

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

ОСНОВЫ ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Уровень высшего образования:	Бакалавриат
Направление подготовки:	22.03.01 Материаловедение и технологии материалов
Направленность (профиль):	Материаловедение и технологии новых материалов
Квалификация выпускника:	Бакалавр
Форма обучения:	очная
Составитель:	доцент Ганзуленко О.Ю.

Рабочая программа дисциплины «Основы лазерной обработки» разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки «22.03.01 Материаловедение и технологии материалов», утвержденного приказом Минобрнауки России № 701 от 02 июня 2020 г.;

- на основании учебного плана бакалавриата по направлению подготовки «22.03.01 Материаловедение и технологии материалов», направленность (профиль) «Материаловедение и технологии новых материалов».

Составитель _____ к.т.н. Ганзуленко О.Ю.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Материаловедения и технологии художественных изделий» от 09 февраля 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. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

- формирование у студентов уровня знаний в области современных методов и средств лазерной технологии;
- формирование навыков проводить инженерные оценки и расчеты лазерных технологических процессов и систем, поставить экспериментальный технологический процесс и грамотно эксплуатировать лазерные технологические установки.

Основные задачи дисциплины:

- изучение лазеров технологического назначения и оптических систем для работы с ними;
- освоение технологии лазерной обработки различных материалов, физических предпосылок и технических реализаций разнообразных применений лазеров в технологиях приборо- и машиностроения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Основы лазерной обработки» относится к дисциплинам «по выбору» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» направленность (профиль) «Материаловедение и технологии новых материалов» и изучается в 8 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Основы лазерной обработки» являются: «Физика», «Неорганическая химия», «Перенос энергии и массы, основы теплотехники и гидроаэродинамики», «Теория и технология термической и химико-термической обработки», «Технология материалов и покрытий», «Технология получения изделий в машиностроении».

Дисциплина «Основы лазерной обработки» является основополагающей для прохождения преддипломной практики и написания ВКР.

Особенностью дисциплины является получение навыков при практическом освоении технических средств и технологического оборудования современных лабораторий с применением лазерных технологий.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Основы лазерной обработки» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способность использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации	ПКС-3	ПКС-3.3. Применяет лазерное излучение в обработке материалов.

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способность использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями	ПКС-4	ПКС-4.6. Анализирует характеристики и технологические свойства лазерных установок для разработки технологических процессов изготовления деталей и узлов приборов с применением автоматизированных систем.
Готовность использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов	ПКС-5	ПКС-5.1. Знает закономерности, отражающие зависимость механических, физических, физико-химических и технологических свойств современных материалов от химического состава, структурного состояния и видов обработки.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Основы лазерной обработки» составляет 4 зачетные единицы, 144 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		8
Аудиторные занятия (всего), в том числе:	48	48
Лекции	24	24
Практические занятия (ПЗ)	8	8
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	60	60
Выполнение курсовой работы (проекта)	-	-
Подготовка к практическому занятию	15	15
Подготовка к лабораторным работам	45	45
Промежуточная аттестация - экзамен (Э)	36	Э (36)
Общая трудоемкость дисциплины		
	ак. час	144
	зач. ед.	4

4.2. Содержание дисциплины

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

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
1.	Раздел 1. Введение. Лазерное излучение и технологические лазеры.	22	6	2	2	12
2.	Раздел 2. Технологические особенности излучения лазера.	22	4	2	2	12
3.	Раздел 3. Системы лазерной обработки.	30	4	2	-	24
4.	Раздел 4. Методы лазерной обработки материалов.	34	8	2	12	12
	Итого:	108	24	8	16	60

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Введение. Лазерное излучение и технологические лазеры	Введение. Основные области применения лазеров. Физические процессы, возникающие на поверхности твердых тел, при лазерном нагреве. Основные характеристики лазерного излучения. Основные характеристики технологических лазеров. Лазерное оборудование для обработки материалов. Модели лазеров. Основные требования к параметрам технологических лазеров. Пространственная когерентность и направленность излучения. Временная когерентность и монохроматичность.	6
2.	Технологические особенности излучения лазера	Актуальность лазерного формообразования и его достоинства. Физико-технологические закономерности. Методы исследования, физические закономерности и технологические особенности процесса. Фокусировка лазерного излучения. Лазерное нагревание и процессы, сопутствующие ему фазовые переходы, химические реакции, структурные превращения. Специфика нагрева и остывания материала при действии сверхкоротких лазерных импульсов. Уравнение теплопроводности и краевые условия. Кинетика взаимосвязанных химических, оптических и теплофизических процессов.	4
3.	Системы лазерной обработки	Лазерные установки для резки, разделения и скрайбирования различных материалов. Газолазерная резка (ГЛР), общая схема процессов. Фигурная обработка поверхности (ФОП), гравировка и маркировка, изготовление рельефных поверхностных форм. Основные типы лазеров - CO ₂ и ИАГ и сферы их применения. Лазерная обработка излучением мощных лазеров (> 1	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоем- кость в ак. часах
		кВт). Роль гидродинамических и плазменных процессов. Физика кинжального проплавления. Основные типы мощных лазеров. Лазерные технологические установки для обработки пленок. Установки для лазерной термообработки. Лазерное оборудование для нанесения пленок.	
4.	Методы лазерной обработки материалов	Точность и качество формируемых отверстий, приемы их повышения. Лазерная резка, управляемое термораскалывание. Резка материалов легкой и текстильной промышленности — раскрой тканей, бумаги, кож, картона и т.п. Резка и скрайбирование полупроводниковых материалов. Лазерная сварка и ее сравнение с другими видами соединения материалов. Методика анализа процессов лазерной сварки, теплофизический анализ, выбор материалов и режимов. Роль технологических факторов при сварке. Сварка металлов с неметаллами. Основные требования к сварным соединениям. Лазерная пайка. Лазерные установки для сварки и герметизации приборов. Термоупрочнение материалов лазерным излучением. Лазерная термообработка керамических и металлокерамических материалов. Лазерное управление структурой металлических и неметаллических материалов. Термохимическая обработка поверхности: микролегирование, аморфизация. Лазерная микрометаллургия. Лазерная обработка пленочных элементов. Основные понятия о пленочных элементах и технологии их получения. Особенности воздействия излучения на пленки. Сущность и особенности лазерно-плазменного напыления. Напыления тугоплавких металлов, сложных полупроводников, получение многослойных структур типа сверхрешеток, высокотемпературных сверхпроводников, рентгеновских зеркал. Особенности поглощения и перераспределения лазерной энергии в полупроводниках. Основы воздействия лазерного излучения на стекло и стеклообразные материалы. Закалка и изменение микроструктуры стекол, плавление и сварка, абляция и испарение стекол. Лазерное скрайбирование, управляемое термораскалывание, гравировка и резка стекла. Сварка стекла лазерным излучением.	8
Итого:			24

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 1.	Расчеты пороговых энергетических характеристик лазера.	2
2.	Раздел 2.	Оптические схемы технологических лазеров	2
3.	Раздел 3.	Основные физические процессы лазерных технологий	2
4.	Раздел 4.	Расчет режима лазерной маркировки.	2
Итого:			8

4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Раздел	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1.	Раздел 1.	Определение типов лазеров для осуществления различных видов лазерной обработки	2
2.	Раздел 2.	Окисление поверхности металлов под воздействием лазерного излучения: пленочные технологии	2
3.	Раздел 4.	Поверхностная лазерная обработка металлов: маркирование	4
4.		Поверхностная лазерная термообработка металлов: расчет режима обработки для получения фазового перехода в различных металлах	2
5.		Поверхностная лазерная обработка пластиков: маркирование и резка	2
6.		Лазерная маркировка прозрачных и полупрозрачных материалов	4
Итого:			16

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

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.

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.

Лабораторные занятия. 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 (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. Оценочные средства для самостоятельной работы и текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Введение. Лазерное излучение и технологические лазеры

1. Какие фундаментальные явления взаимодействия фотонов с веществом используются для генерации лазерного излучения?

2. Запишите выражение, определяющее вероятность спонтанного, вынужденного излучения или поглощения фотона.

3. Расшифруйте аббревиатуру LASER.

4. Какие существуют схемы создания инверсии заселенности энергетических уровней?

5. На каких активных средах изготавливаются твердотельные лазеры?

6. Какова толщина скин-слоя для металлов?

Раздел 2. Технологические особенности излучения лазера.

1. Почему металлы обладают высокой отражательной способностью?

2. Почему неверно отдельно рассматривать процессы плавления и испарения вещества?

3. Каковы особенности структурных превращений при лазерном нагреве сталей?

4. Запишите уравнение теплопроводности для условий лазерной обработки.

5. Как зависят параметры субструктуры сталей и механические свойства от скорости движения фронта кристаллизации при лазерной обработке?

Раздел 3. Системы лазерной обработки.

1. Назовите виды лазерной обработки металлов и сталей.

2. Возможно ли лазерными методами модифицировать структуры для создания полупроводниковых материалов?

3. Каковы перспективы развития литейного производства в машиностроении?

4. Как происходит лазерное формообразование удалением материала?

5. Какое лазерное оборудование применяют для нанесения пленок?

Раздел 4. Методы лазерной обработки материалов.

1. Какие физические основы лазерного модифицирования структуры полупроводников?

2. Перечислите особенности поглощения и перераспределения лазерной энергии в полупроводниках.

3. Можно ли производить сварку стекла лазерным излучением?

4. Назовите преимущества лазерной сварки.

5. Применяется ли лазер для резки стеклянных труб?

6. Дайте характеристику процесса напыления тугоплавких металлов, сложных полупроводников.

7. Как можно получить многослойные структуры типа сверхрешеток, высокотемпературные сверхпроводники, рентгеновские зеркала, применяя лазерные технологии?

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену:

1. Для чего используется режим модуляции добротности?
2. Опишите конструкцию резонатора Фабри-Перо.
3. Какие типы лазеров способны вырабатывать высокую мощность в непрерывном режиме излучения?
4. Что такое центры окраски?
5. В каких лазерах существует возможность перестройки частоты излучения?
6. Какой способ накачки используется в газовых лазерах?
7. Какие лазеры способны осуществлять генерацию в УФ-диапазоне?
8. Какие лазеры обладают наибольшей мощностью в импульсном режиме?
9. Опишите принцип работы оптоволоконного лазера.
10. Объясните, почему полупроводниковые лазеры обладают наибольшей эффективностью.
11. Почему для стереолитографии необходимо использовать лазер с наименьшей длиной волны?
12. В чем заключается принцип селективного лазерного спекания порошков?
13. Что такое непрерывный режим лазерной обработки?
14. Какова форма зоны оплавления?
15. Что происходит с поверхностным слоем, когда достигается температура плавления?
16. Может ли на поверхности достигаться температура больше, чем температура кипения?
17. Что такое импульсный режим лазерной обработки?
18. Какова форма зоны оплавления при импульсной обработке?
19. Какие характерные пространственные и временные масштабы могут быть введены для импульсной обработки?
20. Оцените роль поверхностной энергии в процессе лазерной обработки порошковых материалов, основываясь на физической сути поверхностной энергии.
21. Каковы отличия в распределении температуры при непрерывной и импульсной обработке поверхностей образцов?
22. Проанализируйте влияние мощности излучения и скорости сканирования на глубину слоя, подвергнутого рекристаллизации при обработке сплошного образца.
23. Назовите особенности лазерного отжига.
24. Имеет ли лазерный отжиг перспективы применения?
25. Как происходит процесс управляемой кристаллизации и аморфизации кремния?
26. Перечислите основы воздействия лазерного излучения на стекло и стеклообразные материалы.
27. Опишите изменение микроструктуры стекол после закалки.
28. Назовите особенности процессов абляции и испарения стекол.
29. Объясните сущность лазерно-плазменного напыления.
30. Какие особенности имеет лазерно-плазменное напыление?
31. Назовите области применения лазеров в технологии обработки стекла.
32. Что такое лазерное скрайбирование?
33. Как происходит процесс управляемого термораскалывания?
34. Опишите процессы гравировки и резки стекла.

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Константа h обозначает:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Непостоянную высоту. 2. Постоянную Планка. 3. Постоянную высоту. 4. Водород
2.	Энергия $h\nu$ излученной волны определяется соотношением:	<ol style="list-style-type: none"> 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:	<ol style="list-style-type: none"> 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...	<ol style="list-style-type: none"> 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...	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фотона. 2. Протона. 3. Электромагнитного излучения. 4. Электрона.
6.	Рубиновыми лазерами являются...	<ol style="list-style-type: none"> 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:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Твердотельными. 2. Рубиновыми. 3. Газовыми. 4. Неодимовые.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
8.	Твердотельным лазерами являются...	<ol style="list-style-type: none"> 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. 4. Лазеры, у которых активной средой является кристалл $Y_2Al_3O_{12}$. 5. Лазеры, у которых активной средой является среда оптического усиления.
9.	Полупроводниковыми лазерами являются	<ol style="list-style-type: none"> 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, в которых накачка осуществляется напрямую из электрического тока.
10.	Газовыми лазерами являются:	<ol style="list-style-type: none"> 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, в которых накачка достигается при пропускании тока через газовую среду, называются. 4. Лазеры, в которых накачка осуществляется напрямую из электрического тока, называются.
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"> 1. Непрерывным. 2. Условно-непрерывным. 3. Режим модуляции добротности. 4. Псевдонепрерывный режим.
12.	Режим, в котором скорость накачки активной среды не зависит от времени, называется...	<ol style="list-style-type: none"> 1. Непрерывным. 2. Условно-непрерывным. 3. Режим модуляции добротности. 4. Псевдо-непрерывный режим.
13.	С помощью чего в акустооптическом модуляторе добротности возбуждается ультразвуковая волна?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пьезоэлектрический преобразователь. 2. Акустооптический преобразователь. 3. Резонатор. 4. Генератор.

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
14.	В качестве прибора модуляции добротности может использоваться	<ol style="list-style-type: none"> 1. Акустооптический модулятор добротности. 2. Пьезо-электрический модулятор добротности. 3. Ручной модулятор добротности. 4. Механический модулятор добротности.
15.	Что является необходимым условием для создания оптического квантового генератора	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие ослабляющей среды. 2. Наличие инертной среды. 3. Наличие усиливающей среды. 4. Отсутствие какой-либо среды.
16.	Какие два процесса лежат в основе многочисленных технологических процессов в области металлообработки	<ol style="list-style-type: none"> 1. Плавление и испарение 2. Сжатие и расширение 3. Увеличение прочности и охрупчивание 4. Полигонизация и отпуск
17.	Лазерами на свободных электронах являются	<ol style="list-style-type: none"> 1. Лазеры, в которых свободные электроны высокой энергии, полученные в ускорителях элементарных частиц и испускающие когерентное излучение называются. 2. Лазеры у которых активной средой является кристалл Al_2O_3. 3. Лазеры у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло. 4. Лазеры у которых активной средой является кристалл $Y_2Al_3O_{12}$.
18.	Лазеры работающие в когерентной генерации в рентгеновском диапазоне называются	<ol style="list-style-type: none"> 1. Твердотельными. 2. Рубиновыми. 3. Рентгеновскими лазерами. 4. Газовыми.
19.	Лазеры, в которых свободные электроны высокой энергии, полученные в ускорителях элементарных частиц и испускающие когерентное излучение называются	<ol style="list-style-type: none"> 1. Лазерами на свободных электронах. 2. Лазеры у которых активной средой является кристалл Al_2O_3. 3. Лазеры у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло. 4. Лазеры у которых активной средой является кристалл $Y_2Al_3O_{12}$.
20.	Плавление и испарение лежат в основе	<ol style="list-style-type: none"> 1. Технологических процессов в области металлообработки. 2. Технологических процессов в области обработки полимеров. 3. Технологических процессов в области обработки керамических материалов. 4. Технологических процессов в области

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		обработки наноматериалов.

Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Рентгеновскими лазерами являются	<ol style="list-style-type: none"> 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, работающие в когерентной генерации в рентгеновском диапазоне.
2.	К тепловым процессам относятся:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Десорбция молекул, термоэлектронная эмиссия, термоионная эмиссия, эмиссия нейтральных атомов 2. Плавление, испарение, рекристаллизация, термообработка и т.д. 3. Электрохимическое осаждение, окисление, восстановление и т.д. 4. Тепловое расширение, термоупругие напряжения и т.д.
3.	Плавление, испарение, рекристаллизация, термообработка относятся к	<ol style="list-style-type: none"> 1. Эмиссионным процессам 2. Тепловым процессам 3. Поверхностным химическим реакциям 4. Термомеханическим и вольтагическим эффектам
4.	К поверхностным химическим реакциям относятся процессы:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Десорбция молекул, термоэлектронная эмиссия, термоионная эмиссия, эмиссия нейтральных атомов 2. Плавление, испарение, рекристаллизация, термообработка и т.д. 3. Электрохимическое осаждение, окисление, восстановление и т.д. 4. Тепловое расширение, термоупругие напряжения и т.д.
5.	Электрохимическое осаждение, окисление, восстановление относятся к	<ol style="list-style-type: none"> 1. Эмиссионным процессам 2. Тепловым процессам 3. Поверхностным химическим реакциям 4. Термомеханическим и вольтагическим эффектам.
6.	К термомеханическим и вольтагическим эффектам относятся:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Десорбция молекул, термоэлектронная эмиссия, термоионная эмиссия, эмиссия нейтральных атомов 2. Плавление, испарение, рекристаллиза-

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		<p>ция, термообработка и т.д.</p> <p>3. Электрохимическое осаждение, окисление, восстановление и т.д.</p> <p>4. Тепловое расширение, термоупругие напряжения и т.д.</p>
7.	Лазеры, в которых свободные электроны высокой энергии, полученные в ускорителях элементарных частиц и испускающие когерентное излучение, называются	<p>1. Лазерами на свободных электронах.</p> <p>2. Лазеры, у которых активной средой является кристалл Al_2O_3.</p> <p>3. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</p> <p>4. Лазеры, у которых активной средой является кристалл $Y_2Al_3O_{12}$.</p>
8.	Лазерами на свободных электронах являются	<p>1. Лазеры, в которых свободные электроны высокой энергии, полученные в ускорителях элементарных частиц и испускающие когерентное излучение, называются.</p> <p>2. Лазеры, у которых активной средой является кристалл Al_2O_3.</p> <p>3. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</p> <p>4. Лазеры, у которых активной средой является кристалл $Y_2Al_3O_{12}$.</p>
9.	Рентгеновскими лазерами являются	<p>1. Лазеры, у которых активной средой является кристалл Al_2O_3.</p> <p>2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</p> <p>3. Лазеры, у которых активной средой является кристалл $Y_2Al_3O_{12}$.</p> <p>4. Лазеры, работающие в когерентной генерации в рентгеновском диапазоне.</p>
10.	Тепловое расширение, термоупругие напряжения относятся к	<p>1. Эмиссионным процессам</p> <p>2. Тепловым процессам</p> <p>3. Поверхностным химическим реакциям</p> <p>4. Термомеханическим и вольтатическим эффектам.</p>
11.	Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло называются	<p>1. Твердотельными.</p> <p>2. Рубиновыми.</p> <p>3. Газовыми.</p> <p>4. Неодимовые.</p>
12.	Константа h обозначает:	<p>1. Непостоянную высоту.</p> <p>2. Постоянную Планка.</p> <p>3. Постоянную высоту.</p> <p>4. Водород.</p>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
13.	Газовыми лазерами являются	<ol style="list-style-type: none"> 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, в которых накачка достигается при пропускании тока через газовую среду. 4. Лазеры, в которых накачка осуществляется напрямую из электрического тока называются.
14.	В газовых лазерах (не CO_2) в качестве среды накачки используются	<ol style="list-style-type: none"> 1. Инертные газы. 2. Водород. 3. Кислород. 4. Азот.
15.	Атом, находящийся в состоянии с наименьшей энергией на основном уровне, будет оставаться на нем до тех пор...	<ol style="list-style-type: none"> 1. Пока на него не действуют 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.
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"> 1. Фотона. 2. Протона. 3. Электромагнитного излучения. 4. Электрона.
17.	Продолжите фразу: «При вынужденном (индуцированном) излучении при переходе атома с одного энергетического уровня на другой электромагнитная волна...»	<ol style="list-style-type: none"> 1. Добавится к падающей волне. 2. Аннигилируется с падающей волной. 3. Войдет в противофазу с падающей волной. 4. Погасит падающую волну.
18.	Явление вынужденного излучения – это...	<ol style="list-style-type: none"> 1. Разность электромагнитных волн падающего излучения и излучения испускаемого при переходе электрона на новый энергетический уровень. 2. Произведение электромагнитных волн падающего излучения и излучения испускаемого при переходе электрона на новый энергетический уровень. 3. Равенство электромагнитных волн падающего излучения и излучения испускаемого при переходе электрона на новый энергетический уровень. 4. Сумма электромагнитных волн падающего излучения и излучения испускаемого при переходе электрона на новый энерге-

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		тический уровень.
19.	В случае вынужденного излучения...	<ol style="list-style-type: none"> 1. излучение любого атома добавляется к излучению падающей волны в противофазе. 2. излучение любого атома добавляется к излучению падающей волны в той же фазе. 3. излучение любого атома вычитается из падающего излучения . 4. излучение любого атома умножается на излучение падающей волны в той же фазе.
20.	Что является необходимым условием для создания оптического квантового генератора	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наличие ослабляющей среды. 2. Наличие инертной среды среды. 3. Наличие усиливающей среды. 4. Отсутствие какой-либо среды.

Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Активная среда располагается между:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Двумя зеркалами (оба зеркала не прозрачны). 2. Двумя зеркалами (непрозрачное и полупрозрачное зеркало). 3. Двумя зеркалами (оба зеркала полупрозрачные). 4. Между тремя зеркалами.
2.	Выходное излучение из активной среды выходит через:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Полупрозрачное зеркало. 2. Непрозрачное зеркало. 3. Через фокусирующую линзу. 4. Через поляризационный фильтр.
3.	Скоррелированность (согласованность) нескольких колебательных или волновых процессов во времени, проявляющаяся при их сложении	<ol style="list-style-type: none"> 1. Когерентностью. 2. Монохроматичностью. 3. Направленностью. 4. Яркостью.
4.	Когерентность – это...:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Светоизмерительная величина светимости. 2. Скоррелированность (согласованность) нескольких колебательных или волновых процессов во времени, проявляющаяся при их сложении. 3. Строгая направленность, характеризующая очень малой расходимостью светового луча называется. 4. Свойство электромагнитной волны находиться в одной определённой и строго постоянной частоте из диапазона частот

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

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
		<p>процессов во времени, проявляющаяся при их сложении.</p> <p>3. Светоизмерительная величина светимости.</p> <p>4. Свойство электромагнитной волны находиться в одной определённой и строго постоянной частоте из диапазона частот называется.</p>
11.	Оптоволоконными лазерами являются	<p>1. Лазеры, у которых активной средой является кристалл Al_2O_3.</p> <p>2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</p> <p>3. Лазеры, у которых активной средой является кристалл $Y_2Al_3O_{12}$.</p> <p>4. Лазеры, у которых активной средой является среда оптического усиления.</p>
12.	Лазеры, в которых накачка осуществляется напрямую из электрического тока называются	<p>1. Твердотельными.</p> <p>2. Полупроводниковыми.</p> <p>3. Газовыми.</p> <p>4. Оптоволоконными.</p>
13.	Полупроводниковыми лазерами являются	<p>1. Лазеры, у которых активной средой является кристалл Al_2O_3.</p> <p>2. Лазеры, у которых активной средой является, либо диэлектрический кристалл, либо стекло.</p> <p>3. Лазеры, у которых активной средой является кристалл $Y_2Al_3O_{12}$.</p> <p>4. Лазеры, в которых накачка осуществляется напрямую из электрического тока.</p>
14.	Определите свойство, не относящееся к лазерному излучению	<p>1. Монохроматичность.</p> <p>2. Когерентность.</p> <p>3. Направленность.</p> <p>4. Контрастность.</p>
15.	Энергия $h\nu$ излученной волны определяется соотношением:	<p>1. $h\nu = E_2$.</p> <p>2. $h\nu = E_1$.</p> <p>3. $h\nu = E_2 - E_1$.</p> <p>4. $h\nu = (E_2 - E_1)/h$.</p>
16.	Определите свойство, относящееся к лазерному излучению	<p>1. Полихроматичность.</p> <p>2. Рассеянность.</p> <p>3. Контрастность.</p> <p>4. Когерентность.</p>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
17.	Какими из этих свойств обладает лазерное излучение: когерентность, направленность, яркость, полихроматичность	1. Всеми свойствами. 2. Первыми тремя. 3. Последними тремя. 4. Ни одним из перечисленных.
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

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамен)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий и лабораторных работ	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий и лабораторных работ	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий и лабораторных работ	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий и лабораторных работ
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 объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий и лабораторных работ	Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий и лабораторных работ	Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий и лабораторных работ	Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий и лабораторных работ
заданий			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 при тестовой форме проведения экзамена:

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

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Богданов, А.В. Теоретические основы лазерной обработки [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / А.В. Богданов, А.И. Мисюров, Н.А. Смирнова. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 23 с.

<https://e.lanbook.com/book/52096>

2. Лосев, В.Ф. Физические основы лазерной обработки материалов: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Ф. Лосев, Е.Ю. Морозова, В.П. Ципилев. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2011. — 199 с. <https://e.lanbook.com/book/10277>

3. Физические основы лазерной техники : учеб. пособие / Б.Н. Пойзнер. — 2-е изд., доп. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 160 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=859091>

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

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=441209>

7.1.2. Дополнительная литература

1. Афонькин, М.Г. Формирование цветных структур на поверхности металла лазерным излучением: монография / М.Г. Афонькин, Е.В. Ларионова. – Спб.: изд. СЗТУ, 2010. – 205с.: ил.

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>

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

3. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
4. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
5. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
6. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
7. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
10. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
11. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>
12. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
13. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»». <http://rucont.ru/>
14. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Аудитории для проведения лекционных занятий

Специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного и практического типа оснащена следующим оборудованием:

52 посадочных места

Стол аудиторный – 26 шт., стул аудиторный – 52 шт., доска настенная – 1 шт., кресло преподавателя – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., плакат – 5 шт., ИБП Protection Station 800 USB DIN – 1 шт., ноутбук 90NB0AQ2-M01400 – 1 шт., проектор XEED WUX450ST – 1 шт., стойка мобильная – 1 шт., экран SCM-16904 Champion – 1 шт.

Аудитории для проведения практических занятий

Специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного и практического типа оснащена следующим оборудованием:

52 посадочных места

Стол аудиторный – 26 шт., стул аудиторный – 52 шт., доска настенная – 1 шт., кресло преподавателя – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., плакат – 5 шт., ИБП Protection Station 800 USB DIN – 1 шт., ноутбук 90NB0AQ2-M01400 – 1 шт., проектор XEED WUX450ST – 1 шт., стойка мобильная – 1 шт., экран SCM-16904 Champion – 1 шт.

Аудитория для проведения лабораторных занятий

Специализированная аудитория, используемая при проведении лабораторных работ:

- 6 посадочных мест;

- мебель: стол аудиторный для студентов – 3 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 2 шт., стул ИЗО - 2 шт., кресло компьютерное 7873 A2S – 4 шт., кресло преподавателя – 1 шт.;

- оборудование: верстак для лазерной установки – 1 шт., комплекс лазерный Speedy-100R C 25 – 1 шт., комплекс лазерный МиниМаркер 2-A4 – 1 шт., комплекс лазерный МиниМаркер 2-M20 – 1 шт., система ручной лазерной маркировки МиниМаркер 2 P20 – 1 шт., анализатор АГПМ-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.

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

Специализированная аудитория, используемая при проведении занятий лекционного и практического типа оснащена следующим оборудованием:

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 кожзаме-
нитель - 23 шт.

Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Универ-
ситета.

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 (Ли-
цензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012).

Microsoft Office 2010 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License
60799400 от 20.08.2012).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-
12/17 от 11.12.17).

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный ком-
пьютер – 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 (Ли-
цензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012).

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License
46431107 от 22.01.2010).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-
12/17 от 11.12.17).

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный ком-
пьютер – 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 инстру-
ментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Ли-
цензионное соглашение Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011).

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License
46431107 от 22.01.2010).

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-
12/17 от 11.12.17).

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

Аудитории для проведения лекционных и практических занятий обеспечена следующими
лицензионными программами:

Microsoft Windows 8 Professional (ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 "На поставку компьютерной
техники"

Microsoft Office 2007 Professional Plus

Microsoft Open License 46431107

от 22.01.2010

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
Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17),
7-zip (свободно распространяемое ПО),
Foxit Reader (свободно распространяемое ПО),
Foxit Reader (свободно распространяемое ПО),
SeaMonkey (свободно распространяемое ПО),
Chromium (свободно распространяемое ПО), Java Runtime Environment (свободно распро-
страняемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (сво-
бодно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно рас-
пространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно
распространяемое ПО).