

**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**  
***ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА***  
***НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ***

<b>Уровень высшего образования:</b>	<i>Магистратура</i>
<b>Направление подготовки:</b>	<i>22.04.01 Материаловедение и технологии материалов</i>
<b>Направленность (профиль):</b>	<i>Материаловедение и технологии наноматериалов и покрытий</i>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<i>Магистр</i>
<b>Форма обучения:</b>	<i>очная</i>
<b>Составители:</b>	<i>Доц. Сивенков А.В.</i>

Санкт-Петербург

**Рабочая программа дисциплины «Физико-механические свойства наноструктурированных материалов и покрытий» 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 \_\_\_\_\_ доцент А.В. Сивенков

**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. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ.

**Цель дисциплины** – дать будущим магистрам по материаловедению и технологии материалов современные знания об основных понятиях физико-механических свойства наноструктурированных материалов и покрытий, необходимых для решения материаловедческих и металлургических задач, совершенствования и создания новых конструкционных (в том числе нано-) материалов.

### **Задачи дисциплины:**

- изучение строения и свойства наноструктурированных материалов и покрытий применяемых в машиностроении;
- изучение способов определения физико-механических свойств наноструктурированных материалов и покрытий;
- рассмотрение характера и причин влияния основных физико-механических свойств на эксплуатационные свойства материалов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО.

Дисциплина «Физико-механические свойства наноструктурированных материалов и покрытий» относится к дисциплинам обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули) основной профессиональной образовательной программы по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и изучается во 2 семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Физико-механические свойства наноструктурированных материалов и покрытий» является дисциплина «Теория электронного строения твердых тел».

Дисциплина «Физико-механические свойства наноструктурированных материалов и покрытий» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Обеспечение стабильности свойств материалов и надежности конструкций», «Проектирование технологических процессов формирования и обработки наноматериалов и покрытий», «Специальные покрытия и способы их нанесения».

Особенностью дисциплины является получение знаний в области исследования свойств объемных наноструктурированных конструкционных материалов и основных методик определения важных характеристик свойств наноматериалов и покрытий.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

<b>Формируемые компетенции по ФГОС ВО</b>		<b>Основные показатели освоения программы дисциплины</b>
<b>Содержание компетенции</b>	<b>Код компетенции</b>	
Способен обоснованно (осмысленно) использовать знания основных типов металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, в том числе наноматериалов для решения профессиональных задач.	ПКО-1	<b>ПКО-1.3.</b> Знать физические, химические, механические, технологические и эксплуатационные свойства материалов.

Формируемые компетенции по ФГОС ВО		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен осуществлять рациональный выбор материалов и оптимизировать их расходование на основе анализа заданных условий эксплуатации материалов, оценки их надежности, экономичности и экологических последствий применения.	ПКО-2	<b>ПКО-2.2.</b> Уметь анализировать условия использования материалов, формулируя требования необходимых физико-механических, эксплуатационных свойств к ним, включая экологичность и экономическую эффективность их производства.
		<b>ПКО-2.3.</b> Оценивать надежность материалов и долговечность конечных изделий из них, используя знания о взаимосвязи состава, структуры и эксплуатационных свойств.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы, 108 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Ак часы по семестрам
		2
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>45</b>	<b>45</b>
В том числе:		
Лекции	15	15
Практические занятия (ПЗ)	30	30
Семинары (С)	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>63</b>	<b>63</b>
В том числе:		
Подготовка к практическим занятиям	20	20
Работа с литературой	40	40
<b>Промежуточная аттестация – дифф. зачет (ДЗ)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Общая трудоёмкость		
	час.	<b>108</b>
	зач. ед.	<b>3</b>

##### 4.2. Содержание дисциплины

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

#### 4.2.1 Разделы дисциплин и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
Раздел 1 «Физические свойства наноструктурированных материалов»	12	4	-	-	8
Раздел 2 «Механические свойства наноструктурированных материалов»	12	4	-	-	8
Раздел 3 «Механические свойства наноструктурированных сталей и сплавов на основе железа»	18	2	6	-	10
Раздел 4 «Механические свойства наноструктурированных цветных сплавов: титановых, алюминиевых, магниевых»	18	1	7	-	10
Раздел 5 «Механические свойства наноструктурированных твердых сплавов»	16	1	7	-	8
Раздел 6 «Механические свойства наноструктурированной керамики»	9	1	-	-	8
Раздел 7 «Механические свойства наноструктурированных полимеров»	12	1	5	-	6
Раздел 8 «Механические свойства нанопористых материалов»	11	1	5	-	5
<b>Итого:</b>	<b>108</b>	<b>15</b>	<b>30</b>		<b>63</b>

#### 4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость в ак часах
1	Физические свойства наноструктурированных материалов	Размеры кристаллических решеток. Термические свойства: теплоемкость, коэффициент линейного расширения, теплопроводность и температура плавления. Коррозионная стойкость. Сверхупругость и эффект памяти формы. Термостабильность и электропроводимость. Магнитные свойства: намагниченность насыщения, температура Кюри, температура Дебая, коэрцитивная сила, магнитная проницаемость.	4
2	Механические свойства наноструктурированных	Плотность дислокаций. Упрочнение. Модуль упругости, прочность,	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость в ак часах
	материалов	пластичность, твердость. Сверхпластичность. Влияние размера зерна (уравнение Холла- Петча) Механические свойства объемных наноматериалов. Влияние относительной плотности порошковых наноматериалов на механические свойства.	
3	Механические свойства наноструктурированных сталей и сплавов на основе железа	Карбонитридное упрочнение. Микролегирование. Дисперсионное упрочнение.	2
4	Механические свойства наноструктурированных цветных сплавов: титановых, алюминиевых, магниевых.	Ультрамелкозернистые состояния в титане. Статическую и циклическую прочность, пластичность титановых сплавов. Алюминиевые, магниевые сплавы. Низкотемпературная и высокоскоростная сверхпластичность. Вязкость, антифрикционные свойства и износостойкость. Удельные значения прочности и жесткости металлических композиционных материалов. армирование борным волокном, магнием, углеродным волокном.	1
5	Механические свойства наноструктурированных твердых сплавов	Гексанит на основе нитрида бора. Диборид рения $ReB_2$ . Добавки нанопорошков карбидов и нитридов вольфрама, титана, ванадия, тантала.	1
6	Механические свойства наноструктурированной керамики	Жаропрочность, сопротивляемость износу и эрозии, теплоизоляционная способность, коррозионная стойкость. Сверхпластичность нанокерамики. Триботехнические свойства нонокерамики. Композитная керамика на основе оксида алюминия, алюминидов титана, SiC.	1
7	Механические свойства наноструктурированных полимеров	Металлополимеры. Композиты на основе политетрафторэтилена, модифицированные оксидными нанопорошками. Динамические термопласты (ДТЭП). Металлоуглеродные волокна (Me- УВ). Сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ), упрочненный $ZrO_2$ , УД-порошком	1

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость в ак часах
		диоксида циркония, графитом и углеродными нановолокнами. Эластомерные и полимерные матрицы, наполненные наноалмазами детонационного синтеза.	
8	Механические свойства нанопористых материалов	Керамические, металлические, полупроводниковые, полимерные и биологические нанопористые материал.	1
		<b>Итого</b>	<b>15</b>

#### 4.2.3. Практические занятия (семинары):

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоёмкость (час.)
1	Раздел 3	Оценка температуры перехода низколегированных сталей в хрупкое состояние	6
2	Раздел 4	Влияние размера наночастиц на свойства наноструктурированных титановых сплавах	7
3	Раздел 5	Изменение эксплуатационных свойств инструментальных сталей нитридными покрытиями.	7
4	Раздел 7	Влияние на теплопроводность эпоксидной смолы одностенных нанотрубок	5
5	Раздел 8	Оценка влияния пористости на механические свойства наноматериала.	5
		<b>Итого</b>	<b>30</b>

**4.2.4. Лабораторный практикум:** «лабораторные работы не предусмотрены».

**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.

**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 (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 текущего контроля успеваемости**

#### **Раздел 1. Физические свойства наноструктурированных материалов**

1. Определите пространственную размерность нанообъектов
2. Определите понятие наноконсолидированного материала
3. С чем связана повышенная прочность нанокристаллических материалов
4. Какова особенность структуры межзеренных границ нанокристаллических материалов
5. Какова доля нанокристаллических материалов приходится на межзеренные границы

#### **Раздел 2. Механические свойства наноструктурированных материалов**

1. Приведите формулы, описывающие зависимости общей доли поверхностей раздела, долей межзеренных границ, а также тройных стыков от размеров кристаллов
2. Каковы термодинамические особенности наноструктур
3. Как можно рассчитать электросопротивление наноматериалов
4. Определите особенности наноферромагнетиков
5. Чем заменяется ферромагнетизм при переходе к нанометровым размерам

#### **Раздел 3. Механические свойства наноструктурированных сталей и сплавов на основе железа.**

1. Какова зависимость коэрцитивной силы наноферромагнетиков от размера частиц
2. Определите понятие суперпарамагнетизм
3. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов
4. Классификация нанообъектов.
5. Применение термодинамических уравнений к нанообъектам.

#### **Раздел 4. Механические свойства наноструктурированных цветных сплавов: титановых, алюминиевых, магниевых**

1. Уравнение Гиббса – Томсона
2. Уравнение Кельвина
3. Зависимость Петча - Холла
4. Зернограничная диффузия
5. Каким материалам соответствуют три основных состояния углерода, соответствующих  $sp^3$ -,  $sp^2$ - и  $sp$ -гибридизации их валентных орбиталей?

#### **Раздел 5. Механические свойства наноструктурированных твердых сплавов**

1. Наноструктурированные гели.
2. Коллоидные частицы металлов.
3. Тонкие пленки. Свойства и методы получения.
4. Пленки Ленгмюра-Блоджетт. История, свойства и получение.
5. Кластеры.

#### **Раздел 6. Механические свойства наноструктурированной керамики**

1. Неуглеродные тубулярные наноструктуры.
2. Самоорганизация и самосборка наноструктур.
3. Получение композиционных наноматериалов и покрытий.
4. Нанокерамика. Особые свойства нанокерамики.
5. Наноструктурированные стекла.

#### **Раздел 7. Механические свойства наноструктурированных полимеров.**

1. Пленки Легмюра-Блоджетт
2. Метод Шеффера

3. Свойства микроэмульсии (наноэмульсии)
4. Темплатный синтез в микроэмульсии
5. Фракталы для описания свойств нанообъектов

#### **Раздел 8. Механические свойства нанопористых материалов.**

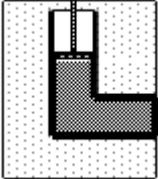
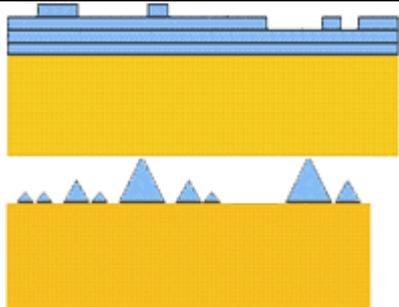
1. Перечислите типы нанопористых материалов
2. Чем характеризуется пористость
3. Определите современную ключевую проблему в создании нанопористых материалов
4. Назовите и охарактеризуйте виды взаимодействия нанопористых материалов с окружающей средой
5. Что такое цеолиты и где они применяются

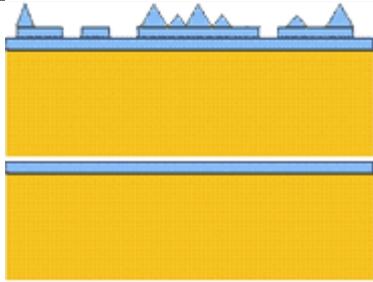
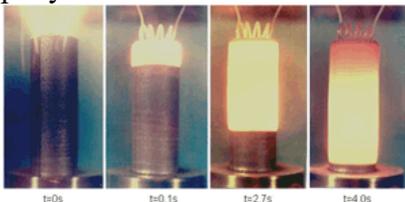
#### **6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)**

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

1. История и предпосылки возникновения, этапы развития нанонауки и нанотехнологии.
2. Классификация нанообъектов: нанокластеры, наночастицы, наноструктуры.
3. Типы нанокластеров. Источники получения и детектирование нанокластеров.
4. Дифракционные методы исследования наноструктур.
5. Микроскопические методы исследования наноструктур.
6. Спектральные методы исследования наноструктур.
7. Поверхность твердых тел. Поверхностные явления.
8. Поверхность монокристаллов, нанокластеров и пористых сорбентов.
9. Типы каталитических превращений наноструктур.
10. Термодинамика поверхности и поверхностей раздела.
11. Кластерные модели.
12. Моделирование структуры нанокластеров.
13. Молекулярные кластеры. Взаимосвязь строения и электронных и магнитных свойств.
14. Углеродные кластеры. Фуллерены, графен
15. Кластеры малых молекул.
16. Кластерные реакции. Модели РРК и РРКМ.
17. Коллоидные наноструктуры: золи, мицеллы, микроэмульсии.
18. Фуллериты. Углеродные нанотрубки, строение и свойства.
19. Способы получения нанокластеров и наноструктур.
20. Матричные и супрамолекулярные нанокластеры и наноструктуры.
21. Биологические нанообъекты. Биополимеры.
22. Вопросы безопасности нанотехнологий.
23. Что характеризует радиальная функция распределения
24. В чем заключается основное отличие зонной структуры аморфного полупроводника от его кристаллического аналога
25. Каковы особенности УНТ типа кресло и зигзан-конфигураций
26. Что такое особенности фуллеренов
27. В чем заключается отличие металлического нанокompозита от полимера
28. Приведите примеры формирования металлополимерных нанокомпозитов
29. Какие существуют типы нанокомпозитов
30. Что такое компактирование

**6.2.2. Примерные тестовые задания к дифференцированному зачету  
Вариант 1**

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Что способствует фрактальному механизму роста кластера близость протекания процесса к равновесным условиям или значительная удаленность от равновесия?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. и то и другое</li> <li>2. ни то ни другое</li> <li>3. близость протекания процесса к равновесным условиям</li> <li>4. значительная удаленность от равновесия</li> </ol>
2.	Какой метод получения наноструктурированного материала схематически изображен на рисунке? 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. кручение под высоким давлением</li> <li>2. равноканальное угловое прессование</li> <li>3. всесторонняя ковка</li> <li>4. специальная прокатка</li> </ol>
3.	Что такое фуллерен?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Железосодержащая наноструктура, используемая в медицине</li> <li>2. Углеродная нанотрубка</li> <li>3. Семейство шарообразных полых молекул общей формулы <math>C_n</math></li> <li>4. Плоский лист графита мономолекулярной толщины</li> </ol>
4.	Как связана величина проводимости нанотрубки с ее длиной и толщиной:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. проводимость нанотрубки уменьшается с увеличением ее длины и увеличивается с увеличением ее толщины</li> <li>2. проводимость нанотрубки увеличивается с увеличением ее длины и увеличивается с увеличением ее толщины</li> <li>3. проводимость нанотрубки уменьшается с увеличением ее длины и уменьшается с увеличением ее толщины</li> <li>4. проводимость нанотрубки не зависит ни от ее длины, ни от ее толщины и равна кванту проводимости</li> </ol>
5.	Механизм Странски — Крастанова...	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1.</li> <li>2.</li> </ol>

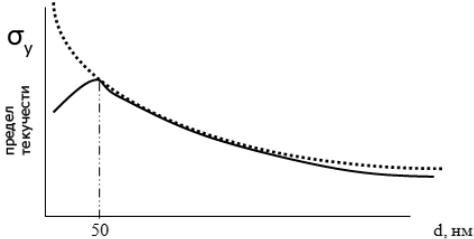
		 <p>3.</p> <p>4.</p>
6.	Соединения фуллеренов, в которых присоединённые атомы, ионы или молекулы находятся снаружи углеродной оболочки, называются:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экзоэдральные соединения</li> <li>2. Эндоэдральные соединения</li> <li>3. Супрадральные соединения</li> <li>4. Парадральные соединения</li> </ol>
7.	Как изменяются амплитуда и частота колебаний атомов на поверхности кластера, по сравнению с атомами в объеме?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. колебания атомов на поверхности происходит с меньшей амплитудой и большей частотой</li> <li>2. колебания атомов на поверхности происходит с большей амплитудой и большей частотой</li> <li>3. колебания атомов на поверхности происходит с меньшей амплитудой и меньшей частотой</li> <li>4. колебания атомов на поверхности происходит с большей амплитудой и меньшей частотой</li> </ol>
8.	Сколько атомов палладия содержит гигантский кластер палладия?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 278</li> <li>2. 312</li> <li>3. 561</li> <li>4. 1247</li> </ol>
9.	Какой физико-химический процесс получения материалов показан на рисунке? 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. пиролиз углеводородов</li> <li>2. золь-гель метод</li> <li>3. самораспространяющийся высокотемпературный синтез</li> <li>4. газофазное осаждение и компактирование</li> </ol>
10.	Почему рибосому можно назвать молекулярным ассемблером?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. рибосомы строят белки из аминокислот, основываясь на инструкциях, хранящихся на нитках РНК</li> <li>2. рибосомы имеют размер нескольких десятков нанометров</li> <li>3. рибосомы могут сворачиваться в клубки, изменяя четвертичную структуру</li> <li>4. рибосомы могут преобразовывать механическую энергию в энергию химических связей</li> </ol>
11.	Плотность фуллерита $C_{60}$ при нормальных условиях:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. существенно меньше плотности графита и алмаза</li> <li>2. больше плотности графита, но меньше плотности алмаза</li> </ol>

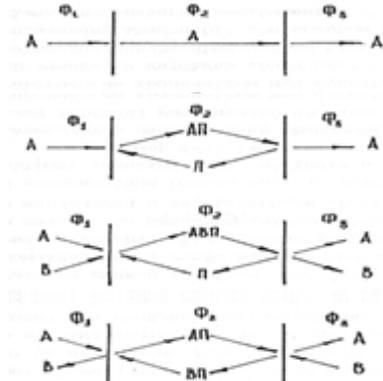
		<ol style="list-style-type: none"> <li>3. больше плотности графита и алмаза</li> <li>4. практически равна плотности графита</li> </ol>
12.	Какое свойство характерно для микроэмульсии (МЭ)?,	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. МЭ имеют темно серый цвет</li> <li>2. МЭ непрозрачные жидкости</li> <li>3. МЭ прозрачные жидкости</li> <li>4. МЭ являются хорошими проводниками электричества</li> </ol>
13.	По номенклатуре Международного союза по чистой и прикладной химии (1972 г.) микропористыми считаются материалы с размером пор?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. менее 2 нм</li> <li>2. 2 – 50 нм</li> <li>3. поры более 50 нм</li> <li>4. более 100 нм</li> </ol>
14.	Какая из наноструктур является термодинамически неустойчивой?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. жидкие кристаллы</li> <li>2. мицеллы</li> <li>3. микроэмульсии</li> <li>4. наноструктуры, формирующиеся интенсивной пластической деформацией</li> </ol>
15.	Кто впервые сформулировал концепцию наноматериалов и ввел в научную литературу термин наноматериалы - сначала как нанокристаллические материалы, потом наноструктурные, нанофазные, нанокомпозитные и т.д.?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фейнман</li> <li>2. Дрекслер</li> <li>3. Глейтер</li> <li>4. Тананаев</li> </ol>
16.	Почему квантовые точки называют искусственными атомами?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. квантовая точка, как и атом, имеет ядро</li> <li>2. квантовая точка может вступать в химические реакции подобно атомам</li> <li>3. квантовая точка имеет размеры атома</li> <li>4. в квантовой точке движение ограничено в трех направлениях и энергетический спектр полностью дискретный, как в атоме</li> </ol>
17.	Энергия активации зернограничной диффузии в сравнении с диффузией в объеме:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Больше</li> <li>2. не меняется</li> <li>3. меньше</li> <li>4. примерно равна нулю</li> </ol>
18.	Что такое прекурсор?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. аппарат для получения наночастиц</li> <li>2. любое исходное вещество в химической реакции получения наночастиц</li> <li>3. исходное вещество, которое становится необходимой, существенной частью продукта</li> <li>4. вещество-катализатор при получении наночастиц</li> </ol>
19.	Метод Г.Глейтера:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. пиролиз углеводородов</li> <li>2. золь-гель</li> </ol>

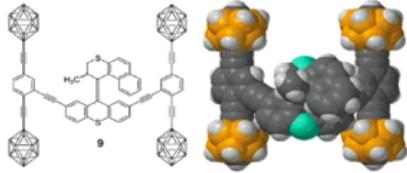
		<ol style="list-style-type: none"> <li>3. метод гидролиз алкоксидов</li> <li>4. газофазное осаждение и компактирование</li> </ol>
20.	Что правильно?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. фуллериты, в отличие от алмаза, графита и сажи, слегка растворимы в неполярных растворителях</li> <li>2. графит, в отличие от фуллерита, алмаза, сажи, слегка растворим в неполярных растворителях</li> <li>3. сажа, в отличие от фуллерита, алмаза, и графита, слегка растворима в неполярных растворителях</li> <li>4. алмаз, в отличие от фуллерита, графита и сажи, слегка растворим в неполярных растворителях</li> </ol>

### Вариант 2

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Повышение давления приводит к уплотнению структуры кристалла. (При уменьшении размера частиц увеличивается удельная поверхность и, следовательно, доля энергии, необходимая для изменения кристаллической решетки)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. для нанокристаллов этот эффект наступает при больших прикладываемых давлениях</li> <li>2. эффект наступает при меньших прикладываемых давлениях</li> <li>3. эффект исчезает</li> <li>4. повышение давления приводит к уплотнению структуры кристалла.</li> </ol>
2.	Какая величина не входит в уравнение Гиббса-Томсона?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. температура плавления</li> <li>2. свободная поверхностная энергия</li> <li>3. изменение теплосодержания</li> <li>4. вязкость кристаллита</li> </ol>
3.	Изотермическая перегонка в наноматериалах?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. переноса вещества между частицами в дисперсной системе</li> <li>2. переход графита в газовую фазу в дуговом методе и образование наночастиц</li> <li>3. возгонка вещества при получении наночастиц</li> <li>4. образование частиц при пиролизе</li> </ol>
4.	PECVD	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. электродуговое распыление графита</li> <li>2. пиролиз углеводородов на поверхности</li> <li>3. испарение металлсодержащего графита с помощью лазера</li> <li>4. плазмохимическое осаждение</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
5.	 <p>Какой закон отражает нижеприведенный график?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. закон Петча-Холла</li> <li>2. уравнение Кельвина (У.Томсона)</li> <li>3. закон Рэлея</li> <li>4. уравнение Гиббса-Томсона</li> </ol>
6.	Степень гибридизации в молекуле C <sub>60</sub>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 0,66</li> <li>2. 1,47</li> <li>3. 2.28</li> <li>4. 3,67</li> </ol>
7.	Фуллереновая сетка или нанотрубка удовлетворяет теореме Эйлера, которая связывает число вершин углов - v (здесь атомы углерода), число граней, ребер - e (ковалентные связи) и f - число ячеек, плоскостей	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>v - e + f = 4</math></li> <li>2. <math>v - e + f = 1</math></li> <li>3. <math>v - e + f = 3</math></li> <li>4. <math>v - e + f = 2</math></li> </ol>
8.	Gd@C <sub>60</sub> @SWNT	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. соединение включения однослойная нанотрубка внутри фуллерена с молекулами гадолиния снаружи</li> <li>2. соединение включения гадолиний внутри фуллерена, все внутри однослойной нанотрубки</li> <li>3. соединение включения гадолиний внутри фуллерена, внутри многослойной нанотрубки</li> <li>4. молекулы гадолиния пришиты к фуллерену, который пришит к углеродной нанотрубке</li> </ol>
9.	Как называется самая высокая энергетическая зона в энергетическом спектре полупроводников?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зона проводимости</li> <li>2. Запретная зона</li> <li>3. Квантовая зона</li> <li>4. Валентная зона</li> </ol>
10.	Какой типичный размер капель микроэмульсии?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1-5 мкм</li> <li>2. 200-300 нм</li> <li>3. 15-20 нм</li> <li>4. 1-5 нм</li> </ol>
11.	Радиус молекулы C <sub>60</sub> равен	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 0.3512 нм</li> <li>2. 0.03512 нм</li> <li>3. 3,512 нм</li> <li>4. 35,12 нм</li> </ol>
12.	Сравните латеральную диффузию в бислое и переход флип-флоп. Латеральная диффузия по сравнению с переходом флип-флоп протекает	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Быстрее</li> <li>2. Медленнее</li> <li>3. С одинаковой скоростью</li> <li>4. Общей закономерности нет</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
13.	 <p>На рисунке представлена зависимость прочности современных конструкционных материалов от их ударной вязкости или пластичности. Где будут находиться точки, соответствующие наноматериалам?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ниже представленной кривой</li> <li>2. выше кривой</li> <li>3. продолжение кривой вниз</li> <li>4. продолжение кривой вверх</li> </ol>
14.	По номенклатуре ИЮПАК фуллерен $C_{70}$ обозначается символом $(C_{70-I_{5h}})[5,6]$ . Что означают цифры в квадратных скобках?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. группу симметрии</li> <li>2. литературные ссылки</li> <li>3. диаметр фуллерена в нм</li> <li>4. число атомов в кольцах</li> </ol>
15.	Какой из фуллеренов является наиболее устойчивым?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <math>C_{60}</math></li> <li>2. <math>C_{70}</math></li> <li>3. <math>C_{80}</math></li> <li>4. <math>C_{50}</math></li> </ol>
16.	Слой атомов углерода, соединённых посредством $sp^2$ связей в гексагональную двумерную кристаллическую решётку?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фуллерен</li> <li>2. Графен</li> <li>3. Нанотрубка</li> <li>4. Карбин</li> </ol>
17.	Какой из указанных вариантов транспорта через мембрану называется симпорт	 <ol style="list-style-type: none"> <li>1.</li> <li>2.</li> <li>3.</li> <li>4.</li> </ol>
18.	Какой биологический объект имеет длину больше 100 нм?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. вирус полиомиелита</li> <li>2. клетка E.coli</li> <li>3. рибосома E.coli</li> <li>4. глюкоза</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
19.	<p>Откуда берется энергия для движения наномашин, изображенной на рисунке</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. машина содержит радиоактивные элементы, для движения используется энергия их распада</li> <li>2. машина облучается светом, при этом меняется положение ароматического радикала</li> <li>3. перед движением ароматический радикал закручивается как пружина и затем раскручивается</li> <li>4. машина заправляется спиртом</li> </ol>
20.	<p>Как различаются размерности кластеров при кластер-кластерной агрегации и при механизме Виттена – Сандера?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. размерности при кластер-кластерной агрегации и при механизме Виттена – Сандера примерно одинаковы</li> <li>2. размерность при кластер-кластерной агрегации больше</li> <li>3. размерность при кластер-кластерной агрегации меньше</li> <li>4. однозначного вывода сделать нельзя.</li> </ol>

### Вариант 3

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	<p>Как можно назвать соединение <math>C_{60}H_{60}</math></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Фуллерит</li> <li>2. Фуллеран</li> <li>3. Фуллерид</li> <li>4. фуллероид</li> </ol>
2.	<p>Как влияет высокоэнергетическое измельчение на структуру и свойства магнитных порошков? Оно приводит к:</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. кристаллизации аморфной фазы и формированию кристаллитов</li> <li>2. приводит к формированию неравновесного состояния и, как предельный случай, аморфной фазы</li> <li>3. размагничиванию магнитных нанопорошков</li> <li>4. образованию изотропного материала</li> </ol>
3.	<p>Какое свойство сильно отличается у нанопузырей в объеме воды и на гидрофобной поверхности в воде?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. величина адсорбции ПАВ на поверхности пузырей</li> <li>2. скорость адсорбции ПАВ на поверхности пузырей</li> <li>3. аномальная устойчивость к процессам Оствальдова созревания</li> <li>4. составы приповерхностного слоя на границе воздух-вода</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
4.	Какой метод не относится к основным методам получения углеродных нанотрубок и нановолокон?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дуговой</li> <li>2. Лазерно-термический</li> <li>3. Пиролитический</li> <li>4. Биотехнологический</li> </ol>
5.	Образование супермолекулы в супрамолекулярной химии можно описать как:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рецептор + субстрат(ы)</li> <li>2. Рецептор + рецептор</li> <li>3. Субстрат + субстрат(ы)</li> <li>4. Рецептор + мономеры</li> </ol>
6.	Изгиб цилиндрической поверхности нанотрубки:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. наличие пятиугольника вызывает вогнутый, а семиугольника – выпуклый изгиб</li> <li>2. наличие пятиугольника вызывает выпуклый, а семиугольника – вогнутый изгиб</li> <li>3. наличие пятиугольника и семиугольника вызывают вогнутый изгиб</li> <li>4. наличие пятиугольника и семиугольника вызывают выпуклый изгиб</li> </ol>
7.	Какими обязательными свойствами должен обладать кантилевер?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Должен проводить электрический ток</li> <li>2. Должен быть выполнен из магнитного материала</li> <li>3. Должен быть выполнен из закалённой стали</li> <li>4. должен быть гибким с известной жесткостью</li> </ol>
8.	Где был изобретён сканирующий силовой микроскоп?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. В России, в физико-техническом институте им. Иоффе</li> <li>2. В США, IBM</li> <li>3. В германском филиале IBM</li> <li>4. В швейцарском филиале IBM</li> </ol>
9.	Если поместить тонкий слой полупроводника с широкой запрещённой зоной между двумя полупроводниками с узкой запрещённой зоной то получится:	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Квантовая точка</li> <li>2. Квантовая яма</li> <li>3. Квантовый барьер</li> <li>4. Квантовая игла</li> </ol>
10.	Кто впервые выдвинул идею о развитии нанотехнологии в современной формулировке?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. П.С. Лаплас</li> <li>2. Э. Дрекслер</li> <li>3. Р. Фейнман</li> <li>4. Н. Винер</li> </ol>
11.	Как называется знаменитая книга Э. Дрекслера, посвящённая нанотехнологии?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Машины конструирования</li> <li>2. Машины нанотехнологии</li> <li>3. Машины создания</li> <li>4. Машины технологии</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
12.	Что означает уравнение Гиббса-Томсона?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Взаимосвязь поверхности объекта и его объема</li> <li>2. Взаимосвязь температуры плавления кристаллита и вязкости</li> <li>3. Взаимосвязь изменения теплосодержания кристаллита и его состава</li> <li>4. Взаимосвязь температуры плавления кристаллита и кривизны ограничивающей его поверхности</li> </ol>
13.	В каком микроскопе используется кантилевер?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сканирующий силовой микроскоп</li> <li>2. Сканирующий туннельный микроскоп</li> <li>3. Растровый микроскоп</li> <li>4. Просвечивающий электронный микроскоп</li> </ol>
14.	Обращаются ли в нуль волновые функции на границе квантовой ямы	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Да</li> <li>2. Нет</li> <li>3. Вопрос поставлен некорректно</li> <li>4. Ответ зависит от ширины квантовой ямы</li> </ol>
15.	Как величина туннельного тока при работе туннельного микроскопа зависит от расстояния между острием иглы и исследуемым образцом?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Линейно возрастает с уменьшением расстояния</li> <li>2. Линейно уменьшается с уменьшением расстояния</li> <li>3. Экспоненциально возрастает с уменьшением расстояния</li> <li>4. Экспоненциально уменьшается с уменьшением расстояния</li> </ol>
16.	Какие наноструктуры обнаружены в шунгитовых породах?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Однослойные нанотрубки</li> <li>2. Фуллерены</li> <li>3. Липосомы</li> <li>4. Магнитные жидкости</li> </ol>
17.	В каком году Н. Фейнман выдвинул идею о развитии нанотехнологии?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 1653</li> <li>2. 1876</li> <li>3. 1959</li> <li>4. 1985</li> </ol>
18.	Что такое нанотрубки?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Протяженные структуры, состоящие из свёрнутых гексагональных сеток с атомами углерода в узлах</li> <li>2. Семейство шарообразных полых молекул общей формулой <math>C_n</math></li> <li>3. Протяженные структуры из углеродных переплетённых цепей</li> <li>4. Металлоорганические витые полимеры</li> </ol>

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
19.	Что означает относящийся к созданию нанообъектов термин "Bottom up"?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Создание наноструктурированного слоя на поверхности объекта</li> <li>2. Структурообразование, создание наноструктур из атомов и молекул</li> <li>3. Диспергирование, уменьшение размера нанообъектов</li> <li>4. Создание наноструктурированного слоя методом сублимации вещества</li> </ol>
20.	Как меняется вклад межфазной области в общие свойства объекта при уменьшении его размера?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта уменьшается</li> <li>2. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта увеличивается</li> <li>3. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через максимум при 5240 нм</li> <li>4. При уменьшении размера объекта вклад межфазной области в общие свойства объекта проходит через минимум при 5240 нм</li> </ol>

### 6.2.3 Критерии оценок промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических занятий	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 в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объёме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий

<b>Оценка</b>			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

*Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:*

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

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

### **7.1. Рекомендуемая литература**

#### **7.1.1. Основная литература**

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

<https://obuchalka.org/20181203105702/nanostrukturnie-materiali-andrievskii-r-a-2005.html>

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. 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> (дата обращения: 13.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **7.1.2. Дополнительная литература**

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

2. Балабанов В. И. Нанотехнологии : наука будущего [Текст] : производственно-практическое издание / В. И. Балабанов. - М. : ЭКСМО, 2009. – 246

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

1. Дзидзигури, Э.Л. Процессы получения наночастиц и наноматериалов. Нанотехнологии [Электронный ресурс] : учебное пособие / Э.Л. Дзидзигури, Е.Н. Сидорова. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2012. — 71 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/47445>.

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

1. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>

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

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

4. Свободная энциклопедия Википедия: <https://ru.wikipedia.org>

5. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>

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

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

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

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 кожаный - 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 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 кожаный - 23 шт.

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

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

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

- Microsoft Windows 7 Professional
- ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» (обслуживание до 2025 года)  
Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012
- Microsoft Office 2007 Professional Plus Microsoft Open License 46431107  
от 22.01.2010 (обслуживание до 2025 года)
- ГК № 1246-12/08 от 18.12.08 «На поставку компьютерного оборудования и программного обеспечения»
- Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959

- от 20.08.2007 (обслуживание до 2025 года)
- Autodesk
- product: Building Design Suite Ultimate 2016, product Key: 766H1
- с возможностью доступа к сети «Интернет»
- 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)