

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И 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

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

| | |
|-------------------------------------|---|
| 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. |

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологий»
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. О.Ю. Ганзуленко

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:

– раскрытие природы и свойств наноматериалов, а также технологий их получения, разработки и способов исследования для наиболее эффективного использования их в машиностроении и других областях техники.

Основные задачи дисциплины:

- изучение физической сущности явлений, происходящих в наноматериалах при воздействии на них различных факторов в условиях производства и эксплуатации;
- изучение теории и практики различных способов исследования и создания наноматериалов;
- овладение принципами зависимости между составом, строением и свойствами наноматериалов;
- овладение способами влияния нанотехнологий на структуру и свойства современных материалов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физико-химические основы нанотехнологий» относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» направленность (профиль) «Материаловедение и технологии новых материалов» и изучается в 7 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Физико-химические основы нанотехнологий» являются: «Физика», «Органическая химия», «Физическая химия», «Общее материаловедение и технологии материалов», «Аналитическая химия», «Теория строения материалов», «Механические и физические свойства материалов», «Методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей».

Дисциплина «Физико-химические основы нанотехнологий» является основополагающей для дисциплин: «Методология выбора материалов и технологий в машиностроении», «Основы лазерной обработки» / «Теория пластичности», «Оборудование и автоматизация процессов тепловой обработки материалов».

Особенностью дисциплины является формирование представлений о применении наноматериалов в машиностроении с целью обеспечения высокой надежности и долговечности деталей машин, инструмента и других изделий.

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

Процесс изучения дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологий» направлен на формирование следующих компетенций:

| Формируемые компетенции по ФГОС ВО | | Основные показатели освоения программы дисциплины |
|--|-----------------|--|
| Содержание компетенции | Код компетенции | |
| Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные | ОПК-6 | ОПК-6.1. Выполняет комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертифицированные, процессов из |

| Формируемые компетенции по ФГОС ВО | | Основные показатели освоения программы дисциплины |
|---|-----------------|--|
| Содержание компетенции | Код компетенции | |
| технические средства и технологии | | производства, обработки и модификации. |
| Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, в соответствии с действующими нормативными документами в соответствующей отрасли | ОПК-7 | ОПК-7.1. Применяет методы химической идентификации; методы теоретического и экспериментального исследования в химии; расчеты по формулам соединений и уравнениям реакций |
| 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-3.2. Использует наноматериалы с целью обеспечения высокой надежности и долговечности деталей машин, инструмента и других изделий производства; ПКС-3.7. Производит теплотехнические расчеты процессов промышленных энергетических установок и устройств; анализирует процессы теплообмена в технологическом оборудовании; |
| 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-4.2. Владеет нормативными и методическими материалами для подготовки и оформления технических заданий о влиянии микро- и нано-структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями. |

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины «Физико-химические основы нанотехнологий» составляет 5 зачетных единиц, 180 ак. часов.

| Вид учебной работы | Всего ак. часов | Ак. часы по семестрам |
|--|-----------------|-----------------------|
| | | 7 |
| Аудиторные занятия (всего), в том числе: | 68 | 68 |
| Лекции | 34 | 34 |
| Практические занятия (ПЗ) | 17 | 17 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 17 | 17 |
| Самостоятельная работа студентов (СРС), в том | 76 | 76 |

| | | |
|--|------------|---------------|
| числе: | | |
| Подготовка к практическому занятию | 32 | 32 |
| Подготовка к лабораторным занятиям | 32 | 32 |
| Реферат | 12 | 12 |
| Промежуточная аттестация – экзамен (Э) | 36 | Э (36) |
| Общая трудоемкость дисциплины | | |
| ак. час | 180 | 180 |
| зач. ед. | 5 | 5 |

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 в дисциплину | 4 | 2 | - | - | 2 |
| 2. | Раздел 2. Особенности структуры наноматериалов | 18 | 4 | 6 | - | 8 |
| 3. | Раздел 3. Композиционные наноматериалы | 8 | 4 | - | - | 4 |
| 4. | Раздел 4. Методы исследования наноматериалов | 59 | 12 | 6 | 17 | 24 |
| 5. | Раздел 5. Технологии производства объемных нанокompозитов | 25 | 8 | 5 | - | 12 |
| 6. | Раздел 6. Особенности свойств объемных наноструктурных композиционных материалов | 6 | 2 | - | - | 4 |
| 7. | Раздел 7. Применение наноматериалов в машиностроении | 24 | 2 | - | - | 22 |
| | Итого: | 144 | 34 | 17 | 17 | 76 |

4.2.2. Содержание разделов дисциплин

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоемкость в ак. часах |
|-------|--------------------------------------|--|--------------------------|
| 1. | Введение в дисциплину | История развития нанотехнологий. Основные понятия нанотехнологий. Основные открытия в области нанотехнологий. Основные сферы применения нанотехнологий в современном мире. | 2 |
| 2. | Особенности структуры наноматериалов | Углеродные наноструктуры. Алмаз, графит. Карбин. Кластеры. Фуллерены. Углеродные нанотрубки. | 4 |

| № п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание лекционных занятий | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|--|--|-----------------------------|
| 3. | Композиционные наноматериалы | Общая характеристика и классификация композиционных материалов. Дисперсноупрочненные композиционные материалы. Волокнистые композиционные материалы. Слоистые композиты. Композиционные наноматериалы | 4 |
| 4. | Методы исследования наноматериалов | Электронная микроскопия. Сканирующая туннельная микроскопия. Метод постоянного тока. Метод постоянной высоты. Метод отображения работы выхода. Метод отображения плотности состояний. $I(z)$ спектроскопия. $I(v)$ спектроскопия. Сканирующая зондовая микроскопия. Контактные методики. Динамические контактные методы. "Полуконтактные" методы. Бесконтактные методы. Многопроходные методы. | 12 |
| 5. | Технологии производства объемных нанокompозитов | Основные методы получения консолидированных наноматериалов. Получение порошковых наночастиц. Химические методы. Физические методы. Механические методы. Консолидация объемных конструкционных нанокристаллически материалов. Наноструктурирование при кристаллизации аморфных сплавов. Наноструктурирование полимеров. | 8 |
| 6. | Особенности свойств объемных наноструктурных композиционных материалов | Физические свойства. Механические свойства. Примеры свойств отдельных объемных нанокompозитов. Стали. Титан и его сплавы. Алюминиевые сплавы. Твердые сплавы. Керамика. Полимеры. | 2 |
| 7. | Применение композитных наноматериалов в машиностроении | Использование нанокompозитных материалов в транспортном машиностроении. Использование нанокompозитов для военной техники. Использование нанокompозитов в космической технике. Использование композиционных наноматериалов в энергетическом машиностроении. | 2 |
| Итого: | | | 34 |

4.2.3. Практические занятия

| № п/п | Раздел | Тематика практических занятий | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|-----------|---|--------------------------|
| 1. | Раздел 2. | Аллотропные формы углерода. | 2 |
| 2. | | Кластеры. Размерный эффект. | 2 |
| 3. | | Способы получения нанотрубок. | 2 |
| 4. | Раздел 4. | Расчет распределения работы выхода электронов при работе с СТМ | 2 |
| 5. | | Расчет распределения плотности электронных состояний при работе с СТМ | 2 |
| 6. | | Расчет зависимости туннельного тока от расстояния зонд-образец при работе с СТМ | 2 |
| 7. | Раздел 5. | Определение скорости оседания частиц металлического порошка | 2 |
| 8. | | Расчет свободной поверхностной энергии частиц ультрадисперсного порошка | 2 |
| 9. | | Определение коэффициента диффузии мицелл | 1 |
| Итого: | | | 17 |

4.2.4. Лабораторные работы

| № п/п | Раздел | Тематика лабораторных работ | Трудоемкость в ак. часах |
|---------------|-----------|--|--------------------------|
| 1. | Раздел 2. | Фуллерены. Особенности строения. | 2 |
| 2. | | Однослойные углеродные нанотрубки. | 2 |
| 3. | | Определение параметров многослойной нанотрубки | 2 |
| 4. | Раздел 4. | Анализ снимков просвечивающей электронной микроскопии. | 2 |
| 5. | | Анализ изображений, полученных методом сканирующей растровой микроскопии. | 2 |
| 6. | | Изучение методик сканирующей туннельной микроскопии при помощи программного обеспечения. (с помощью флэш-моделей) | 2 |
| 7. | | Изучение методик сканирующей атомно-силовой микроскопии при помощи программного обеспечения. (с помощью флэш-моделей) | 2 |
| 8. | | Сравнительный анализ возможностей и преимуществ различных типов электронной микроскопии и требований подготовке образцов | 3 |
| Итого: | | | 17 |

4.2.5. Курсовая работа (проект)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

4.2.6. Темы для рефератов

1. Сверхпроводниковые наноматериалы.
2. Полупроводниковые наноматериалы.
3. Наноконпозиционные материалы в авиационной и космической технике.

4. Наноматериалы в вычислительной технике.
5. Наноустройства: молекулярные шестерни и насосы.
6. Нанокпозиционные износостойкие покрытия.
7. Биосовместимые наноматериалы.
8. Наноматериалы на основе полимеров.
9. Применение нанотехнологии в строительном материаловедении
10. Наноматериалы в энергетике: применение для создания солнечных батарей
11. Наноматериалы для медицины
12. Золь-гель синтез, золь-гель технологии наноматериалов.
13. Магнитные наноструктуры.
14. Использование нанотехнологий в автомобильной промышленности.
15. Использование наноматериалов для военной техники.
16. Теплозащитные покрытия.
17. Антифрикционные покрытия.
18. Коррозионно-стойкие покрытия.
19. Жаростойкие покрытия.
20. Металлополимерные покрытия с высокой электропроводностью и износостойкостью.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

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

Цели лекционных занятий:

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

Лабораторные 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.

Практические занятия. Цели практических занятий:

- совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

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

Консультации (текущая консультация, накануне 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 в дисциплину

1. История развития нанотехнологий.
2. Основные понятия нанотехнологий.
3. Основные открытия в области нанотехнологий.
4. Основные сферы применения нанотехнологий в современном мире.
5. Перспективы развития нанотехнологий.

Раздел 2. Особенности структуры наноматериалов

1. Углеродные наноструктуры.
2. Алмаз, графит.
3. Карбин.
4. Кластеры.
5. Фуллерены.
6. Углеродные нанотрубки.

Раздел 3. Композиционные наноматериалы

1. Общая характеристика и классификация композиционных материалов.
2. Дисперсноупрочненные композиционные материалы.
3. Волокнистые композиционные материалы.
4. Слоистые композиты.
5. Композиционные наноматериалы.

Раздел 4. Методы исследования наноматериалов

1. Электронная микроскопия.
2. Сканирующая туннельная микроскопия.
3. Метод постоянного тока.
4. Метод постоянной высоты.
5. Метод отображения работы выхода. Метод отображения плотности состояний..

Раздел 5. Технологии производства объемных нанокompозитов

1. Основные методы получения консолидированных наноматериалов.
2. Получение порошковых наночастиц.
3. Химические методы. Физические методы. Механические методы.
4. Консолидация объемных конструкционных нанокристаллически материалов.
5. Наноструктурирование при кристаллизации аморфных сплавов.

Раздел 6. Особенности свойств объемных наноструктурных композиционных материалов

1. Физические свойства.
2. Механические свойства.
3. Примеры свойств отдельных объемных нанокompозитов.
4. Стали.
5. Титан и его сплавы. Алюминиевые сплавы.

Раздел 7. Применение композитных наноматериалов в машиностроении

1. Использование нанокompозитных материалов в транспортном машиностроении.
2. Использование нанокompозитов для военной техники.
3. Использование нанокompозитов в космической технике.
4. Использование композиционных наноматериалов в энергетическом машиностроении.
5. Использование нанокompозитов в промышленности.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену:

1. В каком году японский ученый предложил термин «нанотехнологии»?
2. Как звали ученого, который предложил термин «нанотехнологии» для описания процесса построения новых объектов и материалов?
3. В каком году были открыты кластеры углерода C_{60} и C_{70} ?
4. Что означает термин "нано"?
5. Какая профессия Р.Б. Фуллера, в честь которого фуллерен получил свой название?
6. Что представляет собой элементарная ячейка алмаза?
7. Чем определяется способность графита к расслаиванию?
8. Что является общим в строении α - и β -карбина?
9. Чем образован сверхпрочный конструкционный материал последних лет - углеродные волокна?
10. При каком количестве атомов наблюдается циклическая структура кластеров углерода с sp^2 -гибридизацией?
11. Как называются полые симметричные структуры, замкнутая сферическая поверхность которых образована правильными многоугольниками из углеродных атомов?
12. Чему равен радиус молекулы C_{60} ?
13. Какие молекулы углерода являются наиболее устойчивыми углеродными кластерами?
14. Как называются фуллереновые молекулы, содержащие в полости сферы один или несколько неуглеродных атомов?
15. Что образуется путем сворачивания плоскости графита?
16. Что можно увидеть, рассматривая трубку хиральной структуры?
17. Каково расстояние между соседними нанотрубками для всех структур многослойных нанотрубок?
18. Чем α -карбин отличается от β -карбина?
19. При каком количестве атомов наблюдается линейная структура кластеров углерода с sp -гибридизацией?
20. Что такое фуллерен?
21. Из скольких атомов углерода состоит фуллерен C_{60} ?
22. Чему приблизительно равна толщина оболочки сферы молекулы C_{60} ?
23. Какую величину составляет плотность конденсированного кристаллического углерода (фуллерита)?
24. Как называют легированные металлом фуллерены?
25. Что такое нанотрубки?
26. В каком году открыли третью форму элементарного углерода – карбин?
27. Что представляет собой строение карбина?
28. Каково расстояние между соседними атомами углерода в графитовых плоскостях?
29. Как меняется вклад межфазной области в общие свойства объекта при уменьшении его размера?
30. Какие матрицы используют для изготовления КМ, применяемых при температурах ниже $200^\circ C$?

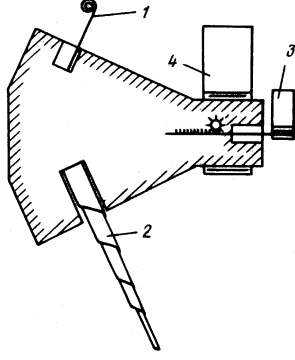
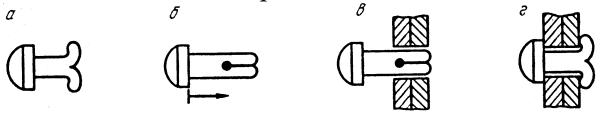
6.2.2 Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант 1

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|---|------------------------------|
| 1. | Добавление наночастиц серебра в упаковочный материал хранения | 1. ухудшает. 2. улучшает. |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|----------|---|---|
| | скоропортящихся пищевых продуктов: | 3. не изменяет. 4. вначале ухудшает, потом нет. |
| 2. | Как называется металл, который сам себя защищает от высокой температуры? | 1. потеющий металл. 2. мерзнувший металл. 3. защищенный металл. 4. самосмазывающийся металл. |
| 3. | В микроскоп видно, что поверхность листьев лотоса: | 1. абсолютно гладкая. 2. покрыта ровными бороздками. 3. сплошь покрыта выпуклыми бугорками. 4. покрыта сетчатой ячеистой структурой. |
| 4. | Как называют покрытия из наночастиц диоксида кремния? | 1. самозагрязняющимися. 2. самообучающимися. 3. самоочищающимися. 4. самосмазывающимися. |
| 5. | Отжиг порошков как правило ведет к: | 1. кристаллизации аморфной фазы и формированию кристаллитов. 2. приводит к формированию аморфной фазы. 3. размагничиванию магнитных нанопорошков. 4. образованию изотропного материала. |
| 6. | Как изменяются амплитуда и частота колебаний атомов на поверхности кластера, по сравнению с атомами в объеме? | 1. колебания атомов на поверхности происходит с меньшей амплитудой и большей частотой 2. колебания атомов на поверхности происходит с большей амплитудой и большей частотой. 3. колебания атомов на поверхности происходит с меньшей амплитудой и меньшей частотой. 4. колебания атомов на поверхности происходит с большей амплитудой и меньшей частотой. |
| 7. | Как влияет высокоэнергетическое измельчение на структуру и свойства магнитных порошков? Оно приводит к: | 1. кристаллизации аморфной фазы и формированию кристаллитов. 2. приводит к формированию неравновесного состояния и, как предельный случай, аморфной фазы. 3. размагничиванию магнитных нанопорошков. 4. образованию изотропного материала. |
| 8. | Появление низкочастотных атомных колебаний с возрастающими амплитудами, обусловленное поверхностью кластеров и межфазными границами в наноструктурах, | 1. рост теплоемкости наноструктур. 2. снижение теплоемкости наноструктур. 3. повышение плотности наноструктур. |

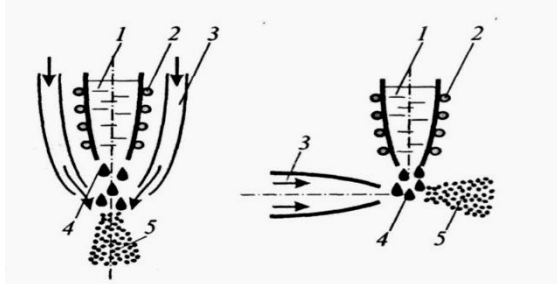
| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--|--|
| | оказывает существенное влияние на ... | 4. снижение плотности наноструктур. |
| 9. | При наноразмерных зернах рост прочности обусловлен ... | 1. высокой плотностью дислокаций. 2. трудностью образования новых дислокаций. 3. введением дополнительных границ зерен, которые являются препятствиями для движения дислокаций. 4. полным отсутствием дислокаций. |
| 10. | Прочность жгута из нанотрубок примерно в ... раз превышает соответствующее значение для высокопрочных сталей. | 1. 5. 2. 10. 3. 15. 4. 20. |
| 11. | Прочность и модуль упругости, а также сопротивление материалов удару для однонаправленных композиционных материалов на основе алюминия и магния по мере увеличения в композиции объемного содержания волокон | 1. понимаются. 2. повышаются. 3. проходят через минимум. 4. проходят через максимум. |
| 12. | Для наноструктурной керамики возможно использовать эффект ... | 1. сверхпроводимости. 2. аномальной прочности. 3. сверхпластичности. 4. намагниченности. |
| 13. | Упрочнение мартенситно-старееющих сталей происходит за счет выделения наноразмерных частиц | 1. оксидов. 2. нитридов. 3. карбидов. 4. интерметаллидов. |
| 14. | Металлические нанопорошки добавляют к моторным маслам для ... | 1. повышения вязкости масел. 2. снижения вязкости масел. 3. восстановления трущихся поверхностей. 4. снижения расхода масел. |
| 15. | Достаточно широкое применение ... нашли в настоящее время в автомобилестроении. | 1. фуллериты. 2. нанокompозитные стали. 3. нанокompозитная керамика. 4. нанокompозитные пластмассы. |
| 16. | В 60-х годах XX века американской компанией "Дюпон" был предложен материал высокой прочности - ... | 1. цейлон. 2. кевлар. 3. нейлон. 4. жидкая броня. |
| 17. | Для полного восстановления формы необходимо, чтобы мартенситное превращение ... | 1. восстанавливало кристаллическую решетку. 2. являлось кристаллографически обратимым. 3. восстанавливало |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--|--|
| | | кристаллографическую ориентировку исходной фазы перед превращением. 4. прошло при участии деформации скольжения. |
| 18. | Явление самопроизвольного восстановления формы называется... | 1. ползучесть. 2. эффект памяти формы. 3. текучесть. 4. упругость. |
| 19. | На схеме космического аппарата с самотрансформирующимися элементами 1 - это:  | 1. антенна. 2. механический стабилизатор. 3. излучатель энергии. 4. солнечная батарея. |
| 20. | Принцип действия стопора с эффектом памяти форм. Рисунок «б» соответствует технологической операции ...  | 1. стопор погружается в сухой лед или жидкий азот. 2. стопоры изготавливаются из сплава с эффектом памяти формы. 3. стопор вводится в неподвижное отверстие для крепления. 4. при повышении температуры концы стопора принимают исходную форму. |

Вариант 2

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--|---|
| 1. | Критерии контроля качества иглы следующие: если величина туннельного тока падает до половины уже на расстоянии менее ... от поверхности, то качество иглы очень хорошее. | 1. 1 Å. 2. 3 Å. 3. 5 Å. 4. 10 Å. |
| 2. | Наибольшей разрешающей способностью может обладать ... | 1. просвечивающий микроскоп. 2. сканирующий растровый электронный микроскоп. 3. оптический микроскоп. 4. сканирующий туннельный микроскоп. |
| 3. | В каком микроскопе используется кантилевер? | 1. просвечивающий микроскоп. 2. сканирующий растровый электронный микроскоп. 3. атомно-силовой микроскоп. |

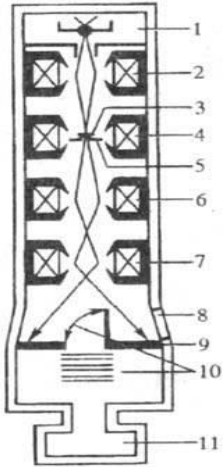
| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--|---|
| | | 4. сканирующий туннельный микроскоп. |
| 4. | В процессе сканирования АСМ консоль ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. остается неподвижной. 2. совершает колебания. 3. регистрирует туннельный ток. 4. отображает рельеф поверхности образца. |
| 5. | При использовании в АСМ метода постоянной высоты сканер микроскопа... | <ol style="list-style-type: none"> 1. поддерживает закрепленный конец кантилевера на постоянной высоте. 2. совершает колебательные движения. 3. регистрирует величину туннельного тока. 4. регистрирует вольт-амперную характеристику в каждой точке. |
| 6. | Измеряемым параметром в атомно-силовом микроскопе является... | <ol style="list-style-type: none"> 1. величина тока между зондом и образцом 2. расстояние между поверхностью образца и зондом. 3. разность потенциалов острия зонда и поверхностью образца. 4. силы взаимодействия между зондом и образцом. |
| 7. | Основным достоинством метода постоянной высоты в АСМ является... | <ol style="list-style-type: none"> 1. низкие требования к подготовке образцов. 2. наименьшие энергетические потери. 3. высокая скорость сканирования. 4. возможность повторного сканирования. |
| 8. | В основе бесконтактных методик АСМ заложен принцип... | <ol style="list-style-type: none"> 1. постоянной высоты. 2. постоянной силы. 3. постоянного тока. 4. модуляции амплитуды. |
| 9. | Метод Гена-Миллера основан на... | <ol style="list-style-type: none"> 1. реакции конденсированных прекурсоров. 2. детонационной обработке. 3. конденсации наночастиц в потоке плазмы. 4. методе электрического взрыва. |
| 10. | Управлением размерами, составом и формой частиц при производстве консолидированных наноматериалов легче осуществляется при использовании ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. физико-химических методов. 2. химических методов. 3. физических методов. 4. механических методов. |
| 11. | Понятие «аттриторы» относится к ... методам получения нанопорошков. | <ol style="list-style-type: none"> 1. физическим 2. химическим. 3. механическим. 4. механо-физическим. |
| 12. | Атриторы и самолойеры – это ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. вибрационные мельницы. 2. планетарные мельницы. 3. центробежные мельницы. 4. высокоэнергетические измельчительные |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|---|---|
| | | аппараты с неподвижным корпусом - барабаном с мешалками, передающими движение шарам в барабане. |
| 13. | Нанокристаллическое состояние является термодинамически... | <ol style="list-style-type: none"> 1. метастабильным неравновесным, т. к. ему может соответствовать равновесное состояние. 2. равновесным. 3. неравновесным. 4. метастабильным неравновесным без соответствующего равновесного состояния. |
| 14. | К методам интенсивной пластической деформации не относится ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. золь-гель технология. 2. всесторонняя ковка. 3. деформация кручением при высоких давлениях. 4. равноканальное угловое прессование. |
| 15. | <p>На схеме получения нанопорошков методом распыления жидкого расплава цифра 2 означает:</p>  | <ol style="list-style-type: none"> 1. расплав. 2. нагреватель. 3. инертный газ. 4. капли расплава. |
| 16. | К химическим методам синтеза наноструктурированных материалов не относится ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. плазмохимический. 2. лазерный. 3. термический. 4. электрический взрыв. |
| 17. | К физическим методам синтеза наноструктурированных материалов не относится ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. испарение и конденсация. 2. лазерный. 3. детонационная обработка. 4. электрический взрыв. |
| 18. | Емкость барабанов в установках этих двух типов достигает ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. 100-200 л. 2. 400-600 л. 3. 1500-2000 л. 4. 800-1000 л. |
| 19. | Путем термического разложения смеси карбониллов на нагретой подложке получают... | <ol style="list-style-type: none"> 1. полимерные пленки. 2. полиметаллические пленки. 3. фуллерены. 4. нанотрубки. |
| 20. | Степень измельчения порошка зависит от ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. количества измельчающих шаров. 2. вида измельчаемого материала. 3. объема мельницы. 4. материала футировки. |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--------|-----------------|
|-------|--------|-----------------|

Вариант 3

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|---|---|
| 1. | Использование в качестве матричного материала аморфного углерода, а в качестве армирующего материала - волокон из кристаллического углерода (графита) позволило создать композит, выдерживающий нагрев до ... | 1. 1500°С. 2. 2500°С. 3. 3500°С. 4. 4500°С. |
| 2. | Для армирования металлических КМ обычно не используют непрерывные волокна ... | 1. углеродные. 2. борные. 3. кремниевые. 4. нитрида бора. |
| 3. | Какой метод не относится к основным методам получения углеродных нанотрубок и нановолокон? | 1. Дуговой. 2. Лазерно-термический. 3. Пиролитический. 4. Биотехнологический. |
| 4. | Для изготовления КМ, применяемых при температурах ниже 200° С, используют ... матрицы. | 1. Полимерные. 2. Металлические. 3. Керамические. 4. Псевдосплавы. |
| 5. | Использование наноструктур позволит получать более легкие и прочные материалы с ... характеристиками. | 1. предсказуемыми 2. программируемыми 3. завышенными 4. заниженными |
| 6. | Что означает относящийся к созданию нанообъектов термин "Top down"? | 1. Диспергирование, уменьшение размера объекта. 2. Структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул. 3. Создание наноструктурированного слоя на нижней поверхности объекта. 4. Создание наноструктурированного слоя осадительными методами. |
| 7. | Разрешающая способность оптических микроскопов определяется ... | 1. длиной волны света. 2. длиной волны электрона. 3. длиной волны звука. 4. длиной волны механических колебаний. |
| 8. | Ускоряющее напряжение ПЭМ – это ... | 1. напряжение источника питания микроскопа. 2. напряжение на магнитных линзах. 3. напряжение между электродами электронной пушки. 4. напряжение, приложенное к магнитным линзам, фокусирующим прошедшие через объект электроны. |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--|---|
| 9. | Туннельный эффект заключается в преодолении электроном некоего потенциального барьера, когда... | <ol style="list-style-type: none"> 1. он дополнительно ускоряется приложенным напряжением. 2. полная энергия электрона меньше высоты барьера. 3. энергетический потенциал преодолеваемого барьера уменьшается за счет наложения магнитного поля. 4. установкой обеспечивается дополнительный туннельный барьер. |
| 10. | Снижение скорости электронов, после просвечивания объекта, приводящее к ухудшению разрешения, называется ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. контрастирование. 2. отенение. 3. ультрамикротирование. 4. хроматическая абберация. |
| 11. | <p>На схеме просвечивающего электронного микроскопа под цифрой 3 – это:</p>  | <ol style="list-style-type: none"> 1. электронная пушка. 2. конденсатор. 3. образец. 4. смотровое окно. |
| 12. | При исследовании тонких пленок и срезов полимерных материалов методами ПЭМ контраст ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. возрастает пропорционально их толщине, при этом разрешение улучшается. 2. возрастает пропорционально их толщине, при этом разрешение снижается. 3. снижается обратно пропорционально их толщине, при этом разрешение улучшается. 4. возрастает, а разрешение не зависит от толщины образца. |
| 13. | В сканирующих растровых микроскопах электронных пучок ... | <ol style="list-style-type: none"> 1. полностью поглощается поверхностью вещества. 2. последовательно отражается от поверхности вещества. 3. нагревает поверхность вещества. 4. пропускается через тонкие слои вещества. |
| 14. | Основным параметром, определяющим выход вторичных электронов, является... | <ol style="list-style-type: none"> 1. количество электромагнитных линз в микроскопе. 2. наличие инертного газа в внутри микроскопа. 3. угол падения пуски первичных электронов на поверхность объекта. |

| № п/п | Вопрос | Варианты ответа |
|-------|--|---|
| | | 4. количество электронных пушек. |
| 15. | Направленный пучок ускоренных электронов, применяемый для просвечивания образцов или возбуждения в них вторичных излучений (например, рентгеновского) называется ... | 1. Электронный луч. 2. Зонд. 3. Детектор. 4. Кантилевер. |
| 16. | Снижение скорости электронов после просвечивания объекта, приводящее к ухудшению разрешения – это ... | 1. Хроматическая аберрация. 2. Разрешающая способность. 3. Ультрамикрот. 4. Оттенение. |
| 17. | Последовательное облучение изучаемой поверхности узким электронным лучом с помощью развертки – это ... | 1. Сканирование. 2. Контрастирование. 3. Разрешение. 4. Оттенение. |
| 18. | В СТМ атомарная структура изучается за счет регистрации... | 1. тока вторичных электронов. 2. тока отраженных электронов. 3. туннельного тока. 4. тока рассеянных электронов. |
| 19. | Одной из основных частей туннельного микроскопа не является... | 1. зонд. 2. пьезоэлектрические двигатели. 3. электронная цепь обратной связи. 4. кантилевер. |
| 20. | Энергия, необходимая для удаления электрона из объемного вещества, называется ... | 1. энергией ионизации. 2. энергией активации. 3. работой выхода. 4. работой удаления |

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 | Углубленный уровень освоения | Продвинутый уровень освоения |
| | «3» (удовлетворительно) | «4» (хорошо) | «5» (отлично) |
| Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий | Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий | Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий | Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий |
| Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки | Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем | Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает | Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по |

| 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 | Посещение не менее 60 % лекционных и практических занятий | Посещение не менее 70 % лекционных и практических занятий | Посещение не менее 85 % лекционных и практических занятий |
| в ответах на вопросы | учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос | его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос. | существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос |
| Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий | Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий | Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий | Безошибочно находит решения предусмотренных 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 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

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для вузов / Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова, О. Ю. Ганзуленко ; под редакцией Е. И. Пряхина. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 372 с. — ISBN 978-5-8114-5373-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/149303>

2. Нанотехнологии и специальные материалы [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. П. Солнцев [и др.] ; под ред. Ю. П. Солнцева. - СПб. : Химиздат, 2009. - 334 с. <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938081772.html>

3. Рыжонков Д. И. Наноматериалы [Текст] : учеб. пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Левина, Э. Л. Дзидзигури. - М. : Бином, 2008. - 365 с. : граф., табл., фото. <http://window.edu.ru/resource/332/65332>

4. Солнцев Ю. П. Материаловедение специальных отраслей машиностроения [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, В. Ю. Пирайнен, С. А. Вологжанина ; под ред. Ю. П. Солнцева. - СПб. : Химиздат, 2007. - 782 с.

<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785938082939.html>

5. Солнцев, Ю. П. Материаловедение специальных отраслей машиностроения: учеб. пособие для вузов / Ю. П. Солнцев, В. Ю. Пирайнен, С. А. Вологжанина ; под ред. Ю. П. Солнцева. - СПб. : Химиздат, 2007. - 782с.

<http://www.twirpx.com/file/241146/>

6. Лозовский, Владимир Николаевич. Нанотехнология в электронике. Введение в специальность [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. Н. Лозовский, Г. С. Константинова, С. В. Лозовский. - 2-е изд., испр. - Москва : Лань, 2008. - 336 с
http://www.studmed.ru/lozovskiy-vn-nanotehnologiya-v-elektronike-vvedenie-v-specialnost_f67e006f7c2.html

7.1.2. Дополнительная литература

1. Андриевский, Р. А. Наноструктурные материалы: учеб. пособие для вузов / Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля. - М. : Академия, 2005. - 178с.

2. Ковшов, А. Н. Основы нанотехнологии в технике : учеб. пособие для вузов / А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров, И. М. Ибрагимов. - М. : Академия, 2009. – 230с.

3. Наноструктурные материалы: производственно-практическое издание / под ред. Р. Ханнинка, ред. А. Хилл ; пер. с англ. А. А. Шустикова. - М. : Техносфера, 2009. - 487 с.

4. Пул, Ч. Нанотехнологии : учебник / Ч. Пул, Ф. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 2-е доп. изд. - М. : Техносфера, 2005. - 334 с.

5. Харрис, П. Углеродные нанотрубы и родственные структуры: новые материалы XXI века [Текст] : переводное издание / П. Харрис ; пер. с англ. под ред. Л. А. Чернозатонского. - М. : Техносфера, 2003. - 335 с.

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 снабжена 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 лабораторных работ

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.

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 кожаный - 23 шт.

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

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 (Лицензионное 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 компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное 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 компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное 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 распространяемое ПО), doPDF (свободно распространяемое ПО), GNU Image Manipulation Program (свободно распространяемое ПО), Inkscape (свободно распространяемое ПО), XnView (свободно распространяемое ПО), K-Lite Codec Pack (свободно распространяемое ПО), FAR Manager (свободно распространяемое ПО).