



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

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

(подпись)

Крайнова Г.С.

(Ф.И.О.)

« 27 » апреля 2022 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора департамента общей и  
экспериментальной физики

(подпись)

Короченцев В. В.

(Ф.И.О.)

« 27 » апреля 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Электронная структура поверхности твердого тела

**Направление подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**

Электроника и нанoeлектроника

**Форма подготовки очная**

курс 3 семестр 6

лекции 32 час.

практические занятия 32 час.

лабораторные работы не предусмотрены

в том числе с использованием МАО лек.      - / пр. 18 / лаб. 00 час.

всего часов аудиторной нагрузки 64 час.

в том числе с использованием МАО 18 час.

самостоятельная работа 80 час.

в том числе на подготовку к экзамену 36 час.

контрольные работы (количество) не предусмотрены

курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены

зачет 0 семестр

экзамен 6 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 11.03.04 **Электроника и нанoeлектроника** утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 19.09.2017 г. № 927 (с изменениями и дополнениями).

Рабочая программа обсуждена на заседании

департамента общей и экспериментальной физики

протокол № 7 от « 3 » марта 2022 г.

И.о. директора департамента: К.х.н., доцент Короченцев В. В.

Составитель (ли): член-корр. РАН, профессор Саранин А.А.

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

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

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

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

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

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

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

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

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

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры/департамента:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

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

## Цели и задачи освоения дисциплины:

Цель: овладение основами современных теоретических представлений зонной теории твердых тел, об электронных и транспортных свойствах твердых тел, в частности, их особенностей в низкоразмерных структурах, а также современных экспериментальных и теоретических методов анализа электронной структуры твердых тел и поверхности.

### Задачи:

- формирование представлений об электронной структуре и свойствах поверхности элементарных полупроводников;
- формирования навыков работы с исследовательской аппаратурой, обработки и анализа данных исследуемых материалов.

Для успешного изучения дисциплины «Электронная структура поверхности твердого тела» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- ОПК-2 - Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приемы обработки и представления полученных данных

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Производственно-технологический	ПК-4 Способен организовывать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники	ПК -4.1 применяет методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства
		ПК -4.2 осуществляет поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-4.1 применяет методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства	Знает методическую базу измерений параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
	Умеет измерять параметры технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
	Владеет навыками измерения параметров

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники
ПК-4.2 осуществляет поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	Знает принципы учета видов и объемов производственных работ по проверке, настройке и калибровке электронной измерительной аппаратуры
	Умеет осуществлять поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры
	Владеет навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы 144 академических часа).

(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
Пр	Практические работы
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

## 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
1	Раздел I. Электронные методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов	3	16	16	-	-	80	36	УО-1; УО-3; ПР-6
2	Раздел 2. Оптические методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов	3	10	10					
3	Раздел 3. Комбинированные методы исследования поверхности	3	6	6					

	твердых тел, наночастиц, наноматериалов								
	Итого:		32	32		-	80	36	

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Лекционные занятия (16 час.)

#### Раздел 1. Электронные методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов (8 час.)

##### Тема 1. Введение в физику наночастиц и поверхности твердых тел (1 час.)

Дается определения понятий «нанообъект», «наночастица», «наноматериал». Показывается основное отличие этого класса материалов от обычных веществ и структур, используемых в классическом материаловедении и физике твердого тела. Обращается внимание на те свойства и особенности нанообъектов, которые не встречаются у обычных веществ и материалов. Дается представление о тех параметрах наночастиц, тонких пленок, наноматериалов, которые можно измерить. Вводится понятие разрушающих и неразрушающих методов исследования.

##### Тема 2. Растровый электронный микроскоп (1 час.)

Модель взаимодействия электрона с веществом. Упругое и неупругое рассеяние, отражение, поглощение электрона в веществе. Длина свободного пробега электрона в веществе. Регистрация отраженных электронов. Принципы построения полученного изображения и его анализ.

Основные схемы и узлы электронных микроскопов на отражение. Разрешение микроскопа, примеры характеристик коммерческих моделей микроскопов. Возможности электронного микроскопа на отражение.

##### Тема 3. Зондовые методы исследования (1 час.)

Перечисление всех известных зондовых методов, их основные возможности, область применения. Физические принципы работы и ограничения на область использования этих методов.

##### Тема 4. Атомно-силовой микроскоп (1 час.)

Принципы работы атомно-силового микроскопа, основные узлы и датчики. Варианты исполнения и области применения. Разрешающая способность и особенности эксплуатации приборов данного типа.

##### Тема 5. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия (1 час.)

Принципы работы сканирующего туннельного микроскопа, основные узлы и датчики. Особенности исполнения и области применения. Разрешающая способность и проблемы эксплуатации приборов данного типа. Режимы сканирования поверхности твердых тел. Варианты работы прибора в режиме

сканирующей туннельной спектроскопии.

#### **Тема 6. Комбинированные зондовые методы исследования (1 час.)**

Принципы работы ближнепольного оптического микроскопа, различные варианты комплектации. Особенности изучения наночастиц и наноточек на поверхности твердых тел при использовании различных типов излучателя и анализатора. Разрешающая способность и проблемы эксплуатации приборов данного типа.

Сканирующий туннельный микроскоп в режиме эмиссии баллистических электронов. Область применения, основные объекты изучения. Преимущества и недостатки.

#### **Тема 7. Дифракция электронов на поверхности твердых тел (1 час.)**

Дифракция медленных электронов. Принципы работы и формирования полученных изображений. Дифракция быстрых электронов. Область применения.

#### **Тема 8. Оже-электронная спектроскопия (1 час.)**

Оже-процесс на поверхности твердых тел. Принципы работы и основные узлы и элементы прибора. Вторичный электронный умножитель. Различные варианты реализации спектрометров, точность и чувствительность. Расшифровка спектров. Получение качественной и количественной информации.

### **Раздел 2. Оптические методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов (5 час.)**

#### **Тема 1. Спектральные методы исследования (2 час.)**

Рассеяние света на поверхности твердых тел. Стоксово и антистоксово рассеяние. Инфракрасная колебательная спектроскопия. Рамановская спектроскопия. Рамановский микроскоп. Фотоэлектронный умножитель.

#### **Тема 2. Нелинейные оптические методы исследования (1 час.)**

Генерация второй (и высших) оптической гармоники на поверхности твердых тел. Фотонные кристаллы. Люминисценция.

#### **Тема 3. Рентгеновские методы исследования (2 час.)**

Дифракция рентгеновского излучения на поверхности твердых тел. Датчики рентгеновского излучения.

### **Раздел 3. Комбинированные методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов (3 час.)**

#### **Тема 1. Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением (2 час.)**

Явление фотоэффекта. Фотоэлектронный многоканальный умножитель. Ультрафиолетовая спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Чувствительность методов и приборов.

#### **Тема 2. Спектральные методы исследования (1 час.)**

Эффект Мессбауера.. Ультрафиолетовая спектроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия. Чувствительность методов и приборов

данного класса для тонких пленок, нанообъектов и наноматериалов.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **Практические работы (32 час.)**

Практическая работа 1. Введение в физику наночастиц и поверхности твердых тел (2 час.)

Практическая работа 2. Растровый электронный микроскоп ( 2 час.)

Практическая работа 3. Зондовые методы исследования (2 час.)

Практическая работа 4. Атомно-силовой микроскоп (2 час.)

Практическая работа 5. Сканирующая туннельная микроскопия и спектроскопия (2 час.)

Практическая работа 6. Комбинированные зондовые методы исследования (2 час.)

Практическая работа 7. Дифракция электронов на поверхности твердых тел (2 час.)

Практическая работа 8. Оже-электронная спектроскопия (2 час.)

Практическая работа 9. Спектральные методы исследования (4 час.)

Практическая работа 10. Нелинейные оптические методы исследования (2 час.)

Практическая работа 11. Рентгеновские методы исследования (4 час.)

Практическая работа 12. Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением (4 час.)

Практическая работа 13. Спектральные методы исследования (2 час.)

## Самостоятельная работа

Тематика самостоятельной работы студента:

Ознакомление с популярной литературой по наноматериалам, зондовым методам исследований, по сканирующей спектроскопии, по оптической спектроскопии.

Подготовка краткого отчета по обзору рентгеновских методов исследования.

Ознакомление с дополнительными материалами исследований по фотоэлектронной спектроскопии, по дополнительным методам исследований наноматериалов.

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-2 недели семестра	Ознакомление с популярной литературой по наноматериалам	4 час.	УО-1 (собеседовани е/устный опрос)
2	3-4 недели семестра	Ознакомление с популярной литературой по зондовым методам	6 час.	УО-1 (собеседовани е/устный опрос)
3	5-6 недели семестра	Ознакомление с популярной литературой по сканирующей спектроскопии	6 час.	УО-1 (собеседовани е/устный опрос)
4	7-8 недели семестра	Подготовка отчета по практической работе	6 час.	УО-3 (презентация/ сообщение)
5	9-10 недели	Ознакомление с популярной	6 час.	УО-1



	семестра	литературой по оптической спектроскопии		(собеседовани е/устный опрос)
6	11-12 недели семестра	Подготовка краткого отчета по обзору рентгеновских методов исследования	6 час.	УО-3 (презентация/ сообщение)
7	13-14 недели семестра	Ознакомление с дополнительными материалами исследований по фотоэлектронной спектроскопии	6 час.	УО-1 (собеседовани е/устный опрос)
8	15-16 недели семестра	Ознакомление с популярной литературой по дополнительным методам исследований наноматериалов	4 час.	УО-1 (собеседовани е/устный опрос)
9	17-18 неделя семестра	Подготовка к экзамену	36 час	экзамен
Итого			80 час.	

### **Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

*Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.*

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ, отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику. Обратить внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

*Работа с литературой.*

При выполнении ряда заданий требуется работать 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 написании эссе 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.

Существуют два метода работы над источниками:

– сплошное чтение обязательно при изучении учебника, глав монографии или статьи, то есть того, что имеет учебное значение. Как правило, здесь требуется повторное чтение, для того чтобы понять написанное. Старайтесь при сплошном чтении не пропускать комментарии, сноски, справочные материалы, так как они предназначены для пояснений и помощи. Анализируйте рисунки (карты, диаграммы, графики), старайтесь понять, какие тенденции и закономерности они отражают;

– метод выборочного чтения дополняет сплошное чтение; он применяется для поисков дополнительных, уточняющих необходимых сведений в словарях, энциклопедиях, иных справочных изданиях. Этот метод крайне важен для повторения изученного и его закрепления, особенно при подготовке к зачету.

Для того чтобы каждый метод принес наибольший эффект, необходимо фиксировать все важные моменты, связанные с интересующей Вас темой.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе большой объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник, надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей.

Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность

глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

### Методические рекомендации для подготовки презентаций

Выбор темы презентации студент осуществляет самостоятельно.

Общие требования к презентации:

- презентация не должна быть меньше 10 слайдов;
- первый лист – это титульный лист, на котором обязательно должны быть представлены: название доклада; фамилия, имя, отчество автора;
- следующим слайдом должно быть содержание, где представлены основные этапы (моменты) презентации; желательно, чтобы из содержания по гиперссылке можно перейти на необходимую страницу и вернуться вновь на содержание;
- дизайн-эргономические требования: сочетаемость цветов, ограниченное количество объектов на слайде, цвет текста;
- последними слайдами презентации должны быть глоссарий и список литературы.

### Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Оценка	50-60 баллов (неуд.)	61-75 баллов (удовл.)	76-85 баллов (хорошо)	86-100 баллов (отлично)
<b>Критерии</b>	<b>Содержание критериев</b>			
<b>Представление</b>	Проблема не раскрыта	Проблема раскрыта не полностью	Проблема раскрыта, но не все выводы обоснованы	Проблема раскрыта, проведен анализ, все выводы обоснованы
<b>Оформление</b>	Больше 4 ошибок	3- 4 ошибки	Не более 2 ошибок	Ошибки отсутствуют
<b>Ответы на дополнительные вопросы</b>	Нет ответов на вопросы	Только ответы на элементарные вопросы	Ответы на вопросы полные и/или частично полные	Ответы на вопросы полные с приведением пояснений

## IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Электронные методы исследования поверхности твердых тел,	ПК-4.1 применяет методическую базу измерений параметров технологических процессов и	Знает: методическую базу измерений параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-6 лабораторная работа	вопросы к экзамену 1-8

	наночастиц, наноматериалов	тестирования продукта производства	Умеет: измерять параметры технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-6 лабораторная работа		
			Владеет: навыками измерения параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	ПР-12 контрольно- расчетная работа		
		ПК-4.2 осуществляет поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	Знает: принципы учета видов и объемов производственных работ по проверке, настройке и калибровке электронной измерительной аппаратуры	УО-1 собеседование / устный опрос		вопросы к экзамену 1-8
			Умеет: осуществлять поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-6 лабораторная работа		
	Владеет: навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации	ПР-6 лабораторная работа;				
2	Раздел 2. Оптические методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов	ПК-4.1 применяет методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства	Знает: методическую базу измерений параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос	вопросы к экзамену 9-11	
			Умеет: измерять параметры технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-6 лабораторная работа		
			Владеет: навыками измерения параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	ПР-6 лабораторная работа;		
		ПК-4.2 осуществляет поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	Знает: принципы учета видов и объемов производственных работ по проверке, настройке и калибровке электронной измерительной аппаратуры	УО-1 собеседование / устный опрос		вопросы к экзамену 9-11
			Умеет: осуществлять поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-6 лабораторная работа		
			Владеет: навыками настройки	ПР-6 лабораторная		

			высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации	работа;	
2	Раздел 3. Комбинированные методы исследования поверхности твердых тел, наночастиц, наноматериалов	ПК-4.1 применяет методическую базу измерений параметров технологических процессов и тестирования продукта производства	Знает: методическую базу измерений параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос;	вопросы к экзамену 12-14
			Умеет: измерять параметры технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-6 лабораторная работа	
			Владеет: навыками измерения параметров технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	ПР-6 лабораторная работа;	
		ПК-4.2 осуществляет поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	Знает: принципы учета видов и объемов производственных работ по проверке, настройке и калибровке электронной измерительной аппаратуры	УО-1 собеседование / устный опрос	
			Умеет: осуществлять поверку, настройку и калибровку электронной измерительной аппаратуры	УО-1 собеседование / устный опрос; ПР-6 лабораторная работа	
			Владеет: навыками настройки высокотехнологичного оборудования в соответствии с правилами настройки и эксплуатации	ПР-6 лабораторная работа;	

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 VIII.

## V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Введение в физику поверхности / К. Оура, В. Г. Лифшиц, А. А. Саранин [и др.]; [отв. ред. В. И. Сергиенко]; Российская академия наук, Дальневосточное отделение, Институт автоматизации и процессов управления.

Москва : Наука , 2006. 490 с. В 24 538.9 ЕК NB DVFU: Режим доступа:  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:248486&theme=FEFU>

2. В.Л. Ткалич, А.В. Макеева, Е.Е. Оборина «Физические основы нанoeлектроники: Учебное пособие» - СПб.: СПбГУ ИТМО, 2011. - 83 с. Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/415/73415>

3. Барыбин А.А. Физико-технологические основы макро-, микро- и нанoeлектроники: учебное пособие для вузов / А. А. Барыбин, В. И. Томи-лин, В. И. Шаповалов ; под общ. ред. А. А. Барыбина. - Москва : Физмат-лит, 2011. - 783 с Режим доступа: <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:675441&theme=FEFU>

4. Нелинейная оптика кремния и кремниевых наноструктур / О. А. Акципетров, И. М. Баранова, К. Н. Евтюхов. Москва : Физматлит , 2012. 543 с. А 447 538.9 ЕК NB DVFU: Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:704478&theme=FEFU>

### Дополнительная литература

1. Введение в нанотехнологию / Н. Кобаяси; пер. с яп. А.В. Хачояна; под ред. Л.Н. Патрикеева М. : БИНОМ. Лаборатория знаний , 2005 134 с. ЕК NB DVFU: Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:394362&theme=FEFU>

2. Основы физики поверхности полупроводников : учебное пособие / В. Г. Лифшиц ; [отв. ред. А. А. Саранин] ; Дальневосточный государственный университет, Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН. Владивосток , 1999. Л 649 538.9(075) ЕК NB DVFU: Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:679722&theme=FEFU>

3. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия твердых тел : теория и практика : учебное пособие / И. С. Осьмушко, В. И. Вовна, В. В. Короченцев ; Дальневосточный федеральный университет. Владивосток : 2010. 42 с. О-798 539.1(075.8) ДВФУ ЕК NB DVFU: Режим доступа: <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:301195&theme=FEFU>

4. Современные методы исследования поверхности / Д. Вудраф, Т. Делчар ; пер. с англ. Е. Ф. Шека. Москва : Мир , 1989. 568 с. В 881 535 В 881 535           ЕК           NB           DVFU:           Режим           доступа:  
<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:27376&theme=FEFU>

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

1. Производитель атомно-силовых микроскопов и их различных модификаций:  
<http://www.ntmdt.ru/>
2. Справочные данные по оже-электронной спектроскопии:  
<http://silicon.dvo.ru/>
3. Популярно о нанотехнологиях:  
<http://www.nanonewsnet.ru/>

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

1. Пакет программного обеспечения Microsoft Office (Word, Outlook, Power Point, Excel, Photoshop)
2. Программные продукты для Windows. Профессиональная ГИС «Панорама» <https://gisinfo.ru/download/download.htm>

#### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины.** Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, лабораторные занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по

итогах освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, задания для самостоятельной работы.

*Лекционные занятия* ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

*Лабораторные занятия* акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче зачета, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

**Работа с литературой.** Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

**Подготовка к экзамену.** К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (лабораторные, самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

### **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
690041, Приморский край, г. Владивосток, Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (г. Владивосток, ул. Радио 5, ИАПУ ДВО РАН, 325)	Мультимедийный проектор, экран Количество посадочных рабочих мест для студентов - 15	ПЕРЕЧЕНЬ ПО
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.)	ПЕРЕЧЕНЬ ПО

Для проведения исследований, связанных с выполнением практических заданий по дисциплине доступно лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

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.

## **VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Для дисциплины «Электронная структура поверхности твердого тела» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)
2. Презентация / сообщение (УО-3)

Письменные работы:

1. Лабораторная работа (ПР-6)

### **Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Презентация / сообщение (УО-3) – продукт самостоятельной работы обучающегося, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы.

### **Письменные работы**

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

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

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Методы исследования наноструктур и наноматериалов» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчетности по дисциплине – экзамен (6-й, осенний семестр). Экзамен по дисциплине включает ответы на 2 вопроса.

### **Методические указания по сдаче экзамена**

Экзамен принимается ведущим преподавателем. При большом количестве групп у одного преподавателя или при большой численности потока по распоряжению заведующего кафедрой (заместителя директора по учебной и воспитательной работе) допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются

преподаватели, которые проводили лабораторные занятия по дисциплине в группах.

В исключительных случаях, по согласованию с заместителем директора Школы по учебной и воспитательной работе, заведующий кафедрой имеет право принять зачет в отсутствие ведущего преподавателя.

Форма проведения экзамена (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего экзамен, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.).

Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на экзамене, должно составлять не более 20 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

Присутствие на экзамене посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются к экзамену с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «отлично» «хорошо» «удовлетворительно» «не удовлетворительно».

При неявке студента на зачет в ведомости делается запись «не явился».

### **Вопросы к экзамену**

1. Наноматериалы, тонкие пленки, нанообъекты - свойства, классификация, область существования, принципиальные отличия от классических объемных материалов.
2. Взаимодействие электронов с поверхностью твердых тел, основные эффекты и явления. Электронный микроскоп, основные узлы и принцип работы. Принципы построения изображения.
3. Зондовые методы исследования. Основные физические явления, лежащие в основе работы приборов такого типа. Качественные и количественные данные, получаемые с таких приборов.
4. Физические принципы работы сканирующего туннельного микроскопа. Принципы работы основных узлов. Особенности анализа полученных изображений.

5. Сканирующая туннельная спектроскопия. Анализ полученных данных.
6. Сканирующая микроскопия баллистических электронов. Ближнепольный оптический микроскоп. Возможные комбинации приборов для анализа поверхности твердых тел. Физические принципы работы таких приборов.
7. Дифракция электронов на поверхности твердых тел. Дифракция медленных электронов.
8. Оже-электронная спектроскопия. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами.
9. Взаимодействие света с поверхностью вещества. Рассеяние света. Рамановская спектроскопия.
10. Нелинейные оптические эффекты на поверхности твердых тел. Генерация высших оптических гармоник.
11. Рентгеновские методы исследования вещества.
12. Фотоэлектронная спектроскопия, основные физические принципы метода исследования.
13. Фотоэлектронный умножитель, вторичный электронный умножитель, принципы работы, варианты исполнения приборов.
14. Ядерный магнитный резонанс, парамагнитный резонанс, эффект Мессбауэра. Основные свойства веществ, исследуемые приборами, реализованные на этих явлениях.

### **Критерии выставления оценки студенту на экзамене**

К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие программу обучения по дисциплине, прошедшие все этапы текущей аттестации.

Баллы (рейтинговой оценки)	Оценка экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
86 -100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

76 - 85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61 -75	«удовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
0 -60	«не удовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного «не материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

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

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (собеседования, презентации, лабораторных работ) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и 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;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

## Вопросы для собеседования / устного опроса

Тема 1. Наночастицы, наноматериалы, тонкие пленки а поверхности твердых тел.

Тема 2. Взаимодействие электронов с поверхностью твердых тел. Электронный микроскоп.

Тема 3. Общие принципы работы зондовых методов исследования тонких пленок и наноматериалов.

Тема 4. Атомно-силовой микроскоп.

Тема 5. Сканирующий туннельный микроскоп.

Тема 6. Комбинированные зондовые микроскопы.

Тема 7. Дифракция электронов на поверхности твердых тел. Дифракция медленных электронов.

Тема 8. Оже-электронная спектроскопия. Спектроскопия характеристических потерь энергии электронами.

Тема 9. Взаимодействие света с веществом. Спектроскопия на отражение. Рамановская спектроскопия.

Тема 10. Нелинейные оптические эффекты на поверхности твердых тел, в тонких пленках и наноматериалах.

Тема 11. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом, дифракция, спектроскопия.

Тема 12. Явление фотоэффекта, методы исследования поверхности вещества на основе этого эффекта. Фотоэлектронная спектроскопия. РФЭС и УФЭС.

Тема 13. Спектральные методы исследования вещества квантами различной энергии. Эффект Мессбауера. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.

## Критерии оценивания

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент показал развернутый ответ на вопрос, знание литературы, обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, неточности в ответе исправляет самостоятельно.
«не зачтено»	Студент обнаруживает незнание вопроса, неуверенно излагает ответ.

## Тематика презентаций

1. Подготовка краткого отчета по обзору рентгеновских методов исследования.
2. Подготовка отчета по практической работе

## Критерии оценки презентации

Оценка	2 балла (неудовлетворительно)	3 балла (удовлетворительно)	4 балла (хорошо)	5 баллов (отлично)
<b>Критерии</b>	<b>Содержание критериев</b>			
<b>Раскрытие Проблемы</b>	Проблема не раскрыта. Отсутствуют выводы	Проблема раскрыта не полностью. Выводы не сделаны и/или выводы не обоснованы	Проблема раскрыта. Проведен анализ проблемы без привлечения дополнительной литературы. Не все выводы сделаны и/или обоснованы	Проблема раскрыта полностью. Проведен анализ проблемы с привлечением дополнительной литературы. Выводы обоснованы
<b>Представление</b>	Представляемая информация логически не связана. Не использованы профессиональные термины. Отсутствует иллюстративный материал в виде блок-диаграмм, профилей	Представляемая информация не систематизирована и/или не последовательна. Использовано 1-2 профессиональных термина. Иллюстративный материал в виде блок-диаграмм, профилей заимствован	Представляемая информация не систематизирована и последовательна. Использовано более 2 профессиональных терминов. Представлен иллюстративный материал в виде блок-диаграмм, профилей	Представляемая информация систематизирована, последовательна и логически связана. Использовано более 5 профессиональных терминов. Представлен самостоятельно сделанный иллюстративный материал в виде блок-диаграмм, профилей
<b>Оформление</b>	Не использованы технологии Power Point. Больше 4 ошибок в представляемой информации	Использованы технологии Power Point частично. 3-4 ошибки в представляемой информации	Использованы технологии Power Point. Не более 2 ошибок в представляемой информации	Широко использованы технологии (Power Point и др.). Отсутствуют ошибки в представляемой информации
<b>Ответы на вопросы</b>	Нет ответов на вопросы	Только ответы на элементарные вопросы	Ответы на вопросы полные и/или частично полные	Ответы на вопросы полные, с приведением примеров и/или пояснений

### Тематика практических работ

1. Рассказать об основном физическом эффекте, лежащем в основе работы прибора или исследовательского метода.
2. Показать область применимости данного метода исследования и

основные свойства вещества, анализируемые данным методом.

3. Выбрать входные и выходные параметры, диапазоны принимаемых значений и определить основные возможности измерений прибора.

4. Построить схему аппаратной функции прибора или принципиальную блок-схему.

5. Определить методы контроля точности прибора и диапазон измеряемых величин.

### Критерии оценки практических работ

Оценка	Требования
<i>«зачтено»</i>	Студент выполняет лабораторную работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения измерений, правильно самостоятельно определяет цель работы; самостоятельно, рационально выбирает необходимое оборудование для получения наиболее точных результатов проводимой работы. Грамотно и логично описывает ход работы, правильно формулирует выводы, точно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления и т.п., умеет обобщать фактический материал. Допускается два/три недочёта или одна негрубая ошибка и один недочёт. Работа соответствует требованиям и выполнена в срок.
<i>«не зачтено»</i>	Студент выполнил работу не полностью, объем выполненной части не позволяет сделать правильные выводы; не определяет самостоятельно цель работы; в ходе работы допускает одну и более грубые ошибки, которые не может исправить, или неверно производит наблюдения, измерения, вычисления и т.п.; не умеет обобщать фактический материал. Лабораторная работа не выполнена.