



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**Согласовано**

**Утверждаю**

**Руководитель ОПОП ВО  
профессор Е.И. Пряхин**

**Проректор по образовательной  
деятельности  
доцент Д.Г. Петраков**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОННОГО СТРОЕНИЯ**  
**ТВЕРДЫХ ТЕЛ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	магистратура
<b>Направление подготовки:</b>	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
<b>Направленность (профиль):</b>	Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий
<b>Квалификация выпускника:</b>	магистр
<b>Форма обучения:</b>	очная
<b>Составитель:</b>	доц. Тупицкая Н.А.

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины** «Теория электронного строения твердых тел» составлена:

- в соответствии требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки «Материаловедение и технологии материалов», утвержденного приказом Минобрнауки России № 306 от 24 апреля 2018 года;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «22.04.01 Материаловедение и технологии материалов», направленность (профиль) «Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий».

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена** на заседании кафедры «Общая и техническая физика» от 15.02.2022 г., протокол № 8

Составитель

к.ф.-м.н. Тупицкая Н.А.

Заведующий кафедрой ОТФ \_\_\_\_\_

д.ф.-м.н, проф. Мустафаев А.С.

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса

\_\_\_\_\_ к.т.н.

Иванова П.В.

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Цель дисциплины** – выработать у будущих магистров по материаловедению и технологии материалов понимание связи электронного и атомного строения твердых тел с их физическими свойствами, необходимое для решения материаловедческих и металлургических задач, совершенствования существующих и создания новых (в том числе нано-) материалов.

**Основные задачи дисциплины:**

- углубленное изучение динамики кристаллической решетки и ее влияния на теплоемкость, тепловое расширение, теплопроводность и магнитные свойства твердых тел;
- изучение электронной теории и ее возможностей для объяснения вклада электронного газа в теплоемкость, теплопроводность и электропроводность твердых тел;
- изучение зонной теории твердых тел и объяснения на ее основе существования проводников, полупроводников и изоляторов, ферромагнетизма и сверхпроводимости твердых тел;

**2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Дисциплина «Теория электронного строения твердых тел» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий», изучается в первом семестре.

Для изучения дисциплины «Теория электронного строения твердых тел» необходимы знания, умения и компетенции, полученные в результате освоения программ высшего образования по курсам «Математика», «Физика», «Химия».

Дисциплина является основополагающей для изучения следующих дисциплин:

1. Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов.
2. Наноструктурная керамика и полимеры. Углеродные наноматериалы.
3. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. Аморфные и микрокристаллические материалы.
4. Физика поверхности. Диффузия в твердых телах.
5. Физико-механические свойства наноструктурированных материалов и покрытий.

**3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Процесс изучения дисциплины «Теория электронного строения твердых тел» направлен на формирование следующих компетенций и получение основных результатов обучения:

<b>Формируемые компетенции по ФГОС</b>		<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
<b>Содержание компетенции</b>	<b>Код компетенции</b>	
Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов.	ОПК-1	ОПК-1.2. Использовать фундаментальные знания профессиональной деятельности для решения конкретных задач
Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, не-	ПКС-1	ПКС-1.1. Демонстрировать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материа-

металлических и композиционных материалов различного назначения в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.		лов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач. ПКС-1.2. Устанавливать закономерности взаимосвязи состава материалов, их структуры и физико-механических свойств.
--	--	--

#### 4. ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины « Теория электронного строения твердых тел» составляет 2 зачетные единицы, 72 ак. часа.

Вид учебной работы	Ак. часы по семестрам
	1 семестр
<b>Аудиторные занятия, в том числе</b>	<b>26</b>
Лекции	13
Практические занятия (ПЗ)	13
<b>Самостоятельная работа (СРС), в том числе</b>	<b>46</b>
Подготовка к практическим занятиям	22
Расчетно-графическая работа	12
Реферат (или электронная презентация)	12
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет – З, дифф. зачет – Д, экзамен –Э)</b>	<b>3</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины, час</b>	<b>72</b>
зач. ед.	2

##### 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия и самостоятельная работа

##### 4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа студента
1.	Раздел 1. Обзор квантово-механических представлений	17	2	3	12
2.	Раздел 2. Элементы физической статистики	9	2	2	5
3.	Раздел 3. Зонная теория твердых тел. Металлы, полупроводники и диэлектрики	9	4	-	5

4.	Раздел 4. Электрофизические свойства твердых тел. Электропроводность твердых тел. Теплоемкость твердых тел.	10	2	4	4
5.	Раздел 5. Контактные и гальваномагнитные явления в твердых телах	24	2	2	20
6.	Раздел 6. Оптические свойства твердых тел	3	1	2	-
<b>Итого:</b>		<b>72</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>46</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Разделы	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 1	Особенности поведения микрочастиц. Волновые свойства. Квантово-механическое описание электрона.	2
2.	Раздел 2	Способы описания состояния макроскопической системы (коллектива). Невырожденные и вырожденные коллективы. Функция распределения для невырожденного газа (функция распределения Максвелла-Больцмана). Функция распределения для вырожденного газа фермионов (функция распределения Ферми-Дирака).	2
3.	Раздел 3	Энергетические зоны в кристалле. Структура энергетических зон в твердых телах. Особенности зонного и электронного строения диэлектриков, полупроводников и проводников.	4
4.	Раздел 4	Квантовая теория электропроводности металлов. Явление сверхпроводимости. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Зависимость проводимости от температуры.	2
5	Раздел 5	Контакт металла с полупроводником. Р-п – переход. Эффект Холла	2
6	Раздел 6	Поглощение света в полупроводниках. Излучательная рекомбинация.	1
<b>Всего</b>			<b>13</b>

#### 4.2.4. Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	1	Электрон в потенциальной яме.	3
2	2	Электронный газ в металлах. Функция Ферми-Дирака	2
3	4	Расчет электропроводности полупроводников	4
4	5	Расчет электрофизических параметров полупроводников	2

		с помощью эффекта Холла.	
5	6	Поглощения света в полупроводниках.	2
<b>ИТОГО</b>			<b>13</b>

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции** являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий: - дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины; -стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

**Практические занятия.** Цели практических занятий: -совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

**Консультации** (текущая консультация, накануне зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

**Самостоятельная работа обучающихся** направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

## 6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Задание для расчетно-графической работы

**Тема:** расчет температурной зависимости концентрации носителей тока примесного полупроводника

Полупроводниковая пластина помещена в скрещенные электрическое и магнитное поля  $l$  – длина проводника,  $d$  – толщина проводника,  $j$  – плотность тока через проводник,  $B$  – вектор магнитной индукции,  $U_n$  – холловская разность потенциалов.

Полупроводниковая пластина (образец кремния) с примесной проводимостью, имеющая размеры:  $a$ ,  $d$ ,  $l$ , помещена в магнитное поле с магнитной индукцией  $B$ . Через образец пропускается электрический ток силой  $I$ . Температура пластины 300 К. Определить неизвестные величины, указанные в таблице: силу тока  $I$ , плотность тока  $j$ , сопротивление образца  $R$ , удельное сопротивление  $\rho$ , удельную проводимость  $\gamma$ . Подвижность электронов принять равной  $0,15 \text{ м}^2/\text{Вс}$ , дырок –  $0,05 \text{ м}^2/\text{Вс}$ .

Рассчитайте концентрацию примесей при данной температуре.

Используя формулы для зависимостей концентрации носителей тока от температуры, рассчитайте концентрации носителей тока в диапазоне температур 50-500 К.

Считать энергию активации донорной примеси равной  $E_D = 0,45 \text{ эВ}$ . Энергию активации акцепторной принять равной  $E_a = 0,166 \text{ эВ}$ . Температура истощения примеси  $T_s = 50 \text{ К}$ . Температура перехода к собственной проводимости принять равной  $T_i = 450 \text{ К}$ .

Постройте график зависимости концентрации от температуры в указанном диапазоне температур.

## 6.2. Примерный перечень тем рефератов

1. Явление сверхпроводимости: физика явления, области применения.
2. Полупроводниковые лазеры на гетеропереходах.
3. Эффект Холла – гальвано-магнитный эффект в полупроводниках.
4. Ферриты и их применение в науке и промышленности.
5. Применение эффекта Холла в различных отраслях науки и техники.
5. Светодиоды и их применение в современном мире.
6. Применение фотоэлектрических преобразователей для преобразования солнечной энергии в электрическую.

## 6.3. Вопросы для самостоятельной подготовки

Для успешного освоения учебного материала в процессе самостоятельной работы студентам рекомендуется ответить на следующие вопросы программы.

### 1. Обзор квантово-механических представлений

1. Расскажите о корпускулярно-волновом дуализме в микромире. В чём заключается гипотеза де Бройля? Как определяется длина волны де Бройля?
2. Что называется условием нормировки?
3. Какой физический смысл имеет квадрат модуля волновой функции?
4. Какие физические величины связывают соотношения неопределенностей Гейзенберга?
5. Как определяется кинетическая энергия в квантовой механике?
6. Напишите уравнение Шредингера для стационарных состояний электрона (частицы).
7. Какой энергетический уровень называется вырожденным?
8. Что такое потенциальная яма?
9. Чему равен коэффициент отражения от потенциального барьера? Чему равен коэффициент пропускания (прозрачности)?
10. Чему равен коэффициент прозрачности  $D$  потенциального барьера толщиной  $d$  для случая высокого барьера?

### 2. Элементы физической статистики

11. Какие частицы называются фермионами? Какие частицы называются бозонами?
12. Запишите распределения Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна.
13. Что показывает химический потенциал? Какие возможные значения может принимать химический потенциал у бозонов и фермионов?
14. Какой газ называется вырожденным?
15. Чему равна максимальная кинетическая энергия, которую могут иметь электроны в металле?
16. Что называется уровнем (энергией) Ферми? Что называется температурой Ферми?
17. Как зная температуру Ферми и энергию Ферми, определить вырожденным или невырожденным является электронный газ?

### 3. Электрофизические свойства твердых тел. Электропроводность и теплоёмкость твердых тел

18. Каковы недостатки классической теории электропроводности металлов?
19. Каковы особенности электропроводности вырожденного и невырожденного электронного газа?
20. Что представляет собой фонон?
21. Как определяется температура Дебая?
22. При каких температурах выполняется закон Дюлонга – Пти?

#### 4. Зонная теория твердых тел

23. Как описывают состояние электрона в кристалле? Как происходит образование энергетических зон в кристалле?

24. Дайте характеристики энергетическим зонам электрона в кристалле.

25. Объясните с точки зрения зонной теории деление твердых тел на металлы, диэлектрики и полупроводники.

26. Объясните температурную зависимость электропроводности металлов и полупроводников от температуры.

#### 6.4. Примерные тестовые задания Вариант 1

№	Вопросы	Варианты ответов
1	В образовании связи Ван-дер-Ваальса <b>не</b> участвует следующее взаимодействие:	1. гравитационное 2. дисперсионное 3. ориентационное 4. индукционное.
2	Ковалентная связь определяется:	1. взаимной ориентацией спинов спаривающихся электронов 2. ориентационным взаимодействием 3. кулоновским взаимодействием 4. симметрией электронного облака.
3	Изменение внутренней энергии изолированной системы постоянного объема, вызванного изменением в ней числа частиц на единицу, называется:	1. энтальпией 2. энтропией 3. химическим потенциалом 4. уровнем Ферми.
4	Максимальная частота возможных в кристалле нормальных колебаний решетки определяется следующими параметрами:	1. массой атомов и жесткостью связи атомов 2. зарядом ядра атомов 3. плотностью вещества кристалла 4. температурой.
5	Квадрат модуля волновой функции $ \Psi ^2$ равен...	1. интенсивности электромагнитного излучения; 2. плотности вероятности обнаружения частицы в данной точке пространства; 3. вероятности обнаружения частицы в элементе объема $dV$ ; 4. числу частиц в объеме $dV$ .
6	Из ниже перечисленных частиц фермионами являются:	1. фотоны 2. электроны, протоны и нейтроны 3. фононы 4. протоны и фотоны.
7	Статистикой Максвелла-Больцмана описываются:	1. невырожденные коллективы любых частиц 2. невырожденные коллективы



№	Вопросы	Варианты ответов
		бозонов 3. вырожденные коллективы бозонов 4. вырожденные коллективы фермионов.
8	В кристалле, содержащем $N$ атомов, может возникнуть следующее число нормальных колебаний решетки:	1. $2N$ 2. $3N$ 3. $N$ 4. 0
9	Уровень химического потенциала для фотонного газа принимает значения:	1. 0 2. больше 0 3. меньше 0 4. для фотонного газа химический потенциал не определен.
10	Сопротивления химически чистого полупроводника с ростом температуры...	1. уменьшается по линейному закону; 2. увеличивается по линейному закону; 3. увеличивается по экспоненте; 4. уменьшается по экспоненте.
11	Диэлектрики отличаются от полупроводников...	1. шириной запрещенной зоны 2. шириной зоны проводимости 3. шириной валентной зоны 4. наличием запрещенной зоны.
12	Валентная зона в полупроводниках...	1. частично заполнена электронами 2. полностью заполнена электронами 3. свободна от электронов 4. вероятность ее заполнения равна $\frac{1}{2}$ .
13	Выберите формулу расчета удельной проводимости полупроводника $n$ -типа... ( $n$ , $p$ – концентрация электронов и дырок, $b_n$ , $b_p$ – подвижность электронов и дырок, $\Delta E$ – ширина запрещенной зоны, $T$ – температура, $e$ – заряд электрона, $k$ – постоянная Больцмана...)	1. $\gamma = en(b_n + b_p)$ ; 2. $\gamma = \gamma_0 e^{-\Delta E / 2kT}$ ; 3. $\gamma_n = enb_n$ ; 4. $\gamma_p = epb_p$
14	Ширина запрещенной зоны кремния $\Delta E = 1,1$ эВ. Максимальная длина волны света, падающего на полупроводник, при которой возможна генерация носителей тока, равна...	1. 0,8 мкм 2. 1,1 мкм 3. 2 мкм 4. 0,4 мкм.
15	В полупроводнике $n$ – типа неосновными носителями тока являются...	1. положительные ионы; 2. дырки; 3. отрицательные ионы; 4. электроны.
16	Связь длины волны де Бройля и кинетической энергией для релятивистской частицы:	1. $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mW_k}}$

№	Вопросы	Варианты ответов
		$2. \lambda = \frac{hc}{\sqrt{W_k(W_k + 2W_0)}}$ <p>3. имеет характер обратной пропорциональной зависимости. 4. имеет характер прямой пропорциональной зависимости.</p>
17	Длина волны де Бройля $\lambda$ частицы, обладающей массой $m$ , определяется формулой: (где $p$ - модуль импульса)	<p>1. <math>\lambda = 2 \cdot \pi \cdot \hbar \cdot p</math>.</p> <p>2. <math>\lambda = h \cdot (m \cdot v) = 2 \cdot \pi \cdot \hbar \cdot p</math>.</p> <p>3. <math>\lambda = h/(m \cdot v) = h/p = 2 \cdot \pi \cdot \hbar / p</math>.</p> <p>4. <math>\lambda = h \cdot (m \cdot v) = h \cdot p = 2 \cdot \pi \cdot \hbar \cdot p</math>.</p>
18	Связь длины волны де Бройля и кинетической энергией для релятивистской частицы:	$1. \lambda = \frac{h}{\sqrt{2mW_k}}$ $2. \lambda = \frac{hc}{\sqrt{W_k(W_k + 2W_0)}}$ <p>3. имеет характер обратной пропорциональной зависимости. 4. имеет характер прямой пропорциональной зависимости.</p>
19	Длина волны де Бройля $\lambda$ частицы, обладающей массой $m$ , определяется формулой: (где $p$ - модуль импульса)	<p>1. <math>\lambda = 2 \cdot \pi \cdot \hbar \cdot p</math>.</p> <p>2. <math>\lambda = h \cdot (m \cdot v) = 2 \cdot \pi \cdot \hbar \cdot p</math>.</p> <p>3. <math>\lambda = h/(m \cdot v) = h/p = 2 \cdot \pi \cdot \hbar / p</math>.</p> <p>4. <math>\lambda = h \cdot (m \cdot v) = h \cdot p = 2 \cdot \pi \cdot \hbar \cdot p</math>.</p>
20	Понятие траектории не применимо для движения электронов...	<p>1. в электронно-лучевой трубке. 2. в камере Вильсона. 3. в пузырьковой камере. 4. в атоме.</p>

### Вариант 2

№	Вопросы	Варианты ответов
1	У полярных молекул, обладающих высокой поляризуемостью, преобладает следующее взаимодействие:	<p>1. гравитационное 2. дисперсионное 3. ориентационное 4. индукционное.</p>
2	Ковалентная связь определяется:	<p>1. взаимной ориентацией спинов спаривающихся электронов 2. ориентационным взаимодействием 3. кулоновским взаимодействием 4. симметрией электронного облака.</p>

№	Вопросы	Варианты ответов
3	Характеристическая дебаевская частота это:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. максимально возможная частота нормальных колебаний в кристалле</li> <li>2. минимально возможная частота нормальных колебаний в кристалле</li> <li>3. частота наиболее вероятных нормальных колебаний при данной температуре</li> <li>4. частота нормальных колебаний соответствующая средней энергии колебаний.</li> </ol>
4	Перечислите свойства микрочастиц: 1.тождественные, 2 различимые, 3. обладают определенной траекторией движения, 4.обладают волновыми свойствами	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. все перечисленные</li> <li>2. 1,2,3</li> <li>3. 1,3,4</li> <li>4. 1,4.</li> </ol>
5	Квадрат модуля волновой функции $ \Psi ^2$ равен...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. интенсивности электромагнитного излучения;</li> <li>2. плотности вероятности обнаружения частицы в данной точке пространства;</li> <li>3. вероятности обнаружения частицы в элементе объема <math>dV</math>;</li> <li>4. числу частиц в объеме <math>dV</math>.</li> </ol>
6	Из ниже перечисленных частиц бозонами являются:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. только фотоны</li> <li>2. электроны, протоны и нейтроны</li> <li>3. фононы и фотоны</li> <li>4. протоны и фотоны.</li> </ol>
7	Статистикой Ферми-Дирака описываются:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. невырожденные коллективы любых частиц</li> <li>2. невырожденные коллективы бозонов</li> <li>3. вырожденные коллективы бозонов</li> <li>4. вырожденные коллективы фермионов.</li> </ol>
8	В кристалле, содержащем N атомов, может возникнуть следующее число нормальных колебаний решетки:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 2N</li> <li>2. 4 N</li> <li>3. N</li> <li>4. нет верного ответа</li> </ol>
9	Согласно закону Дюлонга-Пти молярные теплоемкости меди, железа и алюминия находятся в следующем соотношении:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>CCu = CFe = CAI</math></li> <li>2. <math>CCu &gt; CFe &gt; CAI</math></li> <li>3. <math>CCu &lt; CFe &lt; CAI</math></li> <li>4. <math>CCu &gt; CFe &lt; CAI</math>.</li> </ol>
10	Проводимость химически чистого полупроводника с ростом температуры...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. уменьшается по линейному закону;</li> <li>2. увеличивается по линейному закону;</li> </ol>

№	Вопросы	Варианты ответов
		3. увеличивается по экспоненте; 4. уменьшается по экспоненте.
11	Диэлектрики отличаются от металлов...	1. шириной запрещенной зоны 2. шириной зоны проводимости 3. шириной валентной зоны 4. наличием запрещенной зоны.
12	Зона проводимости в полупроводниках...	1. частично заполнена электронами 2. полностью заполнена электронами 3. свободна от электронов или частично заполнена электронами. 4. вероятность ее заполнения равна $\frac{1}{2}$ .
13	Электронный газ называется невырожденным, если ( $T_F$ - температура Ферми, $E_F$ - энергия Ферми)	1. в любом случае. 2. $kT \ll E_F$ . 3. $T \ll T_F, kT \ll E_F$ . 4. $T \gg T_F, kT \gg E_F$ .
14	Энергия взаимодействия микрочастиц имеет наименьшее значение $1 \cdot 10^{-19}$ Дж. Тогда согласно соотношению неопределённостей Гейзенберга, время взаимодействия составляет величину порядка...	1. $10^{-34}$ с. 2. $5 \cdot 10^{18}$ с. 3. $10^{-19}$ с. 4. $10^{-8}$ с.
15	Определить естественную ширину спектра излучения атома $\Delta\omega$ , если время излучения $\Delta t = 0,1$ нс.	1. $1 \cdot 10^{10} 1/c$ 2. $5 \cdot 10^9 1/c$ 3. $5 \cdot 10^{-9} 1/c$ 4. $2 \cdot 10^9 1/c$
16	Принцип суперпозиции состояний в квантовой механике заключается в том, что если частица может быть в состоянии $\psi_1$ и в состоянии $\psi_2$ , то существует состояние частицы, которое описывается волновой функцией ... (где $C_1$ и $C_2$ – константы)	1. $\psi = \psi_1 \cdot \psi_2$ . 2. $\psi = C_1 \psi_1 \cdot C_2 \psi_2$ . 3. $\psi = \psi_1 / \psi_2$ . 4. $\psi = C_1 \psi_1 + C_2 \psi_2$ .
17	Уравнение Шрёдингера для свободной микрочастицы имеет вид... ( $m$ – масса электрона, $e$ – заряд электрона, $\hbar$ – постоянная Планка, $Z$ – заряд ядра, $E$ – полная энергия электрона, $U$ – потенциальная энергия электрона, $\omega_0$ – частота гармонического осциллятора, $\varepsilon_0$ – электрическая постоянная, $Z$ – зарядовое число).	1. $\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi = 0$ 2. $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\Psi = 0$ 3. $\frac{d^2\Psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2}\left(E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2}\right)\Psi = 0$ 4. $\Delta\Psi + \frac{2m}{\hbar^2}E\Psi = 0$

№	Вопросы	Варианты ответов
18	Энергия электрона $E$ в прямоугольном потенциальном «ящике» с бесконечно высокими стенами и плоским дном: ( $n$ – главное квантовое число)	1. изменяется дискретно, $E \sim n^{-2}$ . 2. изменяется дискретно, $E \sim n^{-1}$ . 3. изменяется непрерывно от $-\infty$ до $+\infty$ . 4. изменяется дискретно, $E \sim n^2$ .
19	Самый низкий уровень энергии $E_1$ , отвечающий минимально возможной энергии электрона в атоме называется ...	1. возбуждённым. 2. основным. 3. минимальным. 4. максимальным.
20	С увеличением высоты потенциального барьера вероятность туннелирования...	1. возрастает. 2. убывает. 3. при малых энергиях - возрастает, а затем – убывает. 4. не изменяется.

### Вариант 3

№	Вопросы	Варианты ответов
1	У неполярных молекул преобладает следующее взаимодействие:	1. гравитационное 2. дисперсионное 3. ориентационное 4. индукционное.
2	Соединения металлов с галогенами образуют следующую связь:	1. Ван-дер-Ваальса 2. ковалентную 3. металлическую 4. ионную.
3	Характеристическая дебаевская частота это:	1. максимально возможная частота нормальных колебаний в кристалле 2. минимально возможная частота нормальных колебаний в кристалле 3. частота наиболее вероятных нормальных колебаний при данной температуре 4. частота нормальных колебаний соответствующая средней энергии колебаний.
4	Микрочастицы обладают свойствами: они 1. тождественные, 2. различимые, 3. обладают определенной траекторией движения, 4. обладают волновыми свойствами	1. все перечисленные 2. 1,2,3 3. 1,3,4 4. 1,4.
5	Для описания состояния электрона в кристалле используется: 1. Второй закон Ньютона, 2. Закон Кулона, 3. Волновая функция, 4. Принцип наименьшего действия	1. 1 и 2 2. только 1 3. только 3 4. все перечисленные
6	Из ниже перечисленных частиц бозонами являются	1. только фотоны

№	Вопросы	Варианты ответов
	ся:	2. электроны, протоны и нейтроны 3. фононы и фотоны 4. протоны и фотоны.
7	Статистикой Бозе-Эйнштейна описываются:	1. невырожденные коллективы любых частиц 2. невырожденные коллективы бозонов 3. вырожденные коллективы бозонов 4. вырожденные коллективы фермионов.
8	В кристалле, содержащем $N$ атомов, может возникнуть следующее число нормальных колебаний решетки:	1. $2N$ 2. $4N$ 3. $3N$ 4. нет верного ответа
9	Вероятность заполнения фермионами состояний с энергией, равной энергии Ферми, равна:	1. $1/4$ 2. 1 3. 0 4. $1/2$
10	Зависимость проводимости химически чистого полупроводника от температуры носит характер...	1. обратной пропорциональной зависимости 2. прямой пропорциональной зависимости 3. экспоненциальной зависимости; 4. не зависит от температуры.
11	Полупроводники отличаются от металлов...	1. шириной запрещенной зоны 2. шириной зоны проводимости 3. шириной валентной зоны 4. наличием запрещенной зоны.
12	Валентная зона проводимости в полупроводниках...	1. частично заполнена электронами 2. полностью заполнена электронами 3. свободна от электронов или частично заполнена электронами. 4. вероятность ее заполнения равна $1/2$ .
13	Коэффициент прозрачности потенциального барьера для электрона в туннельном эффекте <b>не зависит от</b>	1. времени наблюдения. 2. полной энергии электрона. 3. массы. 4. высоты потенциального барьера.
14	Особенностью поведения частицы в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме является....	1. квантование полной энергии частицы. 2. равновероятное нахождение частицы в любой части ямы.

№	Вопросы	Варианты ответов
		3. равенство нулю полной энергии частицы. 4. равенство кинетической и потенциальной энергий частицы.
15	Распределение электронов по уровням валентной зоны и зоны проводимости описывается функцией Ферми-Дирака...	1. для вырожденных полупроводников и металлов. 2. для собственных полупроводников и металлов. 3. только для собственных полупроводников. 4. только для полупроводников р-типа.
16	Нулевая энергия гармонического осциллятора является.....	1. его потенциальной энергией 2. наибольшей его энергией. 3.наименьшей его полной энергией, совместимой с соотношением неопределённостей. 4. его кинетической энергией.
17	Уравнение Шрёдингера для электрона в поле ядра водородоподобного атома имеет вид... ( $m$ – масса электрона, $e$ – заряд электрона, $\hbar$ – постоянная Планка, $Z$ – заряд ядра, $E$ – полная энергия электрона, $U$ – потенциальная энергия электрона, $\omega_0$ – частота гармонического осциллятора, $\epsilon_0$ – электрическая постоянная, $Z$ – зарядовое число).	1. $\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + \frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \psi = 0$ 2. $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E\psi = 0$ 3. $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} (E - U) \cdot \psi = 0$ 4. $\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E - \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} \right) \psi = 0$
18	В уравнении Шредингера $-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta\Psi + U(x, y, z, t)\Psi = i\hbar \frac{\partial\Psi}{\partial t}$ градиент функции $U$ , взятый с обратным знаком, определяет...	1.энергию частицы. 2.силу, действующую на частицу. 3.импульс частицы. 4.массу частицы.
19	Для коэффициентов отражения $R$ и пропускания $D$ частицы справедливо следующее соотношение:	1. $R - D = 1$ . 2. $R + D = 0$ . 3. $R \cdot D = 1$ . 4. $R + D = 1$ .
20	Электронный газ называется вырожденным, если  ( $T_F$ - температура Ферми, $E_F$ - энергия Ферми)	1. $T \ll T_F, kT \gg E_F$ . 2. $T \gg T_F, kT \gg E_F$ . 3. $T \ll T_F, kT \gg 0$ . 4. $T \ll T_F, kT \ll E_F$ .

### 6.3 Критерии оценок промежуточной аттестации (зачета)

Оценка	Описание
Зачтено	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий; студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос; все предусмотренные программой обучения задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое; в течение семестра выполнил творческую работу.
Не зачтено	Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий; студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы; большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному.

#### *Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-49	Не зачтено
50-65	Зачтено
66-85	Зачтено
86-100	Зачтено

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 7.1. Основная литература

1. . Епифанов, Г.И. Физические основы микроэлектроники: учеб. пособие / Г.И. Епифанов – М.: книга по требованию, 2012. – 190 с.
2. Физика конденсированного состояния: учебно-методический комплекс. Санкт-Петербургский горный университет/ сост.: Ю.И.Кузьмин, Н.А. Тупицкая, А.Ю.Егорова.– СПб, 2017. – 158с.
3. Чуркин, Ю.В. Физика твердого тела: учеб. пособие/ Ю.В. Чуркин, С.В. Субботин. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2008.
4. Шерстюк, А. И. Физика твердого тела: письм. лекции/ А. И. Шерстюк. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2003.

### 8.2. Дополнительная литература

6. Верещагин, Н.К. Физика твердого тела: учеб. пособие для втузов/ Н. К. Верещагин [и др.] – М.: Высшая школа, 2001.
7. Гуревич, А. Г. Физика твердого тела: учеб. пособие для вузов/ А. Г. Гуревич. – СПб.: Невский диалект. БХВ-Петербург, 2004.
8. Пщелко, Н.С. Физические основы полупроводниковой электроники, учеб. пособие / Н. С. Пщелко, А. С. Мустафаев, К. Л. Левин — [Электронный ресурс], контрольный номер RU/IS/BASE/463508393 — СПб: Нац. минер-сырьевой ун-т «Горный», 201, 254 с.
9. Физика. Физика твердого тела: Методические указания к расчетно-графическим работам и варианты заданий/ Национальный минерально-сырьевой университет «Горный». Сост.: Ю.И. Кузьмин, Н.С. Пщелко. – СПб, 2015, 32 с.
10. Физика твердого тела: методические указания к выполнению контрольной работы, задания на контрольную работу/сост.: А. И. Шерстюк, Д. Г. Летенко. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2003.
11. Физика. Физика твердого тела: методические указания к выполнению лабораторных работ/ сост.: К.Ф. Комаровских [и др.] – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2006.
12. Бонч-Бруевич, В.Л.. Физика полупроводников / В.Л. Бонч-Бруевич, С.Г. Калашников. – М.: Наука, 1990.
12. Мосс, Т. Полупроводниковая оптоэлектроника / Т. Мосс, Г. Баррел, Б. Эллис. – М.: Мир, 1976.
13. Смит, Р. Полупроводники / Р. Смит. – М.: Мир, 1982.



14. Ашкрофт Н., Мермин Н. Физика твердого тела. – М.: Мир, 1979.
15. Бонч-Бруевич В.Л., Калашников С.Г. Физика полупроводников. –М.: Наука, 1990.
16. Блейкмор Дж. Физика твердого тела. – М.: Мир, 1988.

#### **Средства обеспечения освоения дисциплины (ресурсы Internet)**

1. <http://db.informika.ru/spe/prog/prog/zip>
2. <http://burma.tsu.tula/>
3. <http://www.gpntb.ru/>
4. <http://www.stup.ac.ru/>
5. <http://www.uw.edu.pl>
6. <http://www.physicon.ru/>
7. <http://www.physics.ru/>
8. <http://elib.nwpi.ru/>

#### **7.3. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
  2. Консультант Плюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - [www.consultant.ru/](http://www.consultant.ru/).
  3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
  4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
  5. Научная электронная библиотека Science Direct: <http://www.sciencedirect.com>
  6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>  
<https://e.lanbook.com/books>.
- Термические константы веществ. Электронная база данных,  
<http://www.chem.msu.su/cgibin/tkv.pl>
7. Портал Росаккредагенства <http://www.fepo.ru/>. Интернет-тестирование базовых знаний по физике.
  8. Портал «Гуманитарное образование» <http://www.humanities.edu.ru/>
  9. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
  10. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>
  11. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
  12. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»
  13. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):  
Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
  14. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).
  15. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»». <http://rucont.ru/>
  16. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru>

#### **7.4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента**

1. Спецфизика. Физические основы полупроводниковой электроники. Методические указания для самостоятельной работы [Электронный ресурс] / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: Н.А. Тупицкая, А.Ю. Егорова. Санкт-Петербург. 2018, 31 с.  
[http://personalii.spmi.ru/sites/default/files/pdf/mu\\_specfizika.pdf](http://personalii.spmi.ru/sites/default/files/pdf/mu_specfizika.pdf)
2. Физика конденсированного состояния. Методические указания к практическим занятиям. [Электронный ресурс] Сост.: Н.А. Тупицкая, Ю.И. Кузьмин. Санкт-Петербург. 2018, 54 с.

[http://personalii.spmi.ru/sites/default/files/pdf/met.\\_posobie\\_po\\_fiz.\\_kondensir.\\_sostoyaniya\\_-\\_10\\_vosstanovlen\\_.pdf](http://personalii.spmi.ru/sites/default/files/pdf/met._posobie_po_fiz._kondensir._sostoyaniya_-_10_vosstanovlen_.pdf)

3. Физика. Квантовомеханическое описание микрочастиц. Методические указания для самостоятельной работы [Электронный ресурс] / Санкт-Петербургский горный университет. Сост.: Н.А. Тупицкая, А.Ю. Егорова. Санкт-Петербург. 2019, 31 с.

[http://personalii.spmi.ru/sites/default/files/pdf/fizika\\_kv.-meh.opisanie\\_-\\_kopiya.pdf](http://personalii.spmi.ru/sites/default/files/pdf/fizika_kv.-meh.opisanie_-_kopiya.pdf)

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий**

#### **Аудитории для проведения лекционных и практических занятий**

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Для проведения лабораторных занятий используются компьютерные классы, оборудованные техникой из расчета один компьютер на одного обучающегося, с обустроенным рабочим местом преподавателя. В учебном процессе используется комплект демонстрационных стендовых материалов по темам курса.

#### *128 посадочных мест*

Оснащенность: Мультимедийная установка с акустической системой – 1 шт. (в т.ч. мультимедийный проектор – 1 шт., проекционная аппаратура: источник бесперебойного питания – 1 шт., экран – 1 шт., монитор – 1 шт., компьютер – 1 шт.), возможность доступа к сети «Интернет», стул для студентов – 128 шт., кресло преподавателя – 1 шт., стол – 65 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., доска настенная магнитно-маркерная – 2 шт., плакат в рамке настенный – 9 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

#### *64 посадочных места*

Оснащенность: Мультимедийный проектор – 1 шт., проекционная аппаратура: источник бесперебойного питания – 1 шт., экран – 1 шт., ноутбук - 1 шт., (возможность доступа к сети «Интернет»), стойка мобильная – 1 шт., стул для студентов – 64 шт., кресло преподавателя – 1 шт., стол - 33 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., доска белая настенная магнитно-маркерная – 1 шт., плакат в рамке настенный – 4 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 8 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, CorelDRAW Graphics Suite X5, Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

### *60 посадочных мест*

Оснащенность: Мультимедийный проектор – 1 шт., проекционная аппаратура: источник бесперебойного питания – 1 шт., экран – 1 шт., ноутбук - 1 шт., (возможность доступа к сети «Интернет»), стойка мобильная – 1 шт., стул для студентов – 60 шт., кресло преподавателя – 1 шт., стол - 31 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., доска белая настенная магнитно-маркерная – 1 шт., доска под мел – 1 шт., плакат в рамке настенный – 3 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 8 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, CorelDRAW Graphics Suite X5, Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

### *56 посадочных мест*

Оснащенность: Мультимедийный проектор – 1 шт., проекционная аппаратура: источник бесперебойного питания – 1 шт., экран – 1 шт., ноутбук – 1 шт., (возможность доступа к сети «Интернет»), стойка мобильная – 1 шт., стул для студентов – 56 шт., кресло преподавателя – 1 шт., стол – 29 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., доска настенная магнитно-маркерная – 1 шт., плакат в рамке настенный – 5 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 8 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, CorelDRAW Graphics Suite X5 (Договор №559-06/10 от 15.06.2010 На поставку программного обеспечения»), Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

### *52 посадочных места*

Оснащенность: Мультимедийный проектор – 1 шт., проекционная аппаратура: источник бесперебойного питания – 1 шт., экран – 1 шт., ноутбук – 1 шт., (возможность доступа к сети «Интернет»), стойка мобильная – 1 шт., стул для студентов – 52 шт., кресло преподавателя – 1 шт., стол – 26 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., доска настенная магнитно-маркерная – 1 шт., плакат в рамке настенный – 5 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 8 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, CorelDRAW Graphics Suite X5, Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

## **8.2. Помещение для самостоятельной работы**

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Open; Microsoft Office 2007 Professional Plus, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть Университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional; Microsoft Windows XP Professional; Microsoft Office 2007 Professional Plus, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

## **8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования**

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер - 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор - 4 шт., сетевой накопитель - 1 шт., источник бесперебойного питания - 2 шт., телевизор плазменный Panasonic - 1 шт., точка Wi-Fi - 1 шт., паяльная станция - 2 шт., дрель - 5 шт., перфоратор - 3 шт., набор инструмента - 4 шт., тестер компьютерной сети - 3 шт., баллон со сжатым газом - 1 шт., паста теплопроводная - 1 шт., пылесос - 1 шт., радиостанция - 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках - 1 шт., подставка на колесиках - 1 шт., шкаф - 5 шт., кресло - 2 шт., лестница Alve - 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2010 Professional Plus, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол - 5 шт., стул - 2 шт., кресло - 2 шт., шкаф - 2 шт., персональный компьютер - 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор - 2 шт., МФУ - 1 шт., тестер компьютерной сети - 1 шт., баллон со сжатым газом - 1 шт., шуруповерт - 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол - 2 шт., стул - 4 шт., кресло - 1 шт., шкаф - 2 шт., персональный компьютер - 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 - 1 шт., колонки Logitech - 1 шт., тестер компьютерной сети - 1 шт., дрель - 1 шт., телефон - 1 шт., набор ручных инструментов - 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional, Microsoft Office 2007 Professional Plus, антивирусное программное обеспечение: Kaspersky Endpoint Security, 7-zip (свободно распространяемое ПО), Foxit Reader (свободно распространяемое ПО), SeaMonkey (свободно распространяемое ПО), Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).

#### **8.4. Лицензионное программное обеспечение**

1. Microsoft Windows 7 Professional.
2. Microsoft Windows 8 Professional.
3. Microsoft Office 2007 Professional Plus.