издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

*Самостоятельная работа включает в себя* повторение теоретического материала дисциплины, заслушиваемого и конспектируемого в ходе лекционных занятий; изучение основной и дополнительной литературы, указанной в рабочей программе дисциплины, подготовку к собеседованиям (устным опросам), подготовку к лабораторным занятиям, подготовку к тестированию.

Результаты самостоятельной работы отражаются в письменных работах (отчетах по лабораторным работам).

***Подготовка к собеседованию (устному опросу).***

Собеседование проводится в форме блиц-опроса в рамках лекционных занятий по каждому разделу дисциплины. При подготовке к блиц-опросу необходимо повторить теоретический материал, заслушиваемый и конспектируемый в ходе лекционных занятий по нужному разделу дисциплины; изучить основную и дополнительную литературу.

## ***Подготовка к лабораторным работам.***

### **Структура отчета по лабораторной работе**

Отчеты по лабораторным работам представляются в электронной форме, подготовленные как текстовые документы в редакторе MSWord.

Отчет должен быть обобщающим документом, включать всю информацию по выполнению заданий, в том числе, построенные диаграммы, таблицы, приложения, список литературы и (или) расчеты, сопровождая необходимыми пояснениями и иллюстрациями в виде схем, экранных форм («скриншотов») и т. д.

Структурно отчет по лабораторной работе, как текстовый документ, комплектуется по следующей схеме:

✓ *Титульный лист* – обязательная компонента отчета, первая страница отчета, по принятой для лабораторных работ форме (титульный лист отчета должен размещаться в общем файле, где представлен текст отчета);

✓ *Исходные данные к выполнению заданий* – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержат указание варианта, темы и т.д.);

✓ *Основная часть* – материалы выполнения заданий, разбивается по рубрикам, соответствующих заданиям работы, с иерархической структурой: разделы – подразделы – пункты – подпункты и т. д.

Рекомендуется в основной части отчета заголовки рубрик (подрубрик) давать исходя из формулировок заданий, в форме отглагольных существительных;

✓ *Выводы* – обязательная компонента отчета, содержит обобщающие выводы по работе (какие задачи решены, оценка результатов, что освоено при выполнении работы);

✓ *Список литературы* – обязательная компонента отчета, с новой страницы, содержит список источников, использованных при выполнении работы, включая электронные источники (список нумерованный, в соответствии с правилами описания библиографии);

✓ *Приложения* – необязательная компонента отчета, с новой страницы,



содержит дополнительные материалы к основной части отчета.

### Оформление отчета по лабораторной работе

Необходимо обратить внимание на следующие аспекты в оформлении отчетов работ:

- набор текста;
- структурирование работы;
- оформление заголовков всех видов (рубрик-подрубрик-пунктов-подпунктов, рисунков, таблиц, приложений);
- оформление перечислений (списков с нумерацией или маркировкой);
- оформление таблиц;
- оформление иллюстраций (графики, рисунки, фотографии, схемы, «скриншоты»);
- набор и оформление математических выражений (формул);
- оформление списков литературы (библиографических описаний) и ссылок на источники, цитирования.

### Набор текста

Набор текста осуществляется на компьютере, в соответствии со следующими требованиями:

- ✓ печать – на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (размер 210 на 297 мм.);
- ✓ интервал межстрочный – полуторный;
- ✓ шрифт – TimesNewRoman;
- ✓ размер шрифта – 14 пт., в том числе в заголовках (в таблицах допускается 10-12 пт.);
- ✓ выравнивание текста – «по ширине»;
- ✓ поля страницы – левое - 25-30 мм., правое - 10 мм., верхнее и нижнее - 20 мм.;
- ✓ нумерация страниц – в правом нижнем углу страницы (для страниц с книжной ориентацией), сквозная, от титульного листа до последней страницы,

арабскими цифрами (первой страницей считается титульный лист, на котором номер не ставится, на следующей странице проставляется цифра «2» и т. д.).

✓ режим автоматического переноса слов, за исключением титульного листа и заголовков всех уровней (перенос слов для отдельного абзаца блокируется средствами MSWord с помощью команды «Формат» – абзац при выборе опции «запретить автоматический перенос слов»).

Если рисунок или таблица размещены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этих случаях допускается не проставлять.

Список литературы и все приложения включаются в общую сквозную нумерацию страниц работы.

### ***Подготовка к тестированию.***

Тестовые задания рассчитаны на выполнение заданий без использования вспомогательных материалов. Для выполнения тестового задания, прежде всего, следует внимательно прочитать поставленный вопрос. После ознакомления с вопросом следует приступать к прочтению предлагаемых вариантов ответа. Необходимо прочитать все варианты и в качестве ответа следует выбрать лишь один, соответствующий правильному ответу. Тесты составлены таким образом, что в каждом из них правильным является лишь один из вариантов. Выбор должен быть сделан в пользу наиболее правильного ответа.

Тест выполняется во время последнего лекционного занятия. На выполнение теста отводится ограниченное время. Как правило, время выполнения тестового задания определяется из расчета 30-45 секунд на один вопрос.

## **5. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

№ п/п	Контролируемые разделы/темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1.		ПК-2.1 применяет методы анализа	<i>Знает</i> основные методы анализа концептуальных и теоретических	УО-1 Собеседование	

	Раздел 1	концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	моделей решения научных задач <i>Умеет</i> выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи <i>Владеет</i> методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	ПР-6 лабораторная работа 1-3	Зачет
		ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну	<i>Знает</i> основные методы проведения научного исследования <i>Умеет</i> формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи <i>Владеет</i> навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом	УО-1 Собеседование ПР-6 лабораторная работа 1-3	Зачет
2.	Раздел 2	ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	<i>Знает</i> основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач <i>Умеет</i> выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи <i>Владеет</i> методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	УО-1 Собеседование ПР-6 лабораторная работа 4-5	Зачет
		ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну	<i>Знает</i> основные методы проведения научного исследования <i>Умеет</i> формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи <i>Владеет</i> навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом	УО-1 Собеседование ПР-6 лабораторная работа 4-5	Зачет
3.	Раздел 3	ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	<i>Знает</i> основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач <i>Умеет</i> выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи <i>Владеет</i> методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	УО-1 Собеседование ПР-6 лабораторная работа 6-7 ПР-1 Тест	Зачет

		ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну	<i>Знает</i> основные методы проведения научного исследования <i>Умеет</i> формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи <i>Владеет</i> навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 6-7  ПР-1 Тест	Зачет
--	--	---	---	---	-------

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности компетенций, представлены в разделе ФОС.

## **6. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Коледов, Л.А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок / Л.А. Коледов. — СПб.: "Лань", 2009. – Режим доступа: ЭБС «Лань» [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=192](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=192)

2. Кузнецов, Г.А. Технология материалов электронной техники. Атомно-молекулярные процессы кристаллизации. Учебно-методическое пособие / Г.А. Кузнецов. — М.: "МИСИС", 2006. - Режим доступа: ЭБС «Лань» [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=1820](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=1820)

3. Нанoeлектроника. Часть I. Введение в нанoeлектронику / Под ред. А.А. Орликовского – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 720 с. – ЭК НБ ДВФУ: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:289062&theme=FEFU>

4. Нанотехнологии в электронике. Вып. 2 / под ред. Ю. А. Чаплыгина. — Москва: Техносфера, 2013. — 686 с. — ЭК НБ ДВФУ: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:704044&theme=FEFU>

5. Рабинович, О.И. Основы технологии электронной компонентной базы. Методы контроля характеристик материалов в технологических процессах

получения тонкопленочных материалов / О.И. Рабинович, Д.Г. Крутогин. — М. : "МИСИС", 2013. - Режим доступа: ЭБС «Лань» [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=47468](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=47468)

### **Дополнительная литература**

1. Агеев, О.А. Методы формирования структур элементов нанoeлектроники и наносистемной техники: Учебное пособие / Агеев О.А., Федотов А.А., Смирнов В.А. - Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2010. - 72 с. – ЭБС «Единое окно» <http://window.edu.ru/resource/948/73948>

2. Гатчин, Ю.А. Введение в микроэлектронику: Учебное пособие / Гатчин Ю.А., Ткалич В.Л., Виволанцев А.С., Дудников Е.А. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 114 с. - Режим доступа ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/65811.html>

3. Ткалич, В. Л. Физические основы нанoeлектроники: Учебное пособие / Ткалич В.Л., Макеева А.В., Обороина Е.Е. - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. - 83 с. – Режим доступа ЭБС IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru/65348.html>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Журнал «Нано- и микросистемная техника» <http://www.microsystems.ru/>
2. Журнал “Nanotechnology”. Издательство Institute of Physics (IOP Publishing) <http://iopscience.iop.org/journal/0957-4484>
3. Журнал “ACS Nano”. Издательство Американского химического общества (American Chemical Society Publications): <https://pubs.acs.org/journal/ancac3>
4. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов <http://thesaurus.rusnano.com/>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

Платформа электронного обучения Blackboard ДВФУ [https://bb.dvfu.ru/webapps/blackboard/content/listContentEditable.jsp?content\\_id= 159](https://bb.dvfu.ru/webapps/blackboard/content/listContentEditable.jsp?content_id= 159)

## 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Студент в процессе обучения должен не только освоить учебную программу, но и приобрести навыки самостоятельной работы. Студент должен уметь планировать и выполнять свою работу.

При организации учебной деятельности на занятиях широко используются как традиционные, так и современные электронные носители информации, а также возможности информационных и коммуникационных образовательных технологий.

Лекционные и лабораторные занятия проводятся в учебной группе.

Со стороны преподавателя студентам оказывается помощь в формировании навыков работы с литературой, анализа литературных источников.

Следует учитывать, что основной объем информации студент должен усвоить в ходе систематической самостоятельной работы с материалами, размещенными как на электронных, так и на традиционных носителях.

Для углубленного изучения материала курса дисциплины рекомендуется использовать основную и дополнительную литературу.

Литературные источники доступны обучаемым в научной библиотеке (НБ) ДВФУ, а также в электронных библиотечных системах (ЭБС), с доступом по гиперссылкам — ЭБС издательства "Лань" (<http://e.lanbook.com/>), ЭБС Znanium.com НИЦ "ИНФРА-М" (<http://znanium.com/>), ЭБС IPRbooks (<http://iprbookshop.ru/>) и другие ЭБС, используемые в ДВФУ <https://www.dvfu.ru/library/electronic-resources/>

Формами текущего контроля результатов работы студентов по дисциплине являются собеседование, лабораторные работы, тест.

Итоговый контроль по дисциплине осуществляется в форме зачета в конце 1 семестра.

## 8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

ДВФУ располагает соответствующей материально-технической базой, включая современную вычислительную технику, объединенную в локальную вычислительную сеть, имеющую выход в Интернет.

Используются специализированные компьютерные классы, оснащенные современным оборудованием. Материальная база соответствует действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивает проведение всех видов занятий (лабораторной, практической, дисциплинарной и междисциплинарной подготовки) и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

### Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 502. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	Microsoft Office - лицензия Standard Enrollment № 62820593. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятельной работы	Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.)	IBM SPSS Statistics Premium Campus Edition. Поставщик ЗАО Прогностические решения. Договор ЭА-442-15 от 18.01.2016 г., лот 5. Срок действия договора с 30.06.2016 г. Лицензия - бессрочно. SolidWorks Campus 500. Поставщик Солид Воркс Р. Договор 15-04-101 от 23.12.2015 г. Срок действия договора с 15.03.2016 г. Лицензия - бессрочно. АСКОН Компас 3D v17. Поставщик Нави-ком. Договор 15-03-53 от 20.12.2015 г. Срок действия договора с 31.12.2015 г. Лицензия - бессрочно. MathCad Education University Edition. Поставщик Софт Лайн Трейд. Договор 15-

		<p>03-49 от 02.12.2015 г. Срок действия договора с 30.11.2015 г. Лицензия - бессрочно. Windows Edu Per Device 10 Education. Поставщик Microsoft. Договор № ЭА-261-18 от 30.06.2018 г. Под-писка. Срок действия договора с 30.06.2018 г. Лицензия - 30.06.2020 г. Office Professional Plus 2019. Поставщик Microsoft. Договор № ЭА-261-18 от 30.06.2018 г. Подписка. Срок действия договора с 30.06.2018 г. Лицензия - бессрочно. Autocad 2018. Поставщик Autodesk. Договор № 110002048940 от 27.10.2018 г. Сетевая, конкурентная. Срок действия договора с 27.10.2018 г. Лицензия - 27.10.2021 г. Сублицензионное соглашение Blackboard № 2906/1 от 29.06.2012.</p>
--	--	---

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>690014, Приморский край, г.Владивосток, ул. Радио 5, ИАПУ ДВО РАН, 302, 304, 306, 308, 310</p>	<p>Специализированная лаборатория Департамента общей и экспериментальной физики структур: Лаборатория технологии двумерной микроэлектроники: 1. Сверхвысоковакуумная установка поверхностного анализа MULTIPROBE ARUPS «Omicron»: - сканирующая туннельная микроскопия (в диапазоне температур от 40 до 500К), - ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопии с угловым разрешением 2. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка «Omicron» STM VT-25: - сканирующая туннельная микроскопия (в диапазоне температур от 77 до 700 К) - электронная оже-спектроскопия, - дифракция медленных электронов. 3. Сверхвысоковакуумная установка для молекулярно- пучковой эпитаксии, оборудованная эффузионными ячейками Кнудсена (производства Dr. Erbell) и дифрактометром быстрых электронов Specs RHD-30. Количество посадочных рабочих мест для студентов - 8</p>	<p>Microsoft Office365/Microsoft/США/Платное ПО  Microsoft Teams/Microsoft/США/Платное ПО</p>

Лабораторное оборудование:



Сверхвысоковакуумная установка. Основные характеристики:

Базовое давление -  $2 \times 10^{-10}$  мм.рт.ст.

Подложки: монокристаллический кремний с ориентацией (111) или (100), n-типа (легированные фосфором (КЭФ)) или p-типа (легированные бором (КДБ)), с удельным сопротивлением от 7,5 до 45 Ом·см.

В качестве источников распыляемых материалов могут быть использованы: вольфрамовые корзинки (напыление золота, серебра, алюминия, меди), ячейки Кнудсена (материал ячейки – тантал, напыление висмута, свинца, индия), гетероисточники фирмы SAES Getters (Италия) (напыление щелочных металлов – литий, натрий, калий, рубидий, цезий).

Навесное оборудование:

Дифрактометр фирмы Omicron Nanotechnology (методы дифракции медленных электронов и электронная Оже-спектроскопия). Оснащен дифракционным четырехсеточным экраном и анализатором типа «задерживающее поле», позволяет наблюдать дифракционные максимумы от монокристаллической поверхности образцов, анализировать спектральные характеристики Оже-электронов в диапазоне энергий от 30 до 500 эВ. Блок управления SPECTALEED CONTROL UNIT 535 располагается в приборной стойке.

Четырехзондовая головка для измерений удельного сопротивления образцов в условиях сверхвысокого вакуума. Головка представляет четыре подпружиненных вольфрамовых зонда, расположенных по углам квадрата. межзондовое расстояние 0,6 мм, расположена на выдвижном манипуляторе с четырьмя степенями свободы (X, Y, Z,  $\phi^\circ$ ). Измерительные блоки: Keithley 2400 (источник-измеритель), Keithley 2182A (нанольтметр).

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## 9. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	Знает основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач
	Умеет выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	Владеет методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач
ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну	Знает основные методы проведения научного исследования
	Умеет формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи
	Владеет навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом

№ п/п	Контролируемые разделы/ темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1.	Раздел 1	ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	<i>Знает</i> основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач <i>Умеет</i> выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи <i>Владеет</i> методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-3	Зачет
		ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну	<i>Знает</i> основные методы проведения научного исследования <i>Умеет</i> формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи <i>Владеет</i> навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 1-3	Зачет
2.	Раздел 2	ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	<i>Знает</i> основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач <i>Умеет</i> выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи <i>Владеет</i> методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 4-5	Зачет

		ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну	<i>Знает</i> основные методы проведения научного исследования <i>Умеет</i> формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи <i>Владеет</i> навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 4-5	Зачет
3.	Раздел 3	ПК-2.1 применяет методы анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	<i>Знает</i> основные методы анализа концептуальных и теоретических моделей решения научных задач <i>Умеет</i> выбирать методы анализа концептуальных и теоретических моделей для решения конкретной задачи <i>Владеет</i> методами анализа концептуальных и теоретических моделей решаемых научных проблем и задач	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 6-7  ПР-1 Тест	Зачет
		ПК-2.2 выбирает методы исследования, соотносит проблему, цели, задачи, предмет и методы исследования, формулирует проблему научного исследования, обосновывает его актуальность и новизну	<i>Знает</i> основные методы проведения научного исследования <i>Умеет</i> формулировать проблему, обосновывать актуальность и новизну научного исследования, применять методы прикладной физики к решению конкретной научной задачи <i>Владеет</i> навыками профессионального мышления, необходимыми для адекватного использования методов современной физики в теоретических и прикладных задачах, понятийным аппаратом	УО-1 Собеседование  ПР-6 лабораторная работа 6-7  ПР-1 Тест	Зачет

**Текущая аттестация студентов** по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

– учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);

– степень усвоения теоретических знаний;

– результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине.

Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Для текущего контроля используется проверка отчетов по каждому лабораторному занятию.

Для дисциплины используются следующие оценочные средства:

1. Собеседование (УО-1).
2. Лабораторная работа (ПР-6).
3. Тест (ПР-1).

**Собеседование (УО-1)** - средство контроля, организованное как специальная беседа (блиц-опрос) преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу.

Собеседование проводится в форме блиц-опроса в рамках лекционных занятий по каждому разделу дисциплины. При подготовке к блиц-опросу необходимо повторить теоретический материал, заслушиваемый и конспектируемый в ходе лекционных занятий по нужному разделу дисциплины; изучить основную и дополнительную литературу.

#### **Примерные вопросы для собеседований (блиц-опросов)**

1. Микроэлектроника и наноэлектроника. Закон Мура.
2. Поверхность и её свойства.
3. Поверхностные состояния.
4. Поверхностная проводимость.
5. Наноструктуры: поверхностные фазы, атомные кластеры, нанопроволоки.
6. Плотность электронных состояний в объектах пониженной размерности.
7. Способы формирования наноструктур на поверхности полупроводников.
8. Механизмы роста тонких плёнок.
9. Эпитаксия.
10. Оптическая литография.

11. Рентгеновская литография.
12. Электронная литография.
13. Ионолитография.
14. Самоорганизация.
15. Сканирующая туннельная микроскопия.
16. Атомно-силовая микроскопия.
17. Эффект размерного квантования: двумерный случай, одномерный случай, нульмерный случай.
18. Квантовое ограничение.
19. Туннелирование.
20. Устройства на основе квантовых эффектов.

**Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов):**

Ответы должны отличаться достаточным объемом знаний, глубиной и полнотой раскрытия темы, логической последовательностью, четкостью выражения мыслей и обоснованностью выводов, характеризующих знание понятийно-терминологического аппарата, умение им пользоваться при ответе.

**Критерии оценки:**

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Ответ показывает прочные знания основных понятий изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия вопроса; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, делать выводы, давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа. Студент ответил на все основные и дополнительные вопросы, заданные преподавателем по теме раздела.	100 – 86 Зачтено
Базовый	Ответ, обнаруживающий прочные знания основных понятий изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия вопроса; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, делать выводы давать аргументированные ответы, приводить примеры; логичность и последовательность ответа. Студент ответил на все основные вопросы, но не смог ответить на дополнительные вопросы, заданные преподавателем по теме раздела.	85-76 Зачтено

Пороговый	Ответ, свидетельствующий в основном о знании понятий изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия вопроса; знании основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры. Студент ответил на часть основных или дополнительных вопросов, заданных преподавателем по теме раздела.	75-61 Зачтено
Уровень не достигнут	Ответ, обнаруживающий незнание понятий изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием вопроса; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа; неумением давать аргументированные ответы, отсутствием логичности и последовательности. Студент не ответил на вопросы, заданные преподавателем по теме раздела, либо допустил множество ошибок в ответе.	60-0 Не зачтено

**Лабораторная работа (ПР-6)** – средство для закрепления и практического освоения материала по определенному разделу.

Цель лабораторных работ – выработка у учащихся профессиональных умений применять полученные знания для решения практических задач в области квантовых материалов, умений и навыков пользоваться физическими подходами и методами для осуществления профессиональной деятельности.

Во всех лабораториях существуют особые правила поведения студентов, которые необходимо неукоснительно соблюдать – правила техники безопасности. За знание правил техники безопасности и обязательство их выполнять каждый студент должен расписаться в соответствующем журнале.

Домашнюю подготовку к работе рекомендуется вести следующим образом. Прочитать имеющееся описание работы и отметить возникшие вопросы и неясности. Затем прочитать соответствующие разделы по учебникам или конспектам лекций. После этого снова вернуться к описанию, подробно проработать его и особенно часть, посвященную практике, составить и записать примерный план проведения эксперимента.

Обработка результатов и оформление отчета проводится в течение недели после выполнения работы. Студент, не сдавший отчета в срок, к следующей работе не допускается.

### **Требования к представлению и оцениванию материалов (результатов):**

Выполнение лабораторной работы осуществляется студентом самостоятельно в часы лабораторных занятий.

При оценке работы студента преподаватель учитывает все этапы работы студента над отчетом. Если отчет не был принят преподавателем и возвращен для доработки, то все исправления вносятся в тот же экземпляр отчета.

При оценке учитывается правильность выполнения отчета. Выставляется дифференцированный зачет.

### **Критерии оценки:**

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Студент показал прочные знания основных понятий и их взаимосвязей, сущности явлений, рассматриваемых в работе, и умение их объяснить, знание методов, используемых в работе, методики обработки результатов. Показано хорошее понимание профессиональной значимости изучаемых вопросов. При выполнении экспериментальной части работы и оформлении отчета студент показал умение работать с приборами и владение навыками представления и обработки результатов, умение делать выводы по результатам работы. Отчет по работе оформлен аккуратно, в соответствии с требованиями, структурирован, не содержит ошибок; правильно и полно сформулирован вывод по работе.	100 – 86  Зачтено  (отлично)
Базовый	Студент показал знания основных понятий и их взаимосвязей, сущности явлений, рассматриваемых в работе, и умение их объяснить, знание методов, используемых в работе, методики обработки результатов. Показано хорошее понимание профессиональной значимости изучаемых вопросов. При выполнении экспериментальной части работы и оформлении отчета студент	85-76  Зачтено  (хорошо)

	показал умение работать с приборами и владение навыками представления и обработки результатов, умение делать выводы по результатам работы. Отчет по работе оформлен аккуратно, в основном – в соответствии с требованиями, структурирован; правильно и полно сформулирован вывод по работе. Допускаются не более 2-х недочетов в оформлении отчета.	
Пороговый	Студент показал базовые знания основных понятий и их взаимосвязей, сущности явлений, рассматриваемых в работе, и умение их объяснить, демонстрирует, в целом, знание методов, используемых в работе, методики обработки результатов. При выполнении экспериментальной части работы и оформлении отчета студент в целом показал умение работать с приборами и владение навыками представления и обработки результатов, умение делать выводы по результатам работы. Отчет по работе оформлен аккуратно, в основном в соответствии с требованиями, не содержит грубых ошибок, вывод по работе сформулирован.	75-61  Зачтено  (удовлетворительно)
Уровень не достигнут	Студент не выполнил лабораторную работу, либо показал незнание основных понятий, сущности явлений, рассматриваемых в работе, демонстрирует плохое знание или незнание методов, методики обработки результатов. Слабо сформировано или не сформировано умение работать с приборами, отсутствуют выводы по результатам работы. Отчет не соответствует требованиям, не сделан или сделан с грубыми ошибками.	60-0  Не зачтено  (неудовлетворительно)

**Тест (ПР-1)** - стандартизированные задания, позволяющие автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Тестовые задания рассчитаны на выполнение заданий без использования вспомогательных материалов. Для выполнения тестового задания, прежде всего, следует внимательно прочитать поставленный вопрос. После ознакомления с вопросом следует приступать к прочтению предлагаемых вариантов ответа. Необходимо прочитать все варианты и в качестве ответа следует выбрать лишь один, соответствующий правильному ответу. Тесты составлены таким образом, что в каждом из них правильным является лишь один из вариантов. Выбор должен быть сделан в пользу наиболее правильного ответа.



Тест выполняется во время последнего лекционного занятия. На выполнение теста отводится ограниченное время. Как правило, время выполнения тестового задания определяется из расчета 30-45 секунд на один вопрос.

Тест считается пройденным, если допущено не более 40% ошибок от всего массива правильных вариантов ответов.

***Критерии оценки:***

Уровень освоения	Критерии оценки результатов обучения	Количество баллов / оценка
Повышенный	Студент точно отвечает на все вопросы теста, указывает все возможные правильные варианты или допускает 10% ошибок от всего массива правильных вариантов ответов.	100-86 Зачтено
Базовый	Студент точно отвечает на все вопросы теста, указывает все возможные правильные варианты, но допускает 20% ошибок от всего массива правильных вариантов ответов.	85-76 Зачтено
Пороговый	Студент при ответе на вопросы теста допускает 40% ошибок от всего массива правильных вариантов ответов.	75-61 Зачтено
Уровень не достигнут	Студент допускает более 40% ошибок от всего массива правильных вариантов ответов.	60-0 Не зачтено

**Банк тестовых заданий**

1. К НАНОМАТЕРИАЛАМ ОТНОСЯТСЯ ОБЪЕКТЫ С ЛИНЕЙНЫМИ РАЗМЕРАМИ ХОТЯ БЫ В ОДНОМ ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ НЕ БОЛЕЕ:

- 1) 100 мкм
- 2) 100 нм
- 3) 100 ангстрем

2. УКАЖИТЕ ВРЕМЯ ОБРАЗОВАНИЯ МОНОСЛОЯ ПРИ ДАВЛЕНИИ 10-9 ММ. РТ. СТ. НА ПОВЕРХНОСТИ:

- 1) 1 минута
- 2) 1 час
- 3) 1 сутки

3. УКАЖИТЕ, КАКИЕ ИЗ УКАЗАННЫХ МАТЕРИАЛОВ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СВЕРХВЫСОКОВАКУУМНЫХ СИСТЕМ:

- 1) нержавеющая сталь
- 2) пластик
- 3) стекло
- 4) керамика

4. УКАЖИТЕ СПОСОБЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ АТОМАРНО-ЧИСТОЙ ПОВЕРХНОСТИ:

- 1) скол
- 2) прогрев
- 3) обработка абразивными материалами

5. КАКИЕ КОНСТРУКЦИИ МОГУТ СЛУЖИТЬ ИСТОЧНИКАМИ НАПЫЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ:

- 1) простые термические источники
- 2) ячейки Кнудсена
- 3) электронные лампы

6. ИНФОРМАЦИЮ О СТРУКТУРЕ ПОВЕРХНОСТИ МОЖНО ПОЛУЧИТЬ С ПОМОЩЬЮ:

- 1) электронной Оже-спектроскопии
- 2) дифракции медленных электронов
- 3) сканирующей туннельной микроскопии

7. К МЕТОДАМ ЭЛЕКТРОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ОТНОСЯТСЯ:

- 1) фотоэлектронная спектроскопия
- 2) вторичная ионная масс-спектроскопия

3) спектроскопия резерфордовского обратного рассеяния

8. ОСНОВНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ СКАНИРУЮЩЕГО ТУННЕЛЬНОГО МИКРОСКОПА ЯВЛЯЮТСЯ:

- 1) атомарно острая игла
- 2) электронная цепь обратной связи
- 3) кантилевер
- 4) He-Ne лазер

9. ПОВЕРХНОСТНАЯ ДИФФУЗИЯ ЭТО:

- 1) движение заряженных частиц под действием внешнего поля
- 2) движение адсорбированных частиц по поверхности подложки
- 3) возбуждение колебаний атомов поверхности и адсорбата

10. К СПОСОБАМ СОЗДАНИЯ НАНОСТРУКТУР ОТНОСЯТСЯ:

- 1) атомные манипуляции
- 2) тонкая обработка материала с помощью абразивных элементов
- 3) самоорганизация

**Промежуточная аттестация студентов** по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Форма отчётности по дисциплине – зачёт (1-й, осенний семестр). Студент допускается к зачёту после получения положительных оценок за собеседования (блиц-опросы), лабораторные работы, тест, выполненные в течение семестра (оценочные средства для текущего контроля). Зачёт по дисциплине проводится в форме собеседования.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «зачтено» или «не зачтено».

### **Вопросы к зачету**

1. Микроэлектроника и наноэлектроника. Закон Мура.

2. Поверхность и её свойства.
3. Поверхностные состояния.
4. Поверхностная проводимость.
5. Наноструктуры: поверхностные фазы, атомные кластеры, нанопроволоки.
6. Плотность электронных состояний в объектах пониженной размерности.
7. Способы формирования наноструктур на поверхности полупроводников.
8. Механизмы роста тонких плёнок.
9. Эпитаксия.
10. Оптическая литография.
11. Рентгеновская литография.
12. Электронная литография.
13. Ионолитография.
14. Самоорганизация.
15. Сканирующая туннельная микроскопия.
16. Атомно-силовая микроскопия.
17. Эффект размерного квантования: двумерный случай, одномерный случай, нульмерный случай.
18. Квантовое ограничение.
19. Туннелирование.
20. Устройства на основе квантовых эффектов.

### Критерии выставления оценки студенту на зачете

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
<i>«зачтено»</i>	Студент показывает глубокое и систематическое знание программного материала и структуры конкретного вопроса. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы. Логически корректное и убедительное изложение ответа.
<i>«не зачтено»</i>	Незнание, либо отрывочное представление пройденного программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения по дисциплине				
Оценка	2 (не зачтено)	3 (зачтено)	4 (зачтено)	5 (зачтено)
виды оценочных средств				
<b>Знания</b> <i>(виды)</i>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные	Сформированные систематические

<i>оценочных средств: собеседование, тест)</i>			знания	знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: лабораторная работа)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b>	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач