

**ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ**



**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**

### **ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

<b>Уровень высшего образования:</b>	<i>Магистратура</i>
<b>Направление подготовки:</b>	<i>22.04.01 Материаловедение и технологии материалов</i>
<b>Направленность (профиль):</b>	<i>Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий</i>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<i>Магистр</i>
<b>Форма обучения:</b>	<i>очная</i>
<b>Составитель:</b>	<i>профессор Пряхин Е.И.</i>

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Физические основы лазерного излучения» разработана:**

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки «22.04.01 Материаловедение и технологии материалов», утвержденного приказом Минобрнауки России № 306 от 24.04.2018;
- на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «22.04.01 Материаловедение и технологии материалов», направленность (профиль) программы «Материаловедение и технологии материалов».

Составитель \_\_\_\_\_ д.т.н. проф. Е.И. Пряхин

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Материаловедения и технологии художественных изделий» от 09.02.2022 г., протокол № 7.**

Заведующий кафедрой МиТХИ \_\_\_\_\_ д.т.н., проф. Е.И. Пряхин

**Рабочая программа согласована:**

Начальник управления учебно-методического обеспечения образовательного процесса \_\_\_\_\_ к.т.н. Иванова П.В.

## 1.ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины – формирование у магистрантов высокого уровня знаний в области современных высокоинформационных лазерных технологий.

Основные задачи дисциплины:

- получить практические навыки в проведении проектных работ по созданию лазерного технологического оборудования и технологических процессов лазерной обработки для области прецизионного приборостроения;
- уметь проводить инженерные оценки и расчеты лазерных технологических процессов и лазерного технологического оборудования;
- уметь проводить разработку макетных образцов лазерного технологического оборудования и проводить их исследования с целью получения заданных параметров и характеристик самого оборудования и отработки технологического процесса лазерной обработки.

## 2.МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физические основы лазерного излучения» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов» направленность (профиль) программы «Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий» изучается в 1 семестре.

Дисциплина «Физические основы лазерного излучения» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Основы научных исследований», «Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий», «Взаимодействие лазерного излучения с веществом», а также практики: «Учебная практика - ознакомительная практика - Учебная практика, часть 1».

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ:

Процесс изучения дисциплины «Физические основы лазерного излучения» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен выбирать метод научного исследования, исходя из конкретных задач, организовывать его осуществление и анализировать результаты с использованием современных методов обработки данных, оформлять полученные результаты в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить (под руководством) документы к патентованию, оформлению	ПКС-7	<b>ПКС-7.1 Знать</b> основы современного материаловедения, методы научных исследований, методики экспериментальных исследований.
		<b>ПКС-7.2 Уметь</b> анализировать результаты научных исследований с использованием современных методов обработки данных, формулировать выводы.
		<b>ПКС-7.3 Владеть</b> навыками оформления результатов исследований в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить документы к патентованию, оформлению ноу-хау.

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
ноу-хау.		
Способен анализировать технологии получения, обработки материалов и изделий из них; формулировать рекомендации по повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции.	ПКС-12	<b>ПКС-12.1 Знать</b> основные технологии производства, обработки материалов и изделий из них, методы анализа и контроля качества продукции.
		<b>ПКС-12.2 Уметь</b> выполнять расчеты технологических параметров оборудования, анализировать и контролировать качество продукции.
		<b>ПКС-12.3 Владеть</b> навыками разработки рекомендаций по повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции на основе энерго- и ресурсосбережений.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1 Объём дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины «Физические основы лазерного излучения» составляет 4 зачётные единицы, 144 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак часы по семестрам
		1
<b>Аудиторная работа, в том числе:</b>	<b>52</b>	<b>52</b>
Лекции	26	26
Практические занятия (ПЗ)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	26	26
<b>Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:</b>	<b>56</b>	<b>56</b>
Подготовка к практическому занятию	-	-
Подготовка к лабораторным занятиям	20	20
Рефераты	36	36
<b>Промежуточная аттестация – экзамен</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>ак. час.</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>зач. ед.</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## 4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, лабораторные работы и самостоятельная работа.

### 4.2.1 Разделы дисциплин и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента
Раздел 1 «Основные понятия и законы излучения»	52	12	-	12	28
Раздел 2 «Твердотельные лазеры импульсного действия, газовые и полупроводниковые лазеры»	32	8	-	8	16
Раздел 3 «Модуляция лазерного излучения и устройства для управления им»	24	6	-	6	12
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>26</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>56</b>

### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Основные понятия и законы излучения	Законы классической теории излучения. Квантовые процессы излучения и поглощения электромагнитных волн. Математические методы описания квантовых систем. Принципы неопределенности, соответствия, суперпозиции. Математическая запись квазимонохроматического излучения. Интерференция и когерентность. Постулаты и принципы квантовой теории Когерентность, интерференция и поляризация лазерного излучения. Лазерные вещества и методы инверсии населенностей. Открытые оптические резонаторы. Кольцевые резонаторы. Оптические квантовые усилители. Оптические квантовые усилители бегущей волны.	12
2	Твердотельные лазеры импульсного действия, газовые и полупроводниковые лазеры	Трехуровневый лазер. Четырехуровневый лазер. Нестационарное тепловое поле и теплопроводность активной среды. Конструкции системы охлаждения и термостабилизации лазерных излучателей. Расчет энергетических характеристик. Принцип действия газового лазера на нейтральных атомах гелий-неоновой смеси. Принцип действия	8

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		ионного лазера. Принцип действия молекулярного лазера. Газодинамические лазеры. Химические лазеры. Принцип действия и конструкция инжекционных лазеров. Гетероструктуры, гетеропереходы и гетеролазеры. Применение устройств лазерной техники.	
3	Модуляция лазерного излучения и устройства для управления им	Физические принципы, классификация и основные характеристики модуляторов лазерного излучения. Электрооптический эффект в кристаллах. Внерезонаторная электрооптическая модуляция непрерывного излучения. Фотоупругость и акустооптические модуляторы излучения. Внутррезонаторная модуляция. Метод модуляции добротности резонатора. Лазер с призмным или пассивным затвором. Электрооптические затворы. Непрерывный оптический дефлектор. Дискретный оптический дефлектор. Методы и схемы селекции мод.	6
<b>Итого:</b>			

#### 4.2.3. Практические занятия:

Практические занятия не предусмотрены.

#### 4.2.4. Лабораторные работы:

№ п/п	Разделы	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1.	Юстировка оптического резонатора	12
		Исследование работы лазера в различных режимах	
2	Раздел 2.	Изучение системы измерения и контроля параметров технологического YAG:Nd - лазера	8
3	Раздел 3.	Изучение устройства управления излучением лазера	6
<b>Итого</b>			<b>26</b>

#### 4.2.5. Курсовые работы

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

**Лекции**, которые 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.

**Лабораторные работы.** Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

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

**Консультации** (текущая консультация, накануне экзамена) 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 (отчетов по лабораторным работам).

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. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Основные понятия и законы излучения**

1. Что обозначает постоянная  $h$ ?
2. Каким соотношением определяется энергия  $h\nu$  излученной волны?
3. Напишите формулу спонтанного излучения, характеризующегося испусканием фотона с определенной частотой.
4. Приведите примеры активных лазерных сред.
5. Какие существуют методы инверсии населенностей активных лазерных сред?
6. Чем открытые оптические резонаторы отличаются от кольцевых?
7. Назовите оптические элементы резонаторов.

#### **Раздел 2. Твердотельные лазеры импульсного действия, газовые и полупроводниковые лазеры**

1. Какова активная среда рубинового лазера?
2. Как называются лазеры, у которых активной средой является кристалл  $Y_2Al_3O_{12}$ ?
3. Назовите отличия в принципе действия трехуровневого и четырехуровневого лазера.
4. Проведите анализ импульсного режима генерирования лазерного излучения.
5. Опишите конструкции системы охлаждения и термостабилизации лазерных излучателей.
6. Как происходит графоаналитический метод расчета конструктивных параметров твердотельного лазера импульсного действия?
7. Какова активная среда твердотельного лазера?
8. Каков принцип действия газового лазера на нейтральных атомах гелий-неоновой смеси?

#### **Раздел 3. Модуляция лазерного излучения и устройства для управления им**

1. Как называется режим, позволяющий получать лазерную генерацию в виде коротких импульсов?
2. Как называется режим, в котором скорость накачки активной среды не зависит от времени?
3. С помощью чего в акустооптическом модуляторе добротности возбуждается ультразвуковая волна?
4. Каковы основные характеристики модуляторов лазерного излучения?
5. Опишите сущность электрооптического эффекта в кристаллах.

6. Как происходит внерезонаторная электрооптическая модуляция непрерывного излучения?

7. В чем заключаются физические основы магнитооптического эффекта?

8. Что такое фотоупругость?

9. Чем внутрирезонаторная модуляция отличается от внерезонаторной?

**Примерные темы рефератов:**

1. Постулаты и принципы квантовой теории

2. Лазерные вещества и методы инверсии населенностей

3. Применение устройств лазерной техники

4. Принцип действия и конструкция инжекционных лазеров

5. Физические принципы, классификация и основные характеристики модуляторов лазерного излучения.

**6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)**

**6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий для подготовки к экзамену (по дисциплине):**

1. Каков принцип действия оптических квантовых усилителей?

2. В каком случае атом, находящийся в состоянии с наименьшей энергией на основном уровне, будет оставаться на нем?

3. В виде чего произойдет выделение разности энергий  $E_2 - E_1$  при вынужденном (индуцированном) излучении при переходе атома с одного энергетического уровня на другой?

4. Назовите законы классической теории излучения.

5. Опишите квантовые процессы излучения и поглощения электромагнитных волн.

6. Какие существуют математические методы описания квантовых систем?

7. Опишите сущность принципов неопределенности, соответствия, суперпозиции.

8. Напишите простейшие случаи решения уравнения Шредингера.

9. Что такое матрица плотности?

10. Приведите математическую запись квазимонохроматического излучения.

11. Что такое матрица когерентности?

12. Дайте характеристику интерференции и когерентности.

13. В каком случае происходит поляризация излучения?

14. Каков физический смысл коэффициента усиления активной среды?

15. Как происходит расчет газового лазера?

16. Приведите пример использования молекулярных лазеров.

17. Какие недостатки имеют химические лазеры?

18. Какова активная среда полупроводникового лазера?

19. Какова активная среда газового лазера?

20. Назовите основные физические процессы в полупроводниковой активной среде.

21. Каковы принцип действия и конструкция инжекционных лазеров?

22. Опишите сущность понятий гетероструктура, гетеропереход и принцип действия гетеролазеров.

23. Опишите методику расчета основных параметров и характеристик инжекционного полупроводникового лазера.

24. Назовите области применения устройств лазерной техники.

25. Для чего используется оптическая голография?

26. Что может использоваться в качестве прибора модуляции добротности?

27. Какова конструкция лазера с пассивным затвором?

28. Каковы функции оптического дефлектора?

29. Дайте характеристику временного распределения излучения.

30. Приведите методы и схемы селекции мод.

31. Как происходит пространственное формирование лазерного излучения?



32. Назовите нелинейные оптические эффекты в формировании и преобразовании лазерного излучения.

33. Что является необходимым условием для создания оптического квантового генератора?

34. Перечислите основные физические принципы модуляторов лазерного излучения.

35. Приведите классификацию модуляторов лазерного излучения.

36. Дайте характеристику метода модуляции добротности резонатора.

## 6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

### Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Константа $h$ обозначает:	1. Непостоянную высоту. 2. Постоянную Планка. 3. Постоянную высоту. 4. Водород
2.	Энергия $h\nu$ излученной волны определяется соотношением:	1. $h\nu = E_2$ . 2. $h\nu = E_1$ . 3. $h\nu = E_2 - E_1$ . 4. $h\nu = (E_2 - E_1)/h$ .
3.	Спонтанное излучение характеризуется испусканием фотона с частотой, описываемой следующей формулой:	1. $\nu = E_2 - E_1$ . 2. $\nu = E_2$ . 3. $\nu = (E_2 - E_1) / h$ . 4. $\nu = E_1$ .
4.	Атом, находящийся в состоянии с наименьшей энергией на основном уровне, будет оставаться на нем до тех пор...	1. Пока на него не подействуют силы Ван Дер Ваальса. 2. Пока на него не подействует внешнее возмущение. 3. Пока на него не подействует внутреннее возмущение. 4. Пока на него не подействует Кориолисово ускорение.
5.	При вынужденном (индуцированном) излучении при переходе атома с одного энергетического уровня на другой произойдет выделение разности энергий $E_2 - E_1$ в виде...	1. Фотона. 2. Протона. 3. Электромагнитного излучения. 4. Электрона.
6.	Рубиновыми лазерами являются...	1. Лазеры, у которых активной средой является кристалл $Al_2O_3$ . 2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло. 3. Лазеры, у которых активной средой является кристалл $Y_2Al_3O_{12}$ . 4. Лазеры, у которых активной средой является среда оптического усиления.
7.	Лазеры, у которых активной средой является кристалл $Y_2Al_3O_{12}$ , называются:	1. Твердотельными. 2. Рубиновыми. 3. Газовыми. 4. Неодимовые.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
8.	Твердотельным лазерами являются...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>3. Лазеры у которых активной средой является кристалл <math>Y_2Al_3O_{12}</math>.</li> <li>4. Лазеры у которых активной средой является среда оптического усиления.</li> </ol>
9.	Полупроводниковыми лазерами являются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Al_2O_3</math>.</li> <li>2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>3. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Y_2Al_3O_{12}</math>.</li> <li>4. Лазеры, в которых накачка осуществляется напрямую из электрического тока</li> </ol>
10.	Газовыми лазерами являются:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Al_2O_3</math>.</li> <li>2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>3. Лазеры, в которых накачка достигается при пропускании тока через газовую среду, называются.</li> <li>4. Лазеры, в которых накачка осуществляется напрямую из электрического тока, называются.</li> </ol>
11.	Режим, позволяющий получать лазерную генерацию в виде коротких импульсов (длительность от нескольких наносекунд, до нескольких десятков наносекунд) называется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Непрерывным.</li> <li>2. Условно-непрерывным.</li> <li>3. Режим модуляции добротности.</li> <li>4. Псевдонепрерывный режим.</li> </ol>
12.	Режим, в котором скорость накачки активной среды не зависит от времени, называется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Непрерывным.</li> <li>2. Условно-непрерывным.</li> <li>3. Режим модуляции добротности.</li> <li>4. Псевдо-непрерывный режим.</li> </ol>
13.	С помощью чего в акустооптическом модуляторе добротности возбуждается ультразвуковая волна?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пьезоэлектрический преобразователь.</li> <li>2. Акустооптический преобразователь.</li> <li>3. Резонатор.</li> <li>4. Генератор.</li> </ol>
14.	В качестве прибора модуляции добротности может использоваться	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Акустооптический модулятор добротности.</li> <li>2. Пьезо-электрический модулятор добротности.</li> <li>3. Ручной модулятор добротности.</li> <li>4. Механический модулятор добротности.</li> </ol>
15.	Что является необходимым условием для создания оптического квантового генератора	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наличие ослабляющей среды.</li> <li>2. Наличие инертной среды среды.</li> <li>3. Наличие усиливающей среды.</li> <li>4. Отсутствие какой-либо среды.</li> </ol>
16.	Какие два процесса лежат в основе многочисленных технологических процессов в области металлообработки	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Плавление и испарение</li> <li>2. Сжатие и расширение</li> <li>3. Увеличение прочности и охрупчивание</li> <li>4. Полигонизация и отпуск</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
17.	Лазерами на свободных электронах являются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лазеры, в которых свободные электроны высокой энергии, полученные в ускорителях элементарных частиц и испускающие когерентное излучение называются.</li> <li>2. Лазеры у которых активной средой является кристалл <math>Al_2O_3</math>.</li> <li>3. Лазеры у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>4. Лазеры у которых активной средой является кристалл <math>Y_2Al_3O_{12}</math>.</li> </ol>
18.	Лазеры работающие в когерентной генерации в рентгеновском диапазоне называются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Твердотельными.</li> <li>2. Рубиновыми.</li> <li>3. Рентгеновскими лазерами.</li> <li>4. Газовыми.</li> </ol>
19.	Лазеры, в которых свободные электроны высокой энергии, полученные в ускорителях элементарных частиц и испускающие когерентное излучение называются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лазерами на свободных электронах.</li> <li>2. Лазеры у которых активной средой является кристалл <math>Al_2O_3</math>.</li> <li>3. Лазеры у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>4. Лазеры у которых активной средой является кристалл <math>Y_2Al_3O_{12}</math>.</li> </ol>
20.	Плавнение и испарение лежат в основе	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Технологических процессов в области металлообработки.</li> <li>2. Технологических процессов в области обработки полимеров.</li> <li>3. Технологических процессов в области обработки керамических материалов.</li> <li>4. Технологических процессов в области обработки наноматериалов.</li> </ol>

## Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Рентгеновскими лазерами являются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Al_2O_3</math>.</li> <li>2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>3. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Y_2Al_3O_{12}</math>.</li> <li>4. Лазеры, работающие в когерентной генерации в рентгеновском диапазоне.</li> </ol>
2.	К тепловым процессам относятся:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Десорбция молекул, термоэлектронная эмиссия, термоионная эмиссия, эмиссия нейтральных атомов</li> <li>2. Плавнение, испарение, рекристаллизация, термообработка и т.д.</li> <li>3. Электрохимическое осаждение, окисление, восстановление и т.д.</li> <li>4. Тепловое расширение, термоупругие напряжения и т.д.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
3.	Плавление, испарение, рекристаллизация, термообработка относятся к	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Эмиссионным процессам</li> <li>2. Тепловым процессам</li> <li>3. Поверхностным химическим реакциям</li> <li>4. Термомеханическим и вольтатическим эффектам</li> </ol>
4.	К поверхностным химическим реакциям относятся процессы:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Десорбция молекул, термоэлектронная эмиссия, термоионная эмиссия, эмиссия нейтральных атомов</li> <li>2. Плавление, испарение, рекристаллизация, термообработка и т.д.</li> <li>3. Электрохимическое осаждение, окисление, восстановление и т.д.</li> <li>4. Тепловое расширение, термоупругие напряжения и т.д.</li> </ol>
5.	Электрохимическое осаждение, окисление, восстановление относятся к	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Эмиссионным процессам</li> <li>2. Тепловым процессам</li> <li>3. Поверхностным химическим реакциям</li> <li>4. Термомеханическим и вольтатическим эффектам</li> </ol>
6.	К термомеханическим и вольтатическим эффектам относятся:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Десорбция молекул, термоэлектронная эмиссия, термоионная эмиссия, эмиссия нейтральных атомов</li> <li>2. Плавление, испарение, рекристаллизация, термообработка и т.д.</li> <li>3. Электрохимическое осаждение, окисление, восстановление и т.д.</li> <li>4. Тепловое расширение, термоупругие напряжения и т.д.</li> </ol>
7.	Лазеры, в которых свободные электроны высокой энергии, полученные в ускорителях элементарных частиц и испускающие когерентное излучение, называются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лазерами на свободных электронах.</li> <li>2. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Al_2O_3</math>.</li> <li>3. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>4. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Y_2Al_3O_{12}</math>.</li> </ol>
8.	Лазерами на свободных электронах являются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лазеры, в которых свободные электроны высокой энергии, полученные в ускорителях элементарных частиц и испускающие когерентное излучение, называются.</li> <li>2. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Al_2O_3</math>.</li> <li>3. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>4. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Y_2Al_3O_{12}</math>.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
9.	Рентгеновскими лазерами являются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Al_2O_3</math>.</li> <li>2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>3. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Y_2Al_3O_{12}</math>.</li> <li>4. Лазеры, работающие в когерентной генерации в рентгеновском диапазоне.</li> </ol>
10.	Тепловое расширение, термоупругие напряжения относятся к	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Эмиссионным процессам</li> <li>2. Тепловым процессам</li> <li>3. Поверхностным химическим реакциям</li> <li>4. Термомеханическим и вольтагическим эффектам</li> </ol>
11.	Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло называются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Твердотельными.</li> <li>2. Рубиновыми.</li> <li>3. Газовыми.</li> <li>4. Неодимовые.</li> </ol>
12.	Константа $h$ обозначает:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Непостоянную высоту.</li> <li>2. Постоянную Планка.</li> <li>3. Постоянную высоту.</li> <li>4. Водород.</li> </ol>
13.	Газовыми лазерами являются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Al_2O_3</math>.</li> <li>2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>3. Лазеры, в которых накачка достигается при пропускании тока через газовую среду.</li> <li>4. Лазеры, в которых накачка осуществляется напрямую из электрического тока называются.</li> </ol>
14.	В газовых лазерах (не $CO_2$ ) в качестве среды накачки используются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Инертные газы.</li> <li>2. Водород.</li> <li>3. Кислород.</li> <li>4. Азот.</li> </ol>
15.	Атом, находящийся в состоянии с наименьшей энергией на основном уровне, будет оставаться на нем до тех пор...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Пока на него не действуют силы Ван Дер Ваальса.</li> <li>2. Пока на него не действует внешнее возмущение.</li> <li>3. Пока на него не действует внутреннее возмущение.</li> <li>4. Пока на него не действует Кориолисово ускорение.</li> </ol>
16.	При вынужденном (индуцированном) излучении при переходе атома с одного энергетического уровня на другой произойдет выделение разности энергий $E_2 - E_1$ в виде...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фотона.</li> <li>2. Протона.</li> <li>3. Электромагнитного излучения.</li> <li>4. Электрона.</li> </ol>
17.	Продолжите фразу: «При вынужденном (индуцированном) излучении при переходе атома с одного энергетического уровня на другой электромагнитная волна...»	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Добавится к падающей волне.</li> <li>2. Аннигилируется с падающей волной.</li> <li>3. Войдет в противофазу с падающей волной.</li> <li>4. Погасит падающую волну.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
18.	Явление вынужденного излучения – это...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Разность электромагнитных волн падающего излучения и излучения испускаемого при переходе электрона на новый энергетический уровень.</li> <li>2. Произведение электромагнитных волн падающего излучения и излучения испускаемого при переходе электрона на новый энергетический уровень.</li> <li>3. Равенство электромагнитных волн падающего излучения и излучения испускаемого при переходе электрона на новый энергетический уровень.</li> <li>4. Сумма электромагнитных волн падающего излучения и излучения испускаемого при переходе электрона на новый энергетический уровень.</li> </ol>
19.	В случае вынужденного излучения...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. излучение любого атома добавляется к излучению падающей волны в противофазе.</li> <li>2. излучение любого атома добавляется к излучению падающей волны в той же фазе.</li> <li>3. излучение любого атома вычитается из падающего излучения .</li> <li>4. излучение любого атома умножается на излучение падающей волны в той же фазе.</li> </ol>
20.	Что является необходимым условием для создания оптического квантового генератора	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Наличие ослабляющей среды.</li> <li>2. Наличие инертной среды.</li> <li>3. Наличие усиливающей среды.</li> <li>4. Отсутствие какой-либо среды.</li> </ol>

### Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Активная среда располагается между:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Двумя зеркалами (оба зеркала не прозрачны).</li> <li>2. Двумя зеркалами (непрозрачное и полупрозрачное зеркало).</li> <li>3. Двумя зеркалами (оба зеркала полупрозрачные).</li> <li>4. Между тремя зеркалами .</li> </ol>
2.	Выходное излучение из активной среды выходит через:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Полупрозрачное зеркало.</li> <li>2. Непрозрачное зеркало.</li> <li>3. Через фокусирующую линзу.</li> <li>4. Через поляризационный фильтр.</li> </ol>
3.	Скоррелированность (согласованность) нескольких колебательных или волновых процессов во времени, проявляющаяся при их сложении	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Когерентностью.</li> <li>2. Монохроматичностью.</li> <li>3. Направленностью.</li> <li>4. Яркостью.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
4.	Когерентность – это...:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Светоизмерительная величина светимости.</li> <li>2. Скоррелированность (согласованность) нескольких колебательных или волновых процессов во времени, проявляющаяся при их сложении.</li> <li>3. Строгая направленность, характеризуемая очень малой расходимостью светового луча называется.</li> <li>4. Свойство электромагнитной волны находиться в одной определённой и строго постоянной частоте из диапазона частот называется.</li> </ol>
5.	Свойство электромагнитной волны находиться в одной определённой и строго постоянной частоте из диапазона частот называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Монохроматичностью.</li> <li>2. Когерентностью.</li> <li>3. Направленностью.</li> <li>4. Яркостью.</li> </ol>
6.	Монохроматичностью называется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Скоррелированность (согласованность) нескольких колебательных или волновых процессов во времени, проявляющаяся при их сложении.</li> <li>2. Светоизмерительная величина светимости.</li> <li>3. Строгая направленность, характеризуемая очень малой расходимостью светового луча называется.</li> <li>4. Свойство электромагнитной волны находиться в одной определённой и строго постоянной частоте из диапазона частот.</li> </ol>
7.	Строгая направленность, характеризуемая очень малой расходимостью светового луча, называется	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Направленностью.</li> <li>2. Монохроматичностью.</li> <li>3. Когерентностью.</li> <li>4. Яркостью.</li> </ol>
8.	Направленностью называется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Строгая направленность, характеризуемая очень малой расходимостью светового луча называется.</li> <li>2. Скоррелированность (согласованность) нескольких колебательных или волновых процессов во времени, проявляющаяся при их сложении.</li> <li>3. Светоизмерительная величина светимости.</li> <li>4. Свойство электромагнитной волны находиться в одной определённой и строго постоянной частоте из диапазона частот называется.</li> </ol>
9.	Светоизмерительная величина светимости называется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Направленностью.</li> <li>2. Монохроматичностью.</li> <li>3. Когерентностью.</li> <li>4. Яркостью.</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
10.	Яркостью называется...	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Строгая направленность, характеризуемая очень малой расходимостью светового луча называется.</li> <li>2. Скоррелированность (согласованность) нескольких колебательных или волновых процессов во времени, проявляющаяся при их сложении.</li> <li>3. Светоизмерительная величина светимости.</li> <li>4. Свойство электромагнитной волны находиться в одной определённой и строго постоянной частоте из диапазона частот называется.</li> </ol>
11.	Оптоволоконными лазерами являются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Al_2O_3</math>.</li> <li>2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>3. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Y_2Al_3O_{12}</math>.</li> <li>4. Лазеры, у которых активной средой является среда оптического усиления.</li> </ol>
12.	Лазеры, в которых накачка осуществляется напрямую из электрического тока называются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Твердотельными.</li> <li>2. Полупроводниковыми.</li> <li>3. Газовыми.</li> <li>4. Оптоволоконными.</li> </ol>
13.	Полупроводниковыми лазерами являются	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Al_2O_3</math>.</li> <li>2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</li> <li>3. Лазеры, у которых активной средой является кристалл <math>Y_2Al_3O_{12}</math>.</li> <li>4. Лазеры, в которых накачка осуществляется напрямую из электрического тока.</li> </ol>
14.	Определите свойство, не относящееся к лазерному излучению	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Монохроматичность.</li> <li>2. Когерентность.</li> <li>3. Направленность.</li> <li>4. Контрастность.</li> </ol>
15.	Энергия $h\nu$ излученной волны определяется соотношением:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>h\nu = E_2</math>.</li> <li>2. <math>h\nu = E_1</math>.</li> <li>3. <math>h\nu = E_2 - E_1</math>.</li> <li>4. <math>h\nu = (E_2 - E_1)/h</math>.</li> </ol>
16.	Определите свойство, относящееся к лазерному излучению	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Полихроматичность.</li> <li>2. Рассеянность.</li> <li>3. Контрастность.</li> <li>4. Когерентность.</li> </ol>
17.	Какими из этих свойств обладает лазерное излучение: когерентность, направленность, яркость, полихроматичность	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Всеми свойствами.</li> <li>2. Первыми тремя.</li> <li>3. Последними тремя.</li> <li>4. Ни одним из перечисленных.</li> </ol>



№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
18.	Режим, в котором скорость накачки активной среды не зависит от времени, называется:	1. Непрерывным. 2. Условно-непрерывным. 3. Режим модуляции добротности. 4. Псевдо-непрерывный режим.
19.	Режим, позволяющий получать лазерную генерацию в виде коротких импульсов (длительность от нескольких наносекунд, до нескольких десятков наносекунд) называется:	1. Непрерывным. 2. Условно-непрерывным. 3. Режим модуляции добротности. 4. Псевдонепрерывный режим.
20.	Твердотельным лазерами являются...	1. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло. 2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло. 3. Лазеры, у которых активной средой является кристалл Y2Al3O12. 4. Лазеры, у которых активной средой является среда оптического усиления.

### 6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

*Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий экзамена:*

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объёме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

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

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

**7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

**7.1. Рекомендуемая литература**

**7.1.1. Основная литература**

1. Григорьянц А. Г. Основы лазерной обработки материалов [Электронный ресурс] / А. Г. Григорьянц. - М.: Машиностроение, 1989. - 301 с.

[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=static\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=34%2E55%2F%D0%93834%2D933559<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=108&task=static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=34%2E55%2F%D0%93834%2D933559<.>)

2. Ганзбург Л. Б. Техническая физика : (электрофизические и электрохимические методы обработки) [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л. Б. Ганзбург, А. А. Кульчицкий, Л. В. Одинцова. - СПб. : Изд-во СЗТУ, 2004. - 167 с.

[http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=static\\_req&bns\\_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req\\_irb=<.>I=34%2E5%D1%8F73%2F%D0%93%20191%2D828189<.>](http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=374&task=static_req&bns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=34%2E5%D1%8F73%2F%D0%93%20191%2D828189<.>)

3. Физические основы лазерной техники: учеб. пособие / Б.Н. Пойзнер. – 2-е изд., доп. – М.: ИНФРА-М, 2018. – 160 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=942818>

**7.1.2. Дополнительная литература**

1. Афонькин М. Г. Формирование цветных структур на поверхности металла лазерным излучением [Текст]: монография / М. Г. Афонькин, Е. В. Ларионова; М-во образования и науки РФ, СЗТУ. – СПб.: Изд-во СЗТУ, 2010. – 205 с.

2. Веденов А. А. Физические процессы при лазерной обработке материалов [Текст]: научное издание / А. А. Веденов, Г. Г. Гладуш. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 205 с.

3. Крылов К. И. Основы лазерной техники [Текст]: учеб. пособие для вузов / К. И. Крылов, В. Т. Прокопенко, В. А. Тарлыков. – Л.: Машиностроение, 1990.

4. Поляков В. Е. Лазерная техника и технология [Текст]: учеб.-метод. пособие к выполнению лаб. работ / В. Е. Поляков, С. Е. Парахуда, А. И. Потапов. – СПб. : Изд-во СЗТУ, 2004. – 104 с.

5. Справочник по лазерной технике [Текст]: справочное издание / пер. с нем. В. Н. Белоусова; под ред. А. П. Напартовича. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 544 с.

6. Электрофизические и электрохимические способы обработки материалов: Учебное пособие / М.Г. Киселев и др. – М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2014. – 389 с.

7. Григорьянц А. Г. Лазерная обработка неметаллических материалов [Текст]: учеб. пособие для вузов / А. Г. Григорьянц, А. А. Соколов. – М.: Высш. шк., 1988. – 187 с.

8. Григорьянц А. Г. Лазерная резка металлов [Текст]: учеб. пособие для вузов / А. Г. Григорьянц, А. А. Соколов. – М.: Высш. шк., 1988. – 123 с.

**7.1.3. Учебно-методическое обеспечение**

1. Пряхин Е.И.. Методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Физические основы лазерного излучения».

**7.2. базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:**

1. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>

2. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>

3. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
4. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
5. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
6. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
7. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
8. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>.
9. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» [www.biblio-online.ru](http://www.biblio-online.ru).

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

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

#### **Аудитории для проведения лекционных занятий**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожаный - 23 шт.

#### **Аудитории для проведения лабораторных работ**

6 посадочных мест.

Мебель:

комплект (жалюзи верт. беж, карниз) 280×224 см, шкаф-гардероб, стол аудиторный для студентов – 3 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 2 шт., стул ИЗО - 2 шт., кресло компьютерное 7873 A2S – 4 шт.

Оборудование:

верстак для лазерной установки – 1 шт., комплекс лазерный Speedy-100R С 25 – 1 шт., комплекс лазерный МиниМаркер 2-А4 – 1 шт., комплекс лазерный МиниМаркер 2-М20 – 1 шт., система ручной лазерной маркировки МиниМаркер 2 Р20 – 1 шт., анализатор АГПИМ-6 – 1 шт., термоскоп - 100 – НГ – 1 шт., ножницы рычажные – 1 шт., станок сверлильный – 1 шт.

Компьютерная техника:

ПЭВМ РАМЕС, ПЭВМ Кей Р911, ПЭВМ HP 6200 Pro тип 3, монитор ЖК Samsung 24.В учебном процессе используется комплект демонстрационных стендовых материалов.

### **8.2. Помещения для самостоятельной работы:**

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокляр – 1 шт., ноутбук HP Compaq 615 VC288EA – 1 шт., проектор изображения 1928 T2G – 1 шт., проектор NEC M363W – 1 шт., твердомер по Рюквеллу 210HR-150 – 1 шт., экран настенный 178×178 - 1 шт., компьютер HP 6200 Pro – 3 шт., ПЭВМ Р11 – 1 шт., ПЭВМ Кей Р911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожаный - 23 шт.

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

- Центр новых информационных технологий и средств обучения:
- 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.

#### **8.4 Лицензионное программное обеспечение:**

- Microsoft Windows 7 Professional
- Microsoft Open License 60799400
- Microsoft Office 2007 Professional Plus Microsoft Open License 46431107
- Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959
- Autodesk
- product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1
- с возможностью доступа к сети «Интернет»
- Trotec JobControl 10.1.0.1. «S1-2R79» с возможностью доступа к сети «Интернет»
- Microsoft Office 2010 Standard Microsoft Open License 60799400
- Kaspersky antivirus 6.0.4.142