

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по учебной работе

Дата подписания: 21.09.2023 17:05:49

Уникальный идентификатор документа:

d7a26b9e8ca85e98ec3de2eb454b4659d061f249

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС»**

## Рабочая программа дисциплины (модуля)

### **Физико-химия наносистем**

Закреплена за подразделением Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов

Направление подготовки

28.03.03 НАНОМАТЕРИАЛЫ

Профиль

Квалификация

**Бакалавр**

Форма обучения

**очная**

Общая трудоемкость

**3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану

108

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 7

аудиторные занятия

51

самостоятельная работа

21

часов на контроль

36

#### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	7 (4.1)		Итого	
	Неделя 18			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	21	21	21	21
Часы на контроль	36	36	36	36
Итого	108	108	108	108

Программу составил(и):

*д.т.н., профессор, Левина В.В.; ассистент, Колесников Е.А.*

Рабочая программа

**Физико-химия наносистем**

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» по направлению подготовки 28.03.03 НАНОМАТЕРИАЛЫ (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы, 28.03.03-БНМ-23.plx , утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 22.06.2023, протокол № 5-23

Утверждена в составе ОПОП ВО:

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы, , утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 22.06.2023, протокол № 5-23

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра функциональных наносистем и высокотемпературных материалов**

Протокол от 17.06.2020 г., №20

Руководитель подразделения Кузнецов Д.В.

### 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Целью освоения данной дисциплины является научить студентов основным физико-химическим процессам формирования наноразмерных нуль-, одно- и двумерных материалов, оказывающим определяющее влияние на структуру и свойства наносистем, устанавливать зависимость между поверхностными и объемными свойствами наноматериалов; познакомить с физической химией твердых поверхностей.
-----	---

### 2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:	Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Коллоидная химия
2.1.2	Методы исследования материалов
2.1.3	Методы обработки статистических данных (анализ данных)
2.1.4	Планирование и организация научно-исследовательской работы
2.1.5	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.1.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.1.7	Фазовые равновесия и структурообразование
2.1.8	Физика конденсированного состояния
2.1.9	Элективные курсы по физической культуре и спорту
2.1.10	Диффузия и диффузионно-контролируемые процессы
2.1.11	Квантовая химия и теория химической связи
2.1.12	Процессы получения наночастиц и наноматериалов
2.1.13	Теория поверхностных явлений
2.1.14	Кристаллография
2.1.15	Математическая статистика и анализ данных
2.1.16	Методы математической физики
2.1.17	Основы квантовой механики
2.1.18	Теоретическая механика и основы теории упругости
2.1.19	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.20	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений
2.1.21	Физика
2.1.22	Физическая химия
2.1.23	Электротехника
2.1.24	Математика
2.1.25	Органическая химия
2.1.26	Информатика
2.1.27	Химия
2.1.28	Инженерная и компьютерная графика
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Методы вычислительной физики
2.2.2	Методы контроля и анализа веществ
2.2.3	Наноструктурированные сверхтвердые материалы
2.2.4	Особенности исследования наноматериалов
2.2.5	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.6	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.7	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.8	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы
2.2.9	Статистические расчеты равновесий

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

**ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе применения естественнонаучных и общинженерных знаний, методов математического анализа и моделирования**

**Знать:**

ОПК-1-31 основы закономерностей формирования нульмерных, одномерных и двумерных наносистем
<b>Уметь:</b>
ОПК-1-У1 применять полученные знания для прогнозирования и анализа влияния изменений химического состава, температуры и давления, а также условий синтеза на физические свойства наноматериалов
<b>Владеть:</b>
ОПК-1-В1 навыками оценки и прогнозирования влияния различных факторов на физические свойствах твердых тел

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Физическая химия твердых поверхностей</b>							
1.1	Химический потенциал как функция кривизны поверхности. Процесс Оствальда. Поверхностная энергия. Соотношение объемной и поверхностной энергий в наносистемах. Влияние поверхностной энергии на изменение характеристик материала в наноразмерной области. Расчет поверхностной энергии отдельных граней в нанокристаллах /Лек/	7	1	ОПК-1-31	Л1.1Л2.1		КМ1	Р1
1.2	Расчет размера и числа атомов в критическом зародыше при гомогенном зародышеобразовании. /Пр/	7	2	ОПК-1-У1	Л1.1		КМ1	Р1
1.3	Особенности наноструктурного состояния вещества. Классификация наноразмерных объектов. Связь между аморфным, кристаллическим, жидким и нанокристаллическим состоянием. /Лек/	7	1	ОПК-1-31	Л1.1		КМ1	Р1
1.4	Балансовый расчет процессов осаждения и соосаждения при получении металлических наноматериалов простого и сложного составов. /Пр/	7	2	ОПК-1-У1	Л2.1		КМ1	Р1
1.5	Различия свойств вещества на поверхности раздела и в объеме. Анизотропия поверхностной энергии. Процессы на поверхности и в приповерхностных слоях. /Лек/	7	1	ОПК-1-31	Л1.1		КМ1	Р1

1.6	Анализ влияния пространственной стабилизации на дисперсности наночастиц метала в ходе гомогенного зародышеобразования. Анализ дисперсности гидроксида, полученного в стандартных условиях. /Пр/	7	2	ОПК-1-У1	Л1.1		КМ1	Р1
1.7	Реконструкция и релаксация поверхностей. Электрический потенциал вблизи твердой поверхности. Обработка поверхности и условия сохранения ее свойств. /Лек/	7	1	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.1		КМ1	Р1
1.8	Анализ влияния пространственной стабилизации на дисперсности наночастиц метала в ходе гомогенного зародышеобразования. Анализ дисперсности гидроксида, полученного в присутствии ПАВ. Контрольная работа № 1 /Пр/	7	2	ОПК-1-У1	Л1.1		КМ1	Р1
1.9	Электростатическая стабилизация. Пространственная стабилизация. Смешанные пространственные и электрические взаимодействия. /Лек/	7	2	ОПК-1-31	Л1.1		КМ1	Р1
1.10	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Выполнение домашней расчетно-графической работы. Подготовка к практическим занятиям. /Ср/	7	7	ОПК-1-В1	Л1.1Л2.1		КМ1	Р1
	<b>Раздел 2. Нульмерные наносистемы</b>							
2.1	Образование нульмерных наноструктурных материалов путем гомогенного зародышеобразования. /Лек /	7	2	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.1		КМ2	Р1
2.2	Оценка окислительно-восстановительных свойств газовой фазы в процессах получения нанодисперсных материалов: 1. Теория окислительно-восстановительных процессов 2. Анализ превращений в заданной си-стеме по термодинамическим данным /Пр/	7	4	ОПК-1-У1	Л1.1		КМ2	Р1

2.3	Механизмы роста зародышей. Рост зародышей, контролируемый диффузией. Рост зародышей, контролируемый поверхностным процессом. /Лек/	7	1	ОПК-1-31	Л1.1		KM2	P1
2.4	Расчет кинетических характеристик диссоциации наноразмерных солей /Пр/	7	2	ОПК-1-У1	Л2.1		KM2	P1
2.5	Закономерности гетерогенного образования нульмерных структур. /Лек/	7	1	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.1		KM2	P1
2.6	Расчет кинетических характеристик дегидратации кислородсодержащих наносистем /Пр/	7	2	ОПК-1-У1	Л2.1		KM2	P1
2.7	Различия при гомогенном и гетерогенном зародышеобразовании. Кинетические ограничения при синтезе наночастиц: контролируемый рост зародышей. /Лек/	7	1	ОПК-1-31	Л1.1		KM2	P1
2.8	Расчет процессов восстановления наноразмерных оксидных систем в неизотермических условиях /Пр/	7	2	ОПК-1-У1	Л2.1		KM2	P1
2.9	Расчет наночастиц по размерам по электронномикроскопическим данным:  1. Знакомство с методикой расчета.  2. Обработка массива электронномикроскопических данных и анализ полученных результатов. /Пр/	7	4	ОПК-1-У1	Л1.1 Л2.2		KM2	P1
2.10	Расчет среднего диаметра наночастиц по адсорбционным данным. /Пр/	7	2	ОПК-1-У1	Л2.1		KM2	P1
2.11	Исследование кинетики гетерогенного каталитического процесса на примере синтеза аммиака на железном нанокатализаторе. /Пр/	7	2	ОПК-1-У1	Л2.1		KM2	P1
2.12	Расчитать коэффициент диффузии молекулы фуллерена C60 в жидком бензоле. Контрольная работа № 2 /Пр/	7	2	ОПК-1-У1	Л2.1		KM2	P1

2.13	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Выполнение домашней расчетно-графической работы. Подготовка к практическим занятиям. /Ср/	7	7	ОПК-1-В1	Л1.1Л2.1 Л1.1		КМ2	Р1
<b>Раздел 3. Одномерные и двумерные наносистемы</b>								
3.1	Самопроизвольный рост одномерных структур. Методы испарения-конденсации, растворения-осаждения, пар (раствор) – жидкость-твердое /Лек/	7	2	ОПК-1-З1	Л1.1Л2.1		КМ3	Р1
3.2	Влияние поверхностных свойств на каталитическую активность наноразмерных материалов в химических процессах /Пр/	7	2	ОПК-1-У1	Л1.1		КМ3	Р1
3.3	Физико-химические закономерности формирования двумерных наноструктур: тонких пленок. Механизмы роста пленок. /Лек/	7	1	ОПК-1-З1	Л1.1Л2.1		КМ3	Р1
3.4	Анализ перспективности использования нанодисперсных материалов в процессах формирования композиционных наносистем. /Пр/	7	2	ОПК-1-У1			КМ3	Р1
3.5	Закономерности образования монокристаллических, аморфных и поликристаллических пленок. Эпитаксия. /Лек/	7	2	ОПК-1-З1	Л1.1Л2.1		КМ3	Р1
3.6	Роль поверхности наноматериалов в создании функциональных материалов нового поколения. Контрольная работа № 3 /Пр/	7	2	ОПК-1-У1	Л1.1 Л1.1		КМ3	Р1
3.7	Проработка лекционного материала. Самостоятельное изучение литературы. Выполнение домашней расчетно-графической работы. Подготовка к практическим занятиям. /Ср/	7	7	ОПК-1-В1			КМ3	Р1
3.8	Физико-химия образования одномерных структур: нанопроволок и наностержней. Классификация. Методы формирования /Лек/	7	1	ОПК-1-З1	Л1.1Л2.1		КМ3	Р1

**5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки			
Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1		ОПК-1-31	<p>Какие размеры характерны для наноматериалов?          Какое определение относится к нанотехнологиям?          В какой последовательности используются перечисленные устройства при создании нанотехнологических процессов?          Какие функции выполняет «сборщик» в нанотехнологических процессах?          Укажите возможные направления развития нанотехнологий:          В чём состоят особенности наноструктурного состояния вещества по сравнению с массивным состоянием?          Какие материалы соответствуют классификация наносистем по мерности?          Какие наноразмерные материалы относятся к одномерным?          К каким наноматериалам относятся объёмные наноструктуры при классификации по мерности?          В случае классификации наноматериалов по агрегатному состоянию, к какому типу дисперсных систем относятся аэрогели, аэрозоли, думы, пыль?          Какое определение относится к порошковым материалам?          Что такое агломерат?          Какие материалы относятся к наноразмерным?          Что такое наночастица?          В чем проявляются особенности нанодисперсного состояния вещества по сравнению с крупнокристаллическим?          В чём состоит различие свойств поверхностных и объёмных атомов?          Какие варианты смещения поверхностных атомов возможны в наноматериалах?          Какие варианты реструктуризации поверхности реализуются в наноматериалах?          Частицы какой формы имеют более высокую поверхностную энергию?          Как называются заряженные частицы, определяющие заряд поверхности?          Из каких составляющих состоит двойной электрический слой?          Какие основные допущения приняты в теории ДЛВО, описывающей электростатическую стабилизацию частиц в суспензии?          Какие растворители полимеров используются при пространственной стабилизации наночастиц?          Что называется Флорри-Хаггинса тета температурой?          На какие виды делятся полимеры относительно их взаимодействия с поверхностью?          Перечислите способы стабилизации наночастиц.          Что нужно сделать, чтобы уменьшить критический размер зародыша?          Что необходимо сделать, чтобы наночастицы образовывались по механизму гомогенного зародышеобразования?          Какое уравнение позволяет рассчитывать скорость образования зародышей при гомогенном зародышеобразовании?          Что из себя представляет подход к формированию наноструктуры «сверху-вниз»?          Что из себя представляет метод формирования наноструктуры «снизу-вверх»?          Какие этапы характеризуют процесс кристаллизации при гомогенном зародышеобразовании? 1.          Определите физический смысл величин, входящих в формулу для расчёта скорости роста зародышей в диффузионном режиме.</p>

КМ2		ОПК-1-31	<p>Какая из приведённых ниже схем изменения свободной энергии Гиббса <math>\Delta\mu</math>, поверхностной энергии <math>\Delta\sigma</math> и общей свободной энергии как функции радиуса зародыша правильна?</p> <p>Из каких составляющих складывается полное изменение энергии Гиббса (<math>\Delta G</math>) при гетерогенном зародышеобразовании на поверхности?</p> <p>Какая формула верна для определения критического энергетического барьера при гетерогенном зародышеобразовании?</p> <p>Какие механизмы описывают процессы гетерогенного зародышеобразования?</p> <p>Какую форму могут иметь наноразмерные частицы?</p> <p>Какой вариант подачи прекурсоров в реактор позволяет получить максимальную дисперсность осадка?</p> <p>Что служит движущей силой самопроизвольного роста одномерных структур?</p> <p>Какой механизм роста тонких плёнок происходит в случае, если зародыши сильнее связаны друг с другом, чем с подложкой.</p> <p>Какой механизм роста тонких плёнок имеет место в случае, если зародыши сильнее связаны с подложкой, чем друг с другом.</p> <p>При каком из механизмов роста возникают напряжения, которые развиваются при формировании зародышей или плёнок?</p> <p>В чём отличие гетероэпитаксиального роста плёнок от гомоэпитаксиального?</p> <p>При каких условиях происходит осаждение аморфных плёнок?</p> <p>Какой процесс относится к формированию или росту монокристалла поверх монокристаллической подложки или зерна без несоответствия решёток?</p> <p>В чём состоят особенности фазовых состояний наноразмерных сред по сравнению с массивными материалами?</p> <p>Какая формула соответствует условию равновесия фаз с ненулевой кривизной?</p> <p>Какие особенности полиморфных превращений выявлены в наноструктурных материалах?</p> <p>Перечислите особенности образования совместных фаз в наноматериалах.</p> <p>Укажите структурные особенности наноразмерных сред.</p> <p>Укажите возможные причины уменьшения межатомных расстояний в наночастицах.</p> <p>Какие типы дефектов характерны для наноматериалов?</p>
-----	--	----------	---

КМЗ		<p>В каких наносистемах наблюдаются квантовые размерные эффекты?</p> <p>Какие типы размерных эффектов существуют?</p> <p>С чем связан квантовый размерный эффект в малой частице металла?</p> <p>Как влияет уменьшение длины свободного пробега электронов на электропроводность материала?</p> <p>Как влияет длина свободного пробега электронов в наноразмерных материалах на их электропроводность?</p> <p>С чем связана активированная электропроводность наноматериалов?</p> <p>Как влияет уменьшение линейных размеров материала на величину его удельного электросопротивления?</p> <p>Как изменяется величина работы выхода электрона в наноструктурных материалах?</p> <p>Как влияют размерные факторы на явление сверхпроводимости?</p> <p>Какое состояние вещества характерно для наноразмерных ферромагнитных материалов?</p> <p>Характерно ли состояние суперпарамагнетизма для ферромагнитных частиц?</p> <p>При каких условиях наблюдаются максимальные значения коэрцитивной силы <math>H_c</math> в наноразмерных материалах?</p> <p>Какие особенности диффузионных процессов характерны для нанопорошковых материалов?</p> <p>В результате какого процесса происходят срашивание пришлифованных образцов одного и того же вещества, спекание порошков, растяжение тел под действием подвешенного к ним груза?</p> <p>Признаками какого процесса являются сглаживание поверхности соприкасающихся частиц и увеличение поверхности контакта без уменьшения суммарного объёма пор?</p> <p>Почему в наноразмерных порошках затруднена объёмная диффузия?</p> <p>С какими факторами связано возрастание роли поверхностной диффузии в наноматериалах?</p> <p>Какие особенности диффузионных процессов наблюдаются в объёмных наноструктурированных материалах?</p> <p>При каких температурах коэффициент диффузии в объёмных наноматериалах больше, чем в монокристаллах?</p> <p>С чем связана повышенная химическая активность наноструктурированных материалов?</p> <p>С чем связаны повышенные значения коэффициента диффузии в наноматериалах?</p> <p>Какие описывают механизмы диффузии адсорбированных атомов в наноразмерных порошках?</p> <p>Какие тепловые характеристики зависят от размеров структурных составляющих наноматериалов?</p> <p>Как проявляются размерные эффекты наноразмерных катализаторов в химических процессах?</p> <p>В каких биологических объектах применяются наноматериалы?</p> <p>Что влияет на температуру перехода в сверхпроводящее состояние малой частицы?</p> <p>В чём отличие квантовой точки от полупроводников?</p> <p>По какой формуле можно провести оценку критического размера сферической железной частицы, при котором реализуется однодоменное состояние?</p> <p>Что такое суперпарамагнетизм?</p> <p>Какие доменные структуры показаны на нижеприведённой схеме?</p> <p>Как меняется температура Кюри с уменьшением размера частицы?</p> <p>Перечислите особенности тепловых свойств наноматериалов.</p> <p>Как рассчитать температуру вырождения, при которой в идеальном газе начинают проявляться квантовые эффекты?</p> <p>Можно ли по величине удельной поверхности Суд определить средний размер частиц нанопорошка?</p> <p>Дайте определение волновому вектору.</p> <p>Чем обусловлена решётчатая теплопроводность в наноматериалах?</p> <p>Как изменяется решётчатая теплопроводность в наноматериалах по сравнению с крупнокристаллическими частицами?</p>
-----	--	--

			Как изменяется температура Дебая с изменением радиуса наночастицы? Применяются ли наноструктурные металлы в сельском хозяйстве?
<b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)</b>			
Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1		ОПК-1-У1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 История развития нанотехнологий</li> <li>2 Связь размеров наноструктур с их функциональностью</li> <li>3 Методы изготовления наноструктур и наноматериалов</li> <li>4 Нанобиотехнологии. Технологии типа «от нано к био» и «от био к нано».</li> <li>5 Применение нанотехнологии в автомобильной промышленности</li> <li>6 Роль моделирования в создании нанотехнологий</li> <li>7 Нанотехнологии в точной механике и оптике.</li> <li>8 Роль наноматериалов в развитии компьютеризации общества</li> <li>9 Нанотехнологии в биологии и медицине</li> <li>10 Наноматериалы и фитобезопасность</li> <li>11 Применение нанотехнологий в электронике и информационных системах.</li> <li>12 Молекулярная и нанофармакология</li> <li>13 Применение нанотехнологий для решения проблем энергетики и защиты окружающей среды.</li> <li>14 Нанотехнологии и сельское хозяйство</li> <li>15 Социально-экономические последствия развития нанотехнологий.</li> <li>16 Проблемы коммерциализации нанотехнологических исследований</li> <li>17 Мотивация проведения исследований в области нанотехнологий</li> <li>18 Мембранные нанотехнологии</li> <li>19 Возможности ускорения внедрения нанотехнологий.</li> <li>20 Современное состояние рынка нанотехнологий.</li> </ol>

**5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)**

Экзаменационный билет состоит из пяти теоретических вопросов, перекрывающие все представленные компетенции (вопросы указаны во вкладке "Вопросы для самостоятельной подготовки к экзамену")

**5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

Экзамен проводится в письменной форме. Время подготовки ответа составляет 90 минут. По истечении установленного времени студент должен ответить на вопросы экзаменационного билета.

ФОС промежуточной аттестации по дисциплине состоит из экзаменационных во-просов, составленных с учетом показателей оценивания компетенций, формируемых в ре-зультате освоения дисциплины. Оценка выставляется обучающимся, допущенным к экзамену, на основе критериев уровней освоения компетенций (соотносится с уровнями: «пороговый» – оценка «3», «продвинутый» – оценка «4» и «высокий» – оценка «5»).

Оценка «отлично» или «хорошо» ставится, если студент полно излагает изученный материал, обнаруживает понимание специфики вопроса, дает правильное определение основных понятий речевой коммуникации; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка; владеет навыками языкового анализа. Ответ не содержит фактические ошибки.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, т.е. обнаруживает понимание специфики вопроса, но при ответе не демонстрирует достаточной обоснованности суждений, и/или отчасти подменяет рассуждения пересказом текста, и/или допускает одну фактическую ошибку.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент обнаруживает незнание большей части материала, неверно отвечает на вопрос, даёт ответ, который содержательно не соотносится с поставленной задачей, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно излагает материал.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
---------------------	----------	------------	-------------------

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Рыжонков Д. И., Лёвина В. В., Дзидзигури Э. Л.	Наноматериалы: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017

### 6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Раков Э. Г.	Неорганические наноматериалы	Электронная библиотека	Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015
Л2.2	Домкин К. И.	Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий: методы и применение: монография	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2017
Л2.3	Левина В. В., Конюхов Ю. В., Филонов М. Р., др.	Физико-химия наноструктурных материалов: лаб. практикум: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 150700 - Физическое материаловедение	Электронная библиотека	М.: Изд-во МИСиС, 2010

### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Лицензии ПО Windows Server CAL ALNG LicSAPk MVL DvcCAL, ПО WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr и PerUsr
-----	---

### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Лекционные занятия нацелены на изучение студентами общих вопросов физико-химии наносистем. Практические занятия нацелены на изучение влияния наносостояния на термодинамические свойства поверхности малых тел, кинетические закономерности их формирования, методы изучения свойств наноразмерных материалов.

Предусматриваются расчетные домашние задания по различным разделам курса физико-химии наносистем. Проведение аудиторных занятий предусматривает использование в учебном курсе активных и интерактивных технологий: проведение лекций с использованием интерактивных и мультимедийных технологий (презентация в формате MS Power Point);

-использование при проведении занятий специализированной аудитории с возможностью проведения занятий в интерактивной форме;

- использование при проведении лекционных занятий активных форм обучения - учебных видеоматериалов и компьютерных тренажеров.

Дисциплина относится к точным наукам и требует самостоятельной работы.

Отдельные учебные вопросы выносятся на самостоятельную проработку и контролируются посредством текущей аттестации. При этом организуются групповые и индивидуальные консультации.