

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

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С ВЕЩЕСТВОМ

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

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Взаимодействие лазерного излучения с веществом»
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) «Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий».

Составитель _____ Д.т.н., проф. Пряхин Е.И..

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры материаловедения и технологии художественных изделий от 15.02.2023 г., протокол № 10.

Заведующий кафедрой _____ профессор, д.т.н. Е.И. Пряхин

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель преподавания дисциплины – формирование у студентов представлений о взаимодействии интенсивного излучения с веществом, ознакомление со специальным важнейшим научным разделом оптической физики.

Задачи дисциплины – дать студентам современные специальные знания с учетом последних научных достижений в области лазерных воздействий на вещество и увязать эти знания с другими дисциплинами направленности, а также научить производить специализированные расчеты при выполнении научно-исследовательских изысканий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению подготовки 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и изучается в 3 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» являются «Физические основы лазерного излучения»; «Теория электронного строения твердых тел»; «Диффузия в твердых телах».

Дисциплина «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий», «Основы термодинамики и термического анализа», «Композиционные материалы и покрытия».

Особенностью дисциплины является получение знаний в области фундаментальных фотофизических процессов, происходящих в веществе (в первую очередь – в конденсированных средах) при воздействии интенсивных световых потоков различных длительностей и длин волн).

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

Процесс изучения дисциплины «Взаимодействие лазерного излучения с веществом» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
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 ноу-хау.	ПКР-2	ПКР-2.1. Знать основы современного материаловедения, методы научных исследований, методики экспериментальных исследований.
		ПКР-2.2. Уметь анализировать результаты научных исследований с использованием современных методов обработки данных, формулировать выводы.
		ПКР-2.3. Владеть навыками оформления результатов исследований в виде отчета, научной публикации, доклада, готовить документы к патентованию, оформлению ноу-хау.

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен анализировать технологии получения, обработки материалов и изделий из них; формулировать рекомендации по повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции.	ПКР-4	ПКР-4.1. Знать основные технологии производства, обработки материалов и изделий из них, методы анализа и контроля качества продукции.
		ПКР-4.2. Уметь выполнять расчеты технологических параметров оборудования, анализировать и контролировать качество продукции.
		ПКР-4.3. Владеть навыками разработки рекомендаций по повышению конкурентоспособности выпускаемой продукции на основе энерго- и ресурсосбережений.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 4 зачётных единицы, 144 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		3
Аудиторная работа, в том числе:	45	45
Лекции (Л)	15	15
Практические занятия (ПЗ)	15	15
Лабораторные работы (ЛР)	15	15
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	63	63
Выполнение курсовой работы (проекта)	-	-
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат	13	13
Подготовка к практическим занятиям	15	15
Подготовка к лабораторным занятиям	15	15
Работа с литературой	20	20
Промежуточная аттестация – экзамен (Э)	36	36
Общая трудоёмкость 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

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
Раздел 1 «Механизмы поглощения и диссипации энергии в среде»	14	2	4	-	8
Раздел 2 «Поверхностные электромагнитные волны (пэв) и поглощение лазерного излучения»	19	2	2	5	10
Раздел 3 «Лазерные термохимические процессы окисления поверхности металлов»	15	2	4	-	9
Раздел 4 «Влияние плазмы оптического разряда на эффективность энерговыклада в материал»	15	2	-	5	8
Раздел 5 «Поглощающие покрытия»	14	2	2	-	10
Раздел 6 «Нагрев вещества лазерным излучением»	21	3	3	5	10
Раздел 7 «Стереолитография»	10	2	-	-	8
Итого:	108	15	15	15	63

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Введение. Механизмы поглощения и диссипации энергии в среде.	Поглощение электромагнитных волн в среде. Отражение и поглощение излучения средой с плоской поверхностью.	2
2	Поверхностные электромагнитные волны (ПЭВ) и поглощение лазерного излучения	Поверхностные электромагнитные волны. Размерно-ориентационные зависимости при резонансной генерации ПЭВ. Поверхностные периодические структуры (ППС).	2
3	Лазерные термохимические процессы окисления поверхности металлов	Интерференционные явления (когерентность излучения). Влияние поляризации на термохимические процессы при наклонном падении. Неоднородности растущего окисного слоя.	2
4	Влияние плазмы оптического разряда на эффективность энерговыклада в материал	Фокусировка лазерного излучения. Приповерхностная плазма: эрозионный факел (ЭФ) продуктов разрушения мишени; оптический разряд в парах (ОПР) мишени; оптический разряд в газе (ОРГ), окружающем мишень.	2
5	Поглощающие покрытия	Методы определения и сравнения эффективности поглощающих покрытий. Углеродистые покрытия. Оксидные пленки. Фосфатные покрытия. Водорастворимые полимерные покрытия.	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
6	Нагрев вещества лазерным излучением	Теплофизические постоянные. Одномерная модель нагрева полубесконечной среды. Критическая плотности мощности испарения (кипения). Режимы лазерной закалки сталей и чугунов. Влияние сил поверхностного натяжения на гидродинамику зоны расплава при лазерном нагреве. Нагрев с изменениями фазового состояния.	3
7	Стереолитография	3D-проектирование. Лазерная фотополимеризация. Импульсное излучение. Лазерный пучок с гауссовым распределением интенсивности. Лучевая прочность оптических материалов.	2
Итого:			15

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Наименование практических работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Инструкция по охране и технике безопасности при работе с технологическими лазерными установками	2
2		Проверка соотношения Хагена — Рубенсас экспериментальными данными.	2
3	Раздел 2	Анализ микрофотографий воздействия поверхностных электромагнитных волн.	2
4	Раздел 3	Расчет толщины оксидной пленки на сплавах в зависимости параметров лазерного комплекса и свойств сплавов.	4
5	Раздел 5	Анализ методов определения и сравнения эффективности поглощающих покрытий	2
6	Раздел 6	Закалка железноуглеродистых сплавов излучением лазера непрерывного действия. Расчет режимов.	3
Итого:			15

4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Наименование практических работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 2	Оптимизация режимов лазерной резки металлических материалов	5
2	Раздел 4	Сравнение эффективности и качества лазерной резки сталей с кислородом и неактивным газом	5
3	Раздел 6	Экспериментальное изучение процессов закалки сталей	5
Итого:			15

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 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 дифф. 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.

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. Механизмы поглощения и диссипации энергии в среде»

1. Какие три основных подхода к описанию явлений, связанных с взаимодействием оптического излучения с веществом вы знаете?
2. Что понимается под системой уравнений Максвелла?
3. Зачем нужны материальные уравнения?
4. Какие электромагнитные волны называются плоскими?
5. Какую среду характеризуют комплексные диэлектрическая проницаемость и показатель преломления?
6. Что характеризует коэффициент экстинкции?
7. Что называют законом дисперсии?
8. Что характеризует плазменная (ленгмюровская) частота?
9. Что такое аномальная дисперсия?

Раздел 2. «Поверхностные электромагнитные волны (ПЭВ) и поглощение лазерного излучения»

1. Чем поверхностная электромагнитная волна отличается от объемной электромагнитной волны?
2. Каково условие существования и распространения поверхностной электромагнитной волны может вдоль границ раздела двух сред?
3. Какую среду принято называть поверхностно-активной?

4. Почему для возбуждения поверхностной электромагнитной волны нужны специальные условия?

5. Назовите разработанные к настоящему времени эффективные методы возбуждения ПЭВ светом?

6. Чем обусловлен практический интерес к ПЭВ и другим поверхностным электромагнитным возбуждениям?

Раздел 3. «Лазерные термохимические процессы окисления поверхности металлов»

1. Какой механизм поглощения света в металлах является основным в ИК и видимой области спектра?

2. Как называется частота продольных колебаний «электронного» газа в металле?

3. Почему коэффициент отражения металлов достигает больших величин?

4. Почему поглощательная способность металлов резко возрастает, когда частота падающего излучения превышает частоту плазменных колебаний электронов?

5. Что такое скин-эффект?

6. Какой вид взаимодействия лазерного излучения определяет оптические свойства металла в ИК и видимой области спектра?

7. Каким процессом определяется релаксация избыточной тепловой энергии электрона?

8. При каких условиях можно считать, что электроны в металле свободны?

Раздел 4. «Влияние плазмы оптического разряда на эффективность энерговыклада в материал»

1. Какова физическая природа плазменных колебаний в твердом теле?

2. Какую квазичастицу принято называть плазмоном?

3. Перечислите основные явления, сопровождающие образование плазмы при фотоионизации газа?

4. Чем обусловлена принципиальная возможность многофотонного перехода электрона из одного связанного состояния в другое?

5. Почему многофотонное поглощение не имеет порога по плотности мощности лазерного излучения?

6. В чем состоит упрощенный процесс ускорения свободного электрона в поле электромагнитной волны?

7. Какие процессы определяют возникновение электронной лавины?

8. Почему при заданной длительности лазерного импульса должно существовать пороговое значение интенсивности излучения для возникновения лавинной ионизации?

9. Можно ли считать механизм изменения поглощения в случае идеально чистых материалов похожим на механизм изменения поглощения в газах?

10. Чем обусловлено изменение поглощения реального прозрачного твердого тела под действием лазерного излучения?

Раздел 5. «Поглощающие покрытия»

1. Для чего нужны поглощающие покрытия?

2. Что должны обеспечить интенсивность падающего лазерного излучения и время нагрева?

3. Перечислите основные требования в поглощающим покрытиям.

4. Перечислите методы определения и сравнения эффективности поглощающих покрытий.

5. Перечислите основные виды поглощающих покрытий.

Раздел 6. «Нагрев вещества лазерным излучением»

1. Какие тепловые задачи могут быть решены при расчетах распространения тепла при лазерном нагреве материала?

2. Какими теплофизическими постоянными используются при расчетах распространения тепла при лазерном нагреве материала?

3. Как можно рассчитать режимы лазерной закалки сталей и чугунов?

4. Перечислите основные физические процессы и эффекты в парогазовом канале.

Раздел 7. «Стереолитография»

1. Что лежит в основе стереолитографии?

2. Что позволяет проводить спектральная селективность?
3. В чем суть подхода в методе прямого лазерного рисования?
4. Каким образом выбираются параметры фотоинициирования?
5. В чем заключается особенность лазерной полимеризации?
6. С какими параметрами в математическом соотношении связана доза облучения D ?

6.1.1. Примерные темы рефератов

1. Оптические характеристики вещества.
2. Гидродинамика зоны расплава при лазерном нагреве.
3. Разделение изотопов.
4. Лазерная фотохимия.
5. Взаимодействие лазерного излучения с биологическими тканями.
6. Принцип работы лазера.
7. Скин-слой и оптические свойства металлов.
8. Свойства лазерного излучения.
9. Типы лазеров.
10. Лазерные технологии.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

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

1. Поглощение электромагнитных волн в среде.
2. Поглощение света проводниками (металлами).
3. Поглощение света диэлектриками.
4. Поглощение света полупроводниками.
5. Отражение и поглощение излучения средой с плоской поверхностью.
6. Отражение и преломление плоской электромагнитной волны.
7. Поверхностные электромагнитные волны.
8. Размерно-ориентационные зависимости при резонансной генерации ПЭВ.
9. Поверхностные периодические структуры (ППС).
10. Интерференционные явления (когерентность излучения).
11. Влияние поляризации на термохимические процессы при наклонном падении.
12. Неоднородности растущего окисного слоя.
13. Влияние плазмы оптического разряда на эффективность энерговыклада в материал.
14. Фокусировка лазерного излучения.
15. Эрозионный факел (ЭФ) продуктов разрушения мишени.
16. Оптический разряд в парах (ОПР) мишени.
17. Оптический разряд в газе (ОРГ), окружающем мишень.
18. Поглощающие покрытия.
19. Методы определения и сравнения эффективности поглощающих покрытий.
20. Углеродистые покрытия.
21. Оксидные пленки.
22. Фосфатные покрытия.
23. Водорастворимые полимерные покрытия.
24. Нагрев вещества лазерным излучением.
25. Теплофизические постоянные.
26. Одномерная модель нагрева полубесконечной среды.
27. Критическая плотности мощности испарения (кипения).
28. Режимы лазерной закалки сталей и чугунов.
29. Влияние сил поверхностного натяжения на гидродинамику зоны расплава при лазерном нагреве.
30. Нагрев с изменениями фазового состояния.
31. Стереолитография. 3D-проектирование.

32. Лазерная фотополимеризация.
33. Лазерный пучок с гауссовым распределением интенсивности.
34. Лучевая прочность оптических материалов.
35. Основные механизмы разрушения различных типов материалов.

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену.

Вариант 1

1.	Электронное строение атома металла включает:	<ol style="list-style-type: none"> 1. положительно заряженное ядро и отрицательно заряженные электроны. 2. отрицательно заряженное ядро и положительно заряженные электроны. 3. отрицательно заряженное ядро и отрицательно заряженные электроны. 4. положительно заряженное ядро и нейтрально заряженные электроны.
2.	Количество протонов, заряд ядра и число электронов соответствуют	<ol style="list-style-type: none"> 1. валентности элемента — числу химических связей, которые образует один атом данного элемента в данной молекуле. 2. порядковому номеру металла в периодической таблице Д.И. Менделеева. 3. степени окисления — это условный заряд атома в соединении, вычисленный в предположении, что все связи в соединении ионные. 4. VIII группе в таблице Д.И. Менделеева.
3.	Чем объясняется лёгкость отделения валентных электронов у металлов?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Металлы обладают высокими тепло- и электропроводностями, положительным температурным коэффициентом сопротивления, высокой пластичностью, ковкостью. 2. Большая часть металлов присутствует в природе в виде руд и соединений. 3. Электроны в металлических атомах расположены намного дальше от ядра, чем электроны неметаллов. 4. Потому что после извлечения руд они, как правило, подвергаются обогащению.
4.	Почему металлы всегда являются восстановителями в химических реакциях?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Металлы обладают характерными металлическими свойствами, такими, как высокие тепло- и электропроводность, положительный температурный коэффициент сопротивления, высокая пластичность, ковкость и металлический блеск. 2. Температуры плавления чистых металлов лежат в диапазоне от $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ртуть) до $3410\text{ }^{\circ}\text{C}$ (вольфрам). 3. Потому что металлы извлекают из земли в процессе добычи полезных ископаемых. 4. Электроны в металлических атомах расположены намного дальше от ядра, чем электроны неметаллов.
5.	Кристаллическая решётка металлов состоит из	<ol style="list-style-type: none"> 1. из повторяющихся комплексов атомов — элементарных кристаллических ячеек, которые бывают трёх видов: кубическая объёмно-

		<p>центрированная (ОЦК), кубическая гранецентрированная, гексагональная плотноупакованная.</p> <p>2. из кварков, фотонов и позитронов.</p> <p>3. из соединения, содержащего сложные ионы.</p> <p>4. из соединений, содержащих катионы с минимальной положительной степенью окисления.</p>
6.	При взаимодействии с кислородом металлы образуют	<p>1. соли</p> <p>2. оксиды</p> <p>3. кислоты</p> <p>4. щелочи</p>
7.	Наиболее активные металлы находятся в	<p>1. III и V группах таблицы Менделеева</p> <p>2. I и VIII группах таблицы Менделеева</p> <p>3. I и II группах таблицы Менделеева</p> <p>4. VII и VIII группах таблицы Менделеева</p>
8.	Чем объясняются восстановительные свойства металлов?	<p>1. Наличием р-орбитали</p> <p>2. Наличием свободных электронов в кристаллической решётке</p> <p>3. Небольшим расстоянием между ядром и электронами</p> <p>4. Большим расстоянием между ядром и электронами</p>
9.	Какой металл не реагирует с кислородом?	<p>1. Платина</p> <p>2. Литий</p> <p>3. Кальций</p> <p>4. Калий</p>
10.	При охлаждении, объем тела уменьшается. Это связано с	<p>1. тем, что механическими усилиями можно уменьшить или увеличить расстояние между частицами вещества.</p> <p>2. Тем, что вещество состоит из частиц, и между этими частицами есть определенные промежутки. С помощью охлаждения или нагрева можно уменьшить или увеличить эти промежутки</p> <p>3. тем, что при сжатии под давлением молекулы сближаются и вещество занимает меньший объем</p> <p>4. тем, что при растяжении в тисках испытательной машины увеличивается расстояние между атомами предмета</p>
11.	Атом имеет сложную структуру. Он представляет собой	<p>1. соединение молекул</p> <p>2. совокупность катионов</p> <p>3. положительно заряженное ядро, окруженное облаком легких частичек — электронов, имеющих отрицательный заряд</p> <p>4. электронное облако</p>
12.	Молекулой называется	<p>1. частица, которая принимает электроны в ходе химической реакции</p> <p>2. простое вещество-неметалл с наиболее сильными окислительными свойствами</p> <p>3. сложное вещество, в составе которого есть ионы металлов или неметаллов</p> <p>4. наименьшая частичка вещества, имеющая его основные химические свойства и состоящая из атомов.</p>

13.	Атом имеет размеры порядка	<ol style="list-style-type: none"> 1. ангстрема (один ангстрем равен 10^{-10} м) 2. нанометра 3. эксаметр (10^{18} м) 4. пикометр 10^{-12} м
14.	Атом —	<ol style="list-style-type: none"> 1. Электронная оболочка, размер которой определяет радиус всего атома. 2. это наименьшая, химически неделимая, электронейтральная частица элемента, которая состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженной электронной оболочки. 3. субатомная частица. 4. это положительно заряженные протоны и электронейтральные нейтроны.
15.	Нуклоны —	<ol style="list-style-type: none"> 1. это сложные вещества. 2. электронная оболочка, размер которой определяет радиус всего атома. 3. это положительно заряженные протоны и электронейтральные нейтроны. 4. химически неделимые частицы, которые сохраняются при химических реакциях, но при этом частично может меняться строение электронной оболочки.
16.	Процесс принятия электронов называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. процессом окисления. 2. процессом ионизации. 3. процессом самовозгорания. 4. процессом восстановления.
17.	Процесс отдачи электронов называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. процессом окисления 2. процессом горения 3. процессом восстановления 4. процессом ионизации
18.	В окислительно – восстановительной реакции окислитель	<ol style="list-style-type: none"> 1. изменяет степени окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ (или ионов веществ). 2. принимает электроны, при этом степень окисления понижается. 3. отдает электроны, при этом степень окисления повышается. 4. может иметь только нулевое значение степени окисления.
19.	В окислительно-восстановительной реакции восстановитель	<ol style="list-style-type: none"> 1. принимает электроны, при этом степень окисления понижается. 2. изменяет степени окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ (или ионов веществ). 3. отдает электроны, при этом степень окисления повышается. 4. может иметь нулевое и отрицательное значения степени окисления.
20.	Ионы -	<ol style="list-style-type: none"> 1. это наименьшая частица вещества, которая способна самостоятельно существовать и имеет все химические свойства вещества. 2. вспомогательная условная величина для записи

		<p>процессов окисления, восстановления и окислительно-восстановительных реакций.</p> <p>3. это вещество, которое содержит элемент в максимальной степени окисления.</p> <p>4. электрически заряженные частицы, образующиеся при потере или присоединении электронов (или других заряженных частиц) атомами или группами атомов.</p>
--	--	---

Вариант 2

1.	Образование химической связи подчиняется закону:	<p>1. Кулона</p> <p>2. Ома</p> <p>3. Бойля-Мариотта</p> <p>4. Авогадро</p>
2.	Валентные электроны –	<p>1. это совокупность электронов.</p> <p>2. самые подвижные, именно они и участвуют в образовании химической связи; это «верхние» электроны, которые дальше всех остальных находятся от ядра и притягиваются им слабее, чем остальные; имеют наименьшую энергию.</p> <p>3. это реально существующие природные объекты, что подтверждается многими экспериментально доказанными фактами.</p> <p>4. частицы с зарядами q_1 и q_2, которые находятся на расстоянии r друг от друга.</p>
3.	Металлы	<p>1. элементы, которым выгоднее присоединить к себе несколько электронов, согласно правилу октетов.</p> <p>2. химические элементы с типично неметаллическими свойствами, которые занимают правый верхний угол Периодической системы.</p> <p>3. элементы, у которых на внешнем уровне мало электронов и им проще их отдать, чтобы замкнуть оболочку по правилу октетов.</p> <p>4. элементы, которые образуют р-элементы, а также водород и гелий, являющиеся s-элементами.</p>
4.	Неметаллы	<p>1. вещества, которые обладают высокой электро- и теплопроводностью, ковкостью, пластичностью и металлическим блеском.</p> <p>2. один из классов элементов, которые, в отличие от неметаллов (и металлоидов), обладают характерными металлическими свойствами.</p> <p>3. образуют все s-элементы, все d-элементы, все f-элементы и все р-элементы, находящиеся в длиннопериодной таблице левее и ниже границы В - At.</p> <p>4. элементы, которым выгоднее присоединить к себе несколько электронов, согласно правилу октетов.</p>
5.	Металлы склонны	1. отдавать электроны

		<ol style="list-style-type: none"> 2.принимать электроны 3.присоединять электроны 4.не вступать в химические реакции
6.	Когда атомы металлов отдают свои валентные электроны во внешнее пространство	<ol style="list-style-type: none"> 1.протоны превращаются в электроны взамен улетевших. 2. сами они ионизируются – превращаются в положительно заряженные частицы – катионы. 3.происходит эндотермическая реакция. 4.происходит экзотермическая реакция.
7.	Диполем называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. единственный источник энергии взаимодействия при растворении неполярных соединений в неполярных же растворителях, хотя они проявляются и в других случаях растворения. 2. энергия электростатического взаимодействия между ионами. 3. система из двух одинаковых по величине разноименных электрических зарядов, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. 4. ионизация веществ в полярных растворителях.
8.	Энергетическое состояние электрона в атоме	<ol style="list-style-type: none"> 1.описывают s, p, d, f – уровни. 2.описывают с помощью классической модели Бора. 3.описывают через изучение энергетических уровней. 4. описывают квантовыми числами n - главное, l - орбитальное, m_l - магнитное, m_s – спиновое.
9.	Главное квантовое число n описывает:	<ol style="list-style-type: none"> 1. среднее расстояние от орбитали до ядра; энергетическое состояние электрона в атоме. 2. ориентация электронного облака в пространстве 3. способ движения электрона вокруг своей оси 4. энергетический подуровень орбитали
10.	Орбитальное квантовое число описывает	<ol style="list-style-type: none"> 1. спин электрона 2. форму орбитали, которая зависит от n (главного числа). 3. размер электронного облака 4. способ движения электрона вокруг своей оси
11.	Магнитное квантовое число m описывает	<ol style="list-style-type: none"> 1. среднее расстояние от орбитали до ядра 2. энергетическое состояние электрона в атоме 3. ориентацию орбиталей в пространстве. 4. энергетический подуровень орбитали
12.	Спиновое квантовое число m _s описывает	<ol style="list-style-type: none"> 1. среднее расстояние от орбитали до ядра 2. энергетическое состояние электрона в атоме 3. ориентацию орбиталей в пространстве. 4. направление вращения электрона в магнитном поле - по часовой стрелке или против.
13.	Магнитное квантовое число m может принимать	<ol style="list-style-type: none"> 1. целочисленные значения в диапазоне от -1 до +1 (включая 0). 2. положительные целые числа: 1, 2, 3... 3.целочисленные значения от 0 до n-1. 4. значения квантовые числа для первых трех энергетических уровней

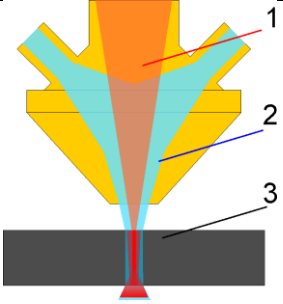
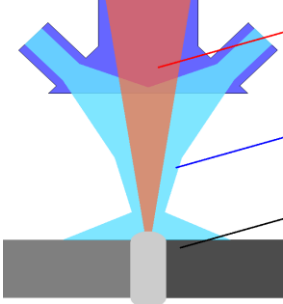
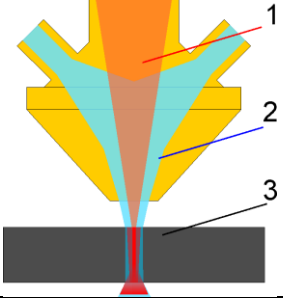
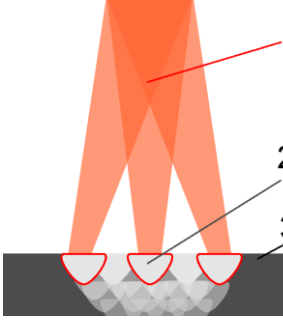
14.	Орбитальное число l может принимать	<ol style="list-style-type: none"> $+1/2$ и $-1/2$ целочисленные значения в диапазоне от нуля до $n-1$. целые числа от 0 до $+\infty$ значения натуральных чисел
15.	Энергия -	<ol style="list-style-type: none"> скорость выполнения работы общая количественная мера взаимодействия твёрдых тел. скалярная физическая величина, являющаяся единой мерой различных форм движения и взаимодействия материи, мерой перехода движения материи из одних форм в другие; способность выполнять работу. это термин, встречающийся во всех культурах и использующийся еще с древних времен для обозначения невидимой силы, заставляющей жить человеческое существо
16.	Мощность -	<ol style="list-style-type: none"> мера выполнения задания. понятие квантовой механики. векторная величина, равная отношению расстояния ко времени. скорость отдачи энергии.
17.	Фотон—	<ol style="list-style-type: none"> элементарная частица, квант электромагнитного излучения. Это безмассовая частица, способная существовать в вакууме только двигаясь со скоростью света. скалярная физическая величина, являющаяся единой мерой различных форм движения и взаимодействия материи, мерой перехода движения материи из одних форм в другие; способность выполнять работу единственный источник энергии взаимодействия при растворении неполярных соединений в неполярных же растворителях, хотя они проявляются и в других случаях растворения. неделимая часть какой-либо величины в физике; общее название определённых порций энергии.
18.	Квант—	<ol style="list-style-type: none"> гипотетическая частица гравитационного поля неделимая часть какой-либо величины в физике частица колебательного движения кристалла частица векторного поля в электродинамике
19.	Электрическое напряжение	<ol style="list-style-type: none"> количество зарядов, прошедших от А к В за время Δt сопротивление на участке А-В равно работе по переносу единичного заряда из точки А в точку В мощность
20.	Квантово-волновой дуализм—	<ol style="list-style-type: none"> раздел физики, изучающий наиболее общие свойства макроскопических систем и способы передачи и превращения энергии в таких систе-

		<p>мах.</p> <p>2. количественное выражение корпускулярно-волнового дуализма.</p> <p>3. это раздел теоретической физики, посвящённый изучению систем с произвольным числом степеней свободы. Изучаемые системы могут быть как классическими, так и квантовыми.</p> <p>4. свойство природы, состоящее в том, что материальные микроскопические объекты могут при одних условиях проявлять свойства классических волн, а при других — свойства классических частиц¹</p>
--	--	---

Вариант 3

1.	Квантовомеханическая теория движения электронов в твёрдом теле — это	<p>1. зонная теория твёрдого тела</p> <p>2. теория относительности</p> <p>3. раздел теоретической физики</p> <p>4. молекулярно-кинетическая теория</p>
2.	В соответствии с квантовой механикой энергетический спектр электронов ...	<p>1. не существует</p> <p>2. непрерывен</p> <p>3. дискретен</p> <p>4. статичен</p>
3.	Когерентность — это	<p>1. метод расчёта электронной структуры систем многих частиц в квантовой физике и квантовой химии.</p> <p>2. переход электрона из валентной зоны в зону проводимости.</p> <p>3. согласованность нескольких колебательных или волновых процессов во времени, проявляющаяся при их сложении. Колебания когерентны, если разность их фаз постоянна во времени, и при сложении колебаний получается колебание той же частоты.</p> <p>4. область естествознания: наука о простейших и вместе с тем наиболее общих законах природы, о материи, её структуре и движении.</p>
4.	Свет — это ... волна	<p>1. механическая</p> <p>2. продольная</p> <p>3. поперечная</p> <p>4. электромагнитная</p>
5.	Фотон может сообщить дополнительную энергию ...	<p>1. валентному электрону</p> <p>2. протону</p> <p>3. нейтрону</p> <p>4. зерну металла</p>
6.	Если электрон, обладающий избытком энергии, избавится от этого избытка энергии, перейдёт на более низкий разрешённый энергетический уровень, а избыток энергии в виде нового фотона улетит, то такой процесс называется ...	<p>1. термодинамическим</p> <p>2. испускание света.</p> <p>3. процесс декогеренции</p> <p>4. поглощение света</p>

7.	Если энергия фотона не равна разности энергий двух энергетических уровней, такой фотон	<ol style="list-style-type: none"> 1.отразится от поверхности 2.поглотится электроном атома 3. не поглотится электроном атома и пролетит мимо 4.попадёт в ядро атома
8.	Если фотон, энергия которого в точности равна разности энергий двух каких-либо уровней в атоме, передаст свою энергию электрону, сам при этом исчезнет, а электрон переберётся на более высокий энергетический уровень, то такой процесс называется ...	<ol style="list-style-type: none"> 1.отражением света. 2.поляризацией 3.дифракцией 4. поглощением света.
9.	Переходя из возбуждённого состояния в основное, атом излучает фотон с энергией	<ol style="list-style-type: none"> 1.$h\nu = E_2 - E_1$ 2. $E_n = mgh$ 3. $E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}$ 4. $E_k = (mv^2)/2$
10.	Валентные электроны атомов металлов – это	<ol style="list-style-type: none"> 1.отрицательно заряженные частицы 2. электроны внешнего энергетического уровня 3.электроны, расположенные наиболее близко к ядру атома 4.нейтрально заряженные частицы
11.	Атомные радиусы больше у металлов, неметаллов или переходных элементов	<ol style="list-style-type: none"> 1.переходных элементов 2.неметаллов 3. металлов 4.их атомные радиусы одинаковы
12.	Валентные электроны атомов металлов расположены на значительном удалении от ядра и, как следствие, связаны с ним слабее. По этой причине металлы характеризуются ... и легко отдают электроны	<ol style="list-style-type: none"> 1.высокой ионизацией 2.электростатическим потенциалом 3.энергетическими характеристиками энергетического поля 4. низкими потенциалами ионизации
13.	Электронное строение атома металла включает:	<ol style="list-style-type: none"> 1. положительно заряженное ядро и отрицательно заряженные электроны. 2.отрицательно заряженное ядро и нейтрально заряженные электроны 3.электроны и нейтроны 4.положительно заряженные электроны
14.	Лёгкость отделения валентных электронов объясняется	<ol style="list-style-type: none"> 1.отсутствием воздействия сил Кулона 2.большим атомным радиусом ядра у металлов 3.их большим количеством 4.кристаллическим строением решётки металла
15.	На рисунке изображен процесс лазерной резки 3- это	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обрабатываемый материал 2. Фокусирующая линза 3. Вспомогательный газ 4. Зеркало

		
16.	<p>На рисунке изображен процесс лазерной сварки 1- это</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1.Фокусирующая линза 2.Лазерное излучение 3.Вспомогательный газ 4.Зеркало
17.	<p>Какие виды термической обработки можно проводить с помощью лазера</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1.Закалка и отпуск 2.Отжиг 3.Химико-термическая обработка 4.Все перечисленные
18.	<p>На рисунке изображен процесс лазерной резки 2 - это</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1.Обрабатываемый материал 2.Фокусирующая линза 3.Вспомогательный газ 4.Зеркало
19.	<p>На рисунке изображен процесс лазерной микрообработки 2 – это</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1.Лазерное излучение 2.Обрабатываемый материал 3.Зеркало 4.Зона удаления материала
20.	<p>Металлы с покрытиями можно обрабатывать с помощью:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. волоконного лазера. 2. газового лазера.

	3. оба вида лазеров можно использовать. 4. при обработке данного материала лазер не используется.
--	--

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	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«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 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 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 ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Ю.М. Климков, В.С. Майоров, М.В. Хорошев. Взаимодействие лазерного излучения с веществом: учебное пособие. — М.: МИИГАиК, 2014. — 108 с.

<http://www.miiгаik.ru/upload/iblock/2fb/2fb9d53e46a7aae7eff545ce1ae56bfc.pdf>

2. Дьюли У. Лазерная технология и анализ материалов. Пер. с англ. - М.: Мир, 1986. - 504 с, ил. https://www.studmed.ru/dyuli-u-lazernaya-tehnologiya-i-analiz-materialov_f3488661fe4.html

3. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюрлов А.И. Технологические процессы лазерной обработки. М.: изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006. - 664 с.

https://www.studmed.ru/grigoryanc-ag-shiganov-in-misyurov-ai-tehnologicheskie-processy-lazernoy-obrabotki_68a2e35f5e9.html

4. Пряхин Е. И., Вологжанина С.А., Петкова А.П., Ганзуленко О.Ю. Наноматериалы и нанотехнологии. - Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-5373-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.

7.1.2. Дополнительная литература

1. Ф.Х. Мирзоев, В.Я. Панченко, Л.А. Шелепин. Лазерное управление процессами в твердом теле. УФН 166 3–32 (1996).

http://elibrary.lt/resursai/Uzsienio%20leidiniai/Uspechi_Fiz_Nauk/1996/01/r961a.pdf

2. Амитан Г.Л., Байсупов И.А., Барон Ю.М. Справочник по электрохимическим и электрофизическим методам обработки. Под общ. ред. В. А. Волосатова. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1988. — 719 с.: ил. https://www.studmed.ru/amitan-gl-baysupov-ia-baron-yum-spravochnik-po-elektrohimicheskim-i-elektrofizicheskim-metodam-obrabotki_d4424388d26.html

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. Либенсон М.Н., Яковлев Е.Б., Шандыбина Г.Д. Взаимодействие лазерного излучения с веществом (силовая оптика). Часть I. Поглощение лазерного излучения в твердых телах. Под общей редакцией Вейко В.П. Учебное пособие. Издание второе, переработанное и дополненное - Санкт-Петербург: СПб: Университет ИТМО, 2015, 2015. - 130 с.

<https://books.ifmo.ru/file/pdf/1905.pdf>

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

1. Сборник нормативной документации. <http://docs.cntd.ru>
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>
8. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
9. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань» <https://e.lanbook.com/books>.
10. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
11. Свободная энциклопедия Википедия: <https://ru.wikipedia.org>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Аудитории для проведения лекционных занятий (Учебный центр №1).

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокуляр – 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.

Аудитории для проведения практических занятий (Учебный центр №1).

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 бинокуляр – 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 P11 – 1 шт., ПЭВМ Кей P911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаме- нитель - 23 шт.

Аудитории для проведения лабораторных занятий (Учебный центр №1).

23 посадочных места Металлографический комплекс-1шт, микроскоп Метам РВ-22 (5) – 1 шт., микроскоп металлографический ЛабоМет-1 – 1 шт., микроскоп металлографический Лабо-Мет-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 P11 – 1 шт., ПЭВМ Кей P911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаме- нитель - 23 шт.

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 Лабо-Мет-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 P11 – 1 шт., ПЭВМ Кей P911 – 1 шт., стол аудиторный - 10 шт., стол компьютерный 1100×600×750 - 6 шт., стул черный кожзаме- нитель - 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:

- Пакеты прикладных программ Microsoft Office
- Microsoft Windows 7 Professional
- Microsoft Office 2007 Professional Plus
- Microsoft Windows XP Professional
- Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1 с возмож- ностью доступа к сети «Интернет»
- Microsoft Office 2010 Professional Plus Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.