

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ**  
**УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»**  
**(ТУСУР)**



УТВЕРЖДАЮ  
Директор департамента науки и инноваций

Документ подписан электронной подписью  
Сертификат: 1с6сfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820  
Владелец: Троян Павел Ефимович  
Действителен: с 19.01.2016 по 16.09.2019

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физические явления в твердотельных микро- и наноструктурах**

Уровень образования: **высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации**

Направление подготовки / специальность: **03.06.01 Физика и астрономия**

Направленность (профиль) / специализация: **Физическая электроника**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **ФЭТ, Факультет электронной техники**

Кафедра: **ФЭ, Кафедра физической электроники**

Курс: **2**

Семестр: **4**

Учебный план набора 2017 года

**Распределение рабочего времени**

№	Виды учебной деятельности	4 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	18	18	часов
2	Практические занятия	18	18	часов
3	Всего аудиторных занятий	36	36	часов
4	Самостоятельная работа	36	36	часов
5	Всего (без экзамена)	72	72	часов
6	Общая трудоемкость	72	72	часов
		2.0	2.0	З.Е.

Дифференцированный зачет: 4 семестр

Томск 2018

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа дисциплины составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 03.06.01 Физика и астрономия, утвержденного 30.07.2014 года, рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_.

Разработчик:

д.т.н., профессор каф. ФЭ \_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Заведующий обеспечивающей каф.  
ФЭ

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Рабочая программа дисциплины согласована с факультетом и выпускающей кафедрой:

Декан ФЭТ \_\_\_\_\_ А. И. Воронин

Заведующий выпускающей каф.  
ФЭ

\_\_\_\_\_ П. Е. Троян

Эксперты:

Заведующий аспирантурой \_\_\_\_\_ Т. Ю. Коротина

Доцент кафедры физической электроники (ФЭ)

\_\_\_\_\_ И. А. Чистоедова

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1. Цели дисциплины

формирование фундаментальных знаний у аспиранта в области технологии создания и модификации твердотельных микро- и наноструктур, и приборов на их основе.

### 1.2. Задачи дисциплины

- получение аспирантами теоретических знаний и практических навыков в области создания, выбора и использования материалов, применяемых в твердотельных приборах;
- изучение методов получения твердотельных микро- и наноструктур.
- 

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физические явления в твердотельных микро- и наноструктурах» (Б1.В.ДВ.2.1) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются: Спец-практикум по физической электронике, Технологии получения тонких пленок и пленочных структур, Физические основы электронно-ионно-лучевых и плазменных технологий.

Последующими дисциплинами являются: Физическая электроника.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- ПК-4 способность разрабатывать и исследовать технологии и технологические процессы получения пленочных структур и электронных приборов и устройств;

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** технологии и технологические процессы получения пленочных структур и электронных приборов и устройств; методы исследования технологических процессов получения пленочных структур и электронных приборов и устройств.

- **уметь** разрабатывать технологии и технологические процессы получения пленочных структур и электронных приборов и устройств; описывать физические явления в твердотельных микро- и наноструктурах.

- **владеть** практическими навыками разработки и исследования технологий и технологических процессов получения пленочных структур и электронных приборов и устройств.

## 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		4 семестр
Аудиторные занятия (всего)	36	36
Лекции	18	18
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа (всего)	36	36
Проработка лекционного материала	18	18
Подготовка к практическим занятиям, семинарам	18	18
Всего (без экзамена)	72	72
Общая трудоемкость, ч	72	72
Зачетные Единицы	2.0	2.0

## 5. Содержание дисциплины

### 5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лек., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
4 семестр					
1 Свойства индивидуальных наночастиц	4	2	4	10	ПК-4
2 Объемные микро- и наноструктуры	4	4	8	16	ПК-4
3 Физические явления в микро- и наноструктурах	8	4	14	26	ПК-4
4 Применение микро-и наноструктур в твердотельных приборах	2	8	10	20	ПК-4
Итого за семестр	18	18	36	72	
Итого	18	18	36	72	

### 5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины (по лекциям)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1 Свойства индивидуальных наночастиц	Введение в дисциплину. Металлические нанокластеры. Геометрическая структура. Электронная структура. Реакционная способность. Магнитные кластеры. Полупроводниковые наночастицы. Оптические свойства. Фотофрагментация. Кластеры инертных газов.	4	ПК-4
	Итого	4	
2 Объемные микро- и наноструктуры	Разупорядоченные твердотельные структуры. Методы синтеза. Основные свойства. Другие свойства.	4	ПК-4
	Итого	4	
3 Физические явления в микро- и наноструктурах	Принцип квантования и квантовое ограничение. Структуры с двумерным электронным газом. Структуры с одномерным электронным газом. Структуры с нульмерным электронным газом. Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров. Фазовая интерференция электронных волн. Квантовый эффект Холла. Туннелирование носителей заряда. Структуры с вертикальным	8	ПК-4

	переносом и квантовые сверхрешетки. Одноэлектронное туннелирование. Резонансное туннелирование. Спиновые эффекты. Гигантское магнитосопротивление. Спин-зависимое туннелирование. Эффект Кондо. Спинтронные приборы.		
	Итого	8	
4 Применение микро-и наноструктур в твердотельных приборах	Лазеры с квантовыми ямами и точками. Фотоприемники на квантовых ямах. Квантово-точечные клеточные автоматы и беспроводная электронная логика. Нанокomпьютеры.	2	ПК-4
	Итого	2	
Итого за семестр		18	

### 5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин			
	1	2	3	4
Предшествующие дисциплины				
1 Спецпрактикум по физической электронике	+	+	+	+
2 Технологии получения тонких пленок и пленочных структур	+	+	+	+
3 Физические основы электронно-ионно-лучевых и плазменных технологий	+	+	+	+
Последующие дисциплины				
1 Физическая электроника	+	+	+	+

### 5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Компетенции	Виды занятий			Формы контроля
	Лек.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-4	+	+	+	Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию, Дифференцированный зачет

### 6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Не предусмотрено РУП.

### 7. Лабораторные работы

Не предусмотрено РУП.

## 8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
4 семестр			
1 Свойства индивидуальных наночастиц	Электронная структура наночастиц.	2	ПК-4
	Итого	2	
2 Объемные микро- и наноструктуры	Основные свойства разупорядоченных твердотельных структур.	4	ПК-4
	Итого	4	
3 Физические явления в микро- и наноструктурах	Структуры с двумерным электронным газом.	2	ПК-4
	Квантовый эффект Холла. Спиновые эффекты.	2	
	Итого	4	
4 Применение микро-и наноструктур в твердотельных приборах	Расчет фотоприемника на квантовых ямах.	4	ПК-4
	Расчет лазеров с квантовыми ямами и точками.	4	
	Итого	8	
Итого за семестр		18	

## 9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
4 семестр				
1 Свойства индивидуальных наночастиц	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	2	ПК-4	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	2		
	Итого	4		
2 Объемные микро- и наноструктуры	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	4	ПК-4	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	8		

3 Физические явления в микро- и наноструктурах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-4	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	8		
	Итого	14		
4 Применение микро-и наноструктур в твердотельных приборах	Подготовка к практическим занятиям, семинарам	6	ПК-4	Дифференцированный зачет, Опрос на занятиях, Тест
	Проработка лекционного материала	4		
	Итого	10		
Итого за семестр		36		
Итого		36		

### 10. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено РУП.

### 11. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

Рейтинговая система не используется.

### 12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 12.1. Основная литература

1. Физические основы микро- и наноэлектроники [Текст] : учебное пособие / Е. Л. Парфенова, Л. А. Терентьева, М. Г. Хусаинов. - Ростов н/Д : Феникс, 2012. - 240 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 4 экз.)
2. Троян, П.Е. Наноэлектроника [Электронный ресурс] / П.Е. Троян, Ю.В. Сахаров. — Электрон. дан. — Москва [Электронный ресурс]: ТУСУР, 2010. — 88 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4967> (дата обращения: 13.07.2018).

#### 12.2. Дополнительная литература

1. Марголин, В.И. Введение в нанотехнологию [Электронный ресурс] [Электронный ресурс]: учебник / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, Г.Н. Лукьянов, В.А. Тулик. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург Лань, 2012. — 464 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/4310> (дата обращения: 13.07.2018).
2. Нанотехнологии в электронике : Монография / Н. И. Боргардт [и др.] ; ред. Ю. А. Чаплыгин ; Московский государственный институт электронной техники. - М. : Техносфера, 2005. - 446[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 20 экз.)
3. Основы наноэлектроники : Учебное пособие для вузов / Валерий Павлович Драгунов; В.П. Драгунов, И.Г. Неизвестный, В.А. Гридчин. - Новосибирск : НГТУ, 2000. - 331 [1] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)

#### 12.3. Учебно-методические пособия

##### 12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Сборник задач по полупроводниковой электронике : Учебное пособие для вузов / Н. В. Бурбаева, Т. С. Днепровская. - М. : Физматлит, 2006. - 166[2] с. (используется для аудиторной и самостоятельной работы) (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.)

##### 12.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**12.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>
2. «Научно-образовательный портал ТУСУР» [Электронный ресурс]: научно-образовательный портал университета. – Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/>

**13. Материально-техническое обеспечение дисциплины и требуемое программное обеспечение**

**13.1. Общие требования к материально-техническому и программному обеспечению дисциплины**

**13.1.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий**

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

**13.1.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий**

**Учебная аудитория**

учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации

634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 117 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Установка совмещения и экспонирования ЩА-310;
- Установка для нанесения фоторезиста;
- Электронный микроскоп УЭМВ-100К;
- Дистиллятор воды;
- Лабораторное оборудование и приборы: микроскоп МБС-9, микроскоп стерео МС-1, микроинтерферометр МИИ-4, химическая посуда, реактивы;
- Учебная доска;
- Проектор;
- Ноутбук;
- Экран для проектора;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- LibreOffice
- PDF-XChange Viewer
- Windows XP

**13.1.3. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы**

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы),



расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 201 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

Состав оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Celeron D336 2.8ГГц. - 5 шт.;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome.

### **13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

При занятиях с обучающимися **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

## **14. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

### **14.1. Содержание оценочных материалов и методические рекомендации**

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы в составе:

#### **14.1.1. Тестовые задания**

1. Какой из законов (правил) описывает, как считается, механические свойства нанокристаллических материалов?

- а) Холла;
- б) Холла-Петча;
- в) Мура;
- г) Гиббса-Вульфа.

2. Какая из указанных ниже методик не позволяет эффективно получать планарные наноструктуры?

- а) FIB-литография;
- б) ИК-литография;

- в) СЗМ-литография;
- г) контактная микропечатью.

3. Какой из параметров является наименее важным при создании полевого транзистора на основе углеродных нанотрубок?

- а) толщина диэлектрического слоя;
- б) тип проводимости полупроводника;
- в) толщина слоя проводника;
- г) длина углеродной нанотрубки.

4. На периодически модулированных поверхностях металлических пленок возможно резонансное возбуждение поверхностных...

- а) экситонов;
- б) магнонов;
- в) фотонов;
- г) поляронов.

5. Максимальное различие постоянных решеток для материалов входящих в гетероструктуру не должно превышать:

- а) 1 %
- б) 2 %
- в) 5 %
- г) 8 %

6. В какую из сверхрешеток входят полупроводники с одинаковым химическим составом:

- а) композиционную
- б) легированную
- в) модулировано –легированную
- г) во все перечисленные.

7. Точка Кюри – это температура...

- а) плавления;
- б) полиморфного превращения;
- в) магнитного превращения;
- г) кипения.

8. Практическое применение целочисленного эффекта Холла?

- а) эталон силы тока;
- б) эталон сопротивления;
- в) эталон напряжение;
- г) эталон заряда.

9. Какой квантовый эффект лежит в основе работы оптических модуляторов?

- а) эффект Штарка;
- б) эффект Джозефсона;
- в) эффект Холла;
- г) эффект Зеемана.

10. Какой квантовый эффект лежит в основе работы сверхпроводящего квантового интерференционного датчика (СКВИД)?

- а) эффект Штарка;
- б) эффект Джозефсона;
- в) эффект Холла;
- г) эффект Ааронова – Бома.

11. Чем можно объяснить существование целочисленного эффект Холла?

- а) квантовым ограничением;
- б) уровнями Ландау;
- в) туннельным эффектом;
- г) размерными уровнями.

12. На периодически модулированных поверхностях металлических пленок возможно резонансное возбуждение поверхностных...

- а) экситонов;
- б) магнонов;
- в) фотонов;
- г) фононов.

13. Что не влияет на частоту плазменного резонанса наночастиц?

- а) анизотропия;
- б) размер;
- в) модификатор поверхности;
- г) наличие точечных дефектов и F-центров (центров окраски).

14. По каким направлениям ограничено движение заряженных частиц в квантовых точках:

- а) только по направлению X;
- б) только по направлению Y;
- в) только по направлению Z;
- г) по направлениям XYZ.

15. По каким направлениям ограничено движение заряженных частиц в квантовых пленках:

- а) по направлениям X и Y;
- б) только по направлению Y;
- в) только по направлению Z;
- г) по направлениям X и Z.

16. По каким направлениям ограничено движение заряженных частиц в квантовых нитях (шнурах):

- а) по направлениям X и Y;
- б) по направлению Y и Z;
- в) только по направлению Z;
- г) по направлениям X и Z.

17. При каком из типов начальной стадии роста, возникающих при осаждении атомов на подложку из газовой фазы, происходит формирование квантовых точек:

- а) Франка- Ван дер Мерве (слоевой рост);
- б) Странского – Крастанова (промежуточный тип);
- в) Фольмера – Вебера (островковый рост);
- г) При всех перечисленных.

18. Показатель коэффициента преломления у метаматериалов...

- а) равен нулю;
- б) положительный;
- в) отрицательный ;
- г) мнимый.

19. В каких плоскостях будут существовать уровни Ландау, если вектор магнитной индукции  $B$  направлен вдоль оси  $Z$ , перпендикулярной плоскости 2D-газа:

- а) в плоскости  $Z$ ;
- б) в плоскостях  $X$  и  $Y$ ;
- в) в плоскостях  $Y$  и  $Z$ ;
- г) в плоскостях  $X$  и  $Z$ .

20. От чего зависит сопротивление баллистической квантовой проволоки

- а) от сечения;
- б) от длины;
- в) не зависит от геометрических размеров и равно нулю;
- г) от сечения и длины.

#### **14.1.2. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам**

1. Электронная структура наночастиц.
2. Свойства разупорядоченных твердотельных структур.
3. Структуры с двумерным электронным газом.
4. Фотоприемник на квантовых ямах.

#### **14.1.3. Темы опросов на занятиях**

1. Магнитные кластеры.
2. Полупроводниковые наночастицы.
3. Кластеры инертных газов.
4. Разупорядоченные твердотельные структуры.
5. Принцип квантования и квантовое ограничение.
6. Структуры с двумерным электронным газом.
7. Структуры с одномерным электронным газом.
8. Структуры с нульмерным электронным газом.
9. Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров.
10. Фазовая интерференция электронных волн.
11. Квантовый эффект Холла.
12. Туннелирование носителей заряда.
13. Структуры с вертикальным переносом и квантовые сверхрешетки.
14. Одноэлектронное туннелирование.

#### **14.1.4. Вопросы дифференцированного зачета**

1. Металлические нанокластеры. Геометрическая и электронная структура. Реакционная способность.
2. Магнитные кластеры.
3. Полупроводниковые наночастицы. Оптические свойства.

4. Фотофрагментация.
5. Кластеры инертных газов.
6. Разупорядоченные твердотельные структуры.
7. Принцип квантования и квантовое ограничение.
8. Структуры с двумерным электронным газом.
9. Структуры с одномерным электронным газом.
10. Структуры с нульмерным электронным газом.
11. Транспорт носителей заряда вдоль потенциальных барьеров.
12. Фазовая интерференция электронных волн.
13. Квантовый эффект Холла.
14. Туннелирование носителей заряда.
15. Структуры с вертикальным переносом и квантовые сверхрешетки.
16. Одноэлектронное туннелирование.
17. Резонансное туннелирование.
18. Спиновые эффекты.
19. Гигантское магнитосопротивление.
20. Спин-зависимое туннелирование.
21. Эффект Кондо. Спинтронные приборы.
22. Лазеры с квантовыми ямами и точками.
23. Фотоприемники на квантовых ямах.
24. Нанокomпьютеры.

#### **14.2. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 14.

Таблица 14 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка

С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами исходя из состояния обучающегося на момент проверки

### **14.3. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;
- представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

**Для лиц с нарушениями зрения:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме увеличенным шрифтом.

**Для лиц с нарушениями слуха:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

**Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:**

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

При необходимости для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.