

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ХИМИЯ НАНОСТРУКТУР


| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.06 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 6 семестр - 2; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 72 часа |
| Лекции | 6 семестр - 28 часа; |
| Практические занятия | 6 семестр - 14 часов; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 6 семестр - 29,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: | |
| Коллоквиум | |
| Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 6 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2018

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---|--|---------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Михайлова И.А. |
| | Идентификатор | R6487a0ab-MikhailovaIA-f37cba00 |

(подпись)

И.А. Михайлова

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Дмитриев А.С. |
| | Идентификатор | R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaae29 |


(подпись)

А.С. Дмитриев

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|---|--|---------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Пузина Ю.Ю. |
| | Идентификатор | Re86e9a56-Puzina-4d2acad1 |

(подпись)

Ю.Ю. Пузина

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: теоретическое и практическое изучение физико-химических свойств наноструктурированных материалов на базе знаний о химической связи, о межмолекулярном взаимодействии в конденсированных телах и методов квантовой химии для ведения инженерной, научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности

Задачи дисциплины

- освоение фундаментальных принципов и идей, лежащих в основе химии наноструктурных материалов;
- изучение современных методов получения и исследования свойств наноматериалов;
- ознакомление с квантово-химическими расчетами и методами кристаллохимии для моделирования наноструктур;
- обучение новейшим методам исследования физико-химических процессов в наноструктурных материалах.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--|---|--|
| ПК-3 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей процессов в наноразмерных системах | ИД-3 _{ПК-3} Владеет экспериментальными методами исследования процессов и свойств наноразмерных материалов | знать: - классификацию и методы получения нанокластеров и наноструктур; - законы и принципы химии применительно к наноструктурам. уметь: - использовать современное оборудование для анализа структуры, состояния и для формирования рабочих характеристик материала; - связывать физические и химические свойства материалов с их структурой и состоянием, анализировать особенности физических и химических свойств наноструктурных материалов. |
| ПК-4 Способен к разработке наноразмерных материалов и устройств | ИД-4 _{ПК-4} Способен анализировать механические, электромагнитные и теплофизические свойства в низкоразмерных материалах и устройствах | знать: - методы расчета, моделирования и прогнозирования свойств наноматериалов и наносистем, а также изделий на их основе применительно к энергетике; - принципы структурной организации и свойства нанообъектов и наноматериалов. уметь: - работать на современном экспериментальном и исследовательском оборудовании; - использовать специализированные знания в области нанотехнологий и наноматериалов в энергетике для |

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции | Запланированные результаты обучения |
|--------------------------------|--|-------------------------------------|
| | | решения практических задач. |

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Химия (общая)
- знать Математика
- знать Физика (общая)
- знать Квантовая механика
- знать Компьютерные технологии в науке и образовании

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы | | | | | | | | | | Содержание самостоятельной работы/ методические указания | | |
|-------|--|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|--|---|--|
| | | | | Контактная работа | | | | | | | СР | | | | | |
| | | | | Лек | Лаб | Пр | Консультация | | ИКР | | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль | | | |
| КПР | ГК | ИККП | ТК | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | |
| 1 | Строение вещества, химическая связь | 8 | 6 | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | 2 | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Строение вещества, химическая связь"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 35-62 [2], 9-185 [4], 5-26</p> | | |
| 1.1 | Химия наноструктурированных материалов как предмет изучения | 4 | | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | | - | |
| 1.2 | Атомы, молекулы, наноструктуры | 4 | | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | | - | |
| 2 | Основы квантовой химии | 8 | | 4 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 2 | | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы квантовой химии"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 12-27 [2], 365-494</p> |
| 2.1 | Законы квантовой механики применительно к атомам и молекулам | 4 | | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | | - | |
| 2.2 | Электронные конфигурации и термы атомов | 4 | | 2 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | | - | |
| 3 | Кристаллохимия наноструктур | 6 | | 2 | - | 2 | - | - | - | - | - | - | 2 | | - | |
| 3.1 | Типы симметрии кристаллических решеток | 3 | | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | | - | <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Кристаллохимия наноструктур"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], 74-99 [6], 39-59</p> |
| 3.2 | Кластеры, наночастицы, наноструктуры | 3 | | 1 | - | 1 | - | - | - | - | - | - | 1 | | - | |
| 4 | Углеродные наноматериалы. | 12 | | 6 | - | 4 | - | - | - | - | - | - | 2 | | - | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-----|--|------|----|---|----|---|---|---|---|-----|----|------|---|
| | Углеродные каркасные структуры | | | | | | | | | | | | дополнительного материала по разделу "Углеродные наноматериалы. Углеродные каркасные структуры" |
| 4.1 | Аллотропические формы углерода | 6 | 3 | - | 2 | - | - | - | - | - | 1 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> |
| 4.2 | Одномерные и двумерные углеродные структуры: нанотрубки и графен | 6 | 3 | - | 2 | - | - | - | - | - | 1 | - | [3], 16-153 [4], 27-44 [5], 26-69 [7], 18-39 |
| 5 | Ультрадисперсные системы. Синтез и стабилизация наночастиц в растворах | 14 | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 2 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Ультрадисперсные системы. Синтез и стабилизация наночастиц в растворах" |
| 5.1 | Понятие о дисперсных системах | 14 | 8 | - | 4 | - | - | - | - | - | 2 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 141-185 [3], 16-37, 115-134 |
| 6 | Применение наноструктур для создания элементов приборных устройств | 6 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Применение наноструктур для создания элементов приборных устройств" |
| 6.1 | Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы в науке и технике | 6 | 4 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [5], 314-337 [7], 198-231 |
| | Зачет с оценкой | 18.0 | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | 17.7 | |
| | Всего за семестр | 72.0 | 28 | - | 14 | - | - | - | - | 0.3 | 12 | 17.7 | |
| | Итого за семестр | 72.0 | 28 | - | 14 | - | - | - | - | 0.3 | | 29.7 | |

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Строение вещества, химическая связь

1.1. Химия наноструктурированных материалов как предмет изучения

Определения, классификация, соотношения между химией, физикой, биологией и нанотехнологией. Самосборка и самоорганизация как важный подход к получению наноматериалов, основные типы и иерархия наноструктур, закономерности взаимоотношений структуры и свойств наноматериалов. Классификации нанообъектов: по размеру, размерности, по способам получения, по характеру межкластерных взаимодействий.

1.2. Атомы, молекулы, наноструктуры

Кластеры и кластерные материалы. Принципы структурной организации нанообъектов. Виды химической связи. Взаимодействия между молекулами. Взаимодействия между частицами веществ в различных агрегатных состояниях и свойства веществ. Нанообъекты в твердом веществе, в жидкостях и в газах.

2. Основы квантовой химии

2.1. Законы квантовой механики применительно к атомам и молекулам

Уравнение Шредингера для атомов и молекул. Электронная плотность и ее изменения при переходе от разделенных атомов к молекуле. Квантовая топология электронной плотности и «атомы в молекуле». Построение приближенных решений электронного уравнения на основе вариационного принципа. Одноэлектронное приближение. Метод Хартри–Фока (самосогласованного поля). Орбитали и орбитальные энергии. Полная энергия квантово-химической частицы. Метод функционала плотности. Связь концепций квантовой химии с современными направлениями химии, физики и нанотехнологий.

2.2. Электронные конфигурации и термы атомов

Сложение моментов для атомов. Правила Хунда. Электронное строение атомов и периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Представление молекулярных орбиталей (МО) в виде линейной комбинации атомных орбиталей (ЛКАО). Метод ССП МО ЛКАО. Симметрия и свойства молекул.

3. Кристаллохимия наноструктур

3.1. Типы симметрии кристаллических решеток

Трансляционная симметрия в кристаллах и одномерных системах. Прямая и обратная решетка. Зона Бриллюэна. Зонная теория кристаллической решетки. Роль симметрии в формировании свойств твердых тел.

3.2. Кластеры, наночастицы, наноструктуры

Влияние наноразмеров на структурные свойства. Реальные твердые тела и наночастицы. Нуль-, одно-, дву- и трехмерные структурные дефекты. Их роль в формировании структурочувствительных свойств твердых тел. Специфика атомной структуры нанокластеров и наночастиц. Идеальная и реальная кристаллические структуры наноразмерных материалов.

4. Углеродные наноматериалы. Углеродные каркасные структуры

4.1. Аллотропические формы углерода

Связь между структурой и свойствами углеродных материалов. Новые углеродные структуры. Номенклатура и механизмы формирования фуллеренов. Закономерности молекулярного строения стабильных фуллеренов. Химические и физические свойства фуллеренов и гетерофуллеренов.

4.2. Одномерные и двумерные углеродные структуры: нанотрубки и графен

Методы синтеза и физико-химические свойства углеродных нанотрубок. Пористые материалы, нанокомпозиты и их свойства.

5. Ультрадисперсные системы. Синтез и стабилизация наночастиц в растворах

5.1. Понятие о дисперсных системах

Термодинамические закономерности образования высокодисперсных систем. Классификация дисперсных систем. Состояние вещества на границе раздела фаз. Методы получения нанодисперсных частиц. Организация и самоорганизация коллоидных структур. Переход от наноструктур к наноматериалам и композитам.

6. Применение наноструктур для создания элементов приборных устройств

6.1. Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы в науке и технике

Диоды. Транзисторы. Химические сенсоры. Электронные логические элементы на нанотрубках. Светодиоды. Нанотрубки в эмиссионных приборах. Нанотрубки для атомных силовых микроскопов.

3.3. Темы практических занятий

1. Самосборка и самоорганизация – важный подход к получению наноматериалов, основные типы и иерархия наноструктур, закономерности взаимоотношений структуры и свойств наноматериалов. Нанообъекты в твердом веществе, в жидкостях и в газах;
2. Уравнение Шредингера для атомов и молекул. Электронная плотность и ее изменения при переходе от разделенных атомов к молекуле. Квантовая топология электронной плотности и «атомы в молекуле». Построение приближенных решений электронного уравнения на основе вариационного принципа. Одноэлектронное приближение. Метод Хартри–Фока;
3. Орбитали и орбитальные энергии. Представление молекулярных орбиталей в виде ЛКАО. Оператор Гамильтона для атомных и молекулярных систем на примерах. Построение электронной волновой функции;
4. Типы симметрии кристаллических решеток. Трансляционная симметрия в кристаллах и одномерных системах. Роль симметрии в формировании свойств твердых тел. Реальные твердые тела и наночастицы. Нуль-, одно-, дву- и трехмерные структурные дефекты. Специфика атомной структуры нанокластеров и наночастиц;
5. Методы исследования нанообъектов. Атомная силовая микроскопия (АСМ) и топология поверхности;
6. Методы получения и исследования физико-химических свойств углеродных нанотрубок;
7. Получение коллоидов наночастиц и их химический анализ.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Строение вещества, химическая связь"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы квантовой химии"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Кристаллохимия наноструктур"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Углеродные наноматериалы. Углеродные каркасные структуры"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Ультрадисперсные системы. Синтез и стабилизация наночастиц в растворах"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Применение наноструктур для создания элементов приборных устройств"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1) | Коды индикаторов | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) | | | | | | Оценочное средство (тип и наименование) |
|--|------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | |
| Знать: | | | | | | | | |
| законы и принципы химии применительно к наноструктурам | ИД-3ПК-3 | + | | | | | | Коллоквиум/Виды химической связи, объемные и поверхностные свойства тел. Коллоквиум «Методы получения наноматериалов» |
| классификацию и методы получения нанокластеров и наноструктур | ИД-3ПК-3 | | | + | | | | Коллоквиум/Виды химической связи, объемные и поверхностные свойства тел. Коллоквиум «Методы получения наноматериалов» |
| принципы структурной организации и свойства нанообъектов и наноматериалов | ИД-4ПК-4 | | + | | | | | Контрольная работа/«Влияние температуры поверхности на скорость испарения капель жидкости коллоидных жидкостей». Контрольная работа «Химия поверхностных явлений» |
| методы расчета, моделирования и прогнозирования свойств наноматериалов и наносистем, а также изделий на их основе применительно к энергетике | ИД-4ПК-4 | | | | + | + | | Коллоквиум/Взаимодействию капель жидкости с мезоскопическими и наноструктурированными поверхностями. Расчетное задание |
| Уметь: | | | | | | | | |
| связывать физические и химические свойства материалов с их структурой и состоянием, анализировать особенности физических и химических свойств наноструктурных материалов | ИД-3ПК-3 | | | + | | | | Коллоквиум/«Получение коллоидов наночастиц и их химический анализ». Коллоквиум «Углеродные материалы и наноструктуры» |
| использовать современное оборудование для анализа структуры, состояния и для формирования рабочих характеристик материала | ИД-3ПК-3 | | | | | | + | Коллоквиум/Взаимодействию капель жидкости с мезоскопическими и наноструктурированными поверхностями. Расчетное задание |
| использовать специализированные знания в области нанотехнологий и наноматериалов в | ИД-4ПК-4 | | | | + | | | Контрольная работа/«Влияние температуры поверхности на скорость испарения капель жидкости |

| | | | | | | | |
|--|----------|--|--|--|--|---|--|
| энергетике для решения практических задач | | | | | | | коллоидных жидкостей». Контрольная работа «Химия поверхностных явлений» Коллоквиум/«Получение коллоидов наночастиц и их химический анализ». Коллоквиум «Углеродные материалы и наноструктуры» |
| работать на современном экспериментальном и исследовательском оборудовании | ИД-4ГК-4 | | | | | + | Коллоквиум/Взаимодействию капель жидкости с мезоскопическими и наноструктурированными поверхностями. Расчетное задание |

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

6 семестр

Форма реализации: Проверка задания

1. «Влияние температуры поверхности на скорость испарения капель жидкости коллоидных жидкостей». Контрольная работа «Химия поверхностных явлений» (Контрольная работа)
2. «Получение коллоидов наночастиц и их химический анализ». Коллоквиум «Углеродные материалы и наноструктуры» (Коллоквиум)

Форма реализации: Устная форма

1. Взаимодействию капель жидкости с мезоскопическими и наноструктурированными поверхностями. Расчетное задание (Коллоквиум)
2. Виды химической связи, объемные и поверхностные свойства тел. Коллоквиум «Методы получения наноматериалов» (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №6)

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Коровин, Н. В. Общая химия : учебник для вузов по техническим направлениям и специальностям / Н. В. Коровин . – 13-е изд. перераб. и доп . – М. : Академия, 2011 . – 496 с. – (Высшее профессиональное образование . Бакалавриат) . - ISBN 978-5-7695-8015-4 .;
2. Физическая химия: В 2 кн. Кн.1. Строение вещества. Термодинамика : Учебник для вузов / К. С. Краснов, и др. – 3-е изд., испр . – М. : Высшая школа, 2001 . – 512 с. - ISBN 5-06-004025-9 .;
3. Суздаев, И. П. Нанотехнология. Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздаев . – 2-е изд., испр . – М. : Эдиториал УРСС, 2009 . – 592 с. – (Синергетика: от прошлого к будущему) . - ISBN 978-5-397-00217-2 .;
4. Дмитриев, А. С. Физико-химия наноструктур : учебное пособие по курсам "Физико-химия наночастиц и наноматериалов", "Тепловые процессы в наноструктурах", "Химия наноструктур. Часть 2" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" по профилю "Нанотехнологии и наноматериалы для энергетики" / А. С. Дмитриев, И. А. Михайлова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 240 с. - ISBN 978-5-7046-1356-5 .
http://elibr.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=5631;

5. Раков, Э. Г. Нанотрубки и фуллерены : учебное пособие по специальности 210602 "Наноматериалы" / Э. Г. Раков . – М. : Логос, 2006 . – 376 с. – (Новая унив. б-ка) . - ISBN 5-9869900-9-9 .;
6. Брандон, Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : Учебное пособие для вузов по направлению "Прикладные математика и физика" : пер. с англ. / Д. Брандон, У. Каплан . – М. : Техносфера, 2004 . – 384 с. – (Мир материалов и технологий) . - ISBN 5-948360-18-0 .;
7. Дьячков, П. Н. Углеродные нанотрубки. Строение, свойства, применения / П. Н. Дьячков . – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006 . – 293 с. + CD-ROM . – (Нанотехнологии) . - ISBN 5-947743-41-8 ..

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Windows.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|------------------------------------|--|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля | М-409/2, Аудитория каф. "НТ" | стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор |
| | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП | М-409/2, Аудитория каф. "НТ" | стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор |
| | Ж-120, Машинный | сервер, кондиционер |

| | | |
|---|------------------------------------|---|
| | зал ИВЦ | |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | М-409/2, Аудитория каф. "ИТ" | стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор |
| | Ж-120, Машинный зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| Помещения для самостоятельной работы | М-411/1, Компьютерный класс | стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный |
| Помещения для консультирования | М-423/1, Аудитория каф. "ИТ" | стул, стол письменный |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря | М-407/1, Кладовая | стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный |

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Химия наноструктур

(название дисциплины)

6 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Виды химической связи, объемные и поверхностные свойства тел. Коллоквиум «Методы получения наноматериалов» (Коллоквиум)
- КМ-2 Взаимодействию капель жидкости с мезоскопическими и наноструктурированными поверхностями. Расчетное задание (Коллоквиум)
- КМ-3 «Влияние температуры поверхности на скорость испарения капель жидкости коллоидных жидкостей». Контрольная работа «Химия поверхностных явлений» (Контрольная работа)
- КМ-4 «Получение коллоидов наночастиц и их химический анализ». Коллоквиум «Углеродные материалы и наноструктуры» (Коллоквиум)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|--|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 4 | 8 | 12 | 16 |
| 1 | Строение вещества, химическая связь | | | | | |
| 1.1 | Химия наноструктурированных материалов как предмет изучения | | + | | | |
| 1.2 | Атомы, молекулы, наноструктуры | | + | | | |
| 2 | Основы квантовой химии | | | | | |
| 2.1 | Законы квантовой механики применительно к атомам и молекулам | | | | + | |
| 2.2 | Электронные конфигурации и термы атомов | | | | + | |
| 3 | Кристаллохимия наноструктур | | | | | |
| 3.1 | Типы симметрии кристаллических решеток | | | | | + |
| 3.2 | Кластеры, наночастицы, наноструктуры | | + | | | |
| 4 | Углеродные наноматериалы. Углеродные каркасные структуры | | | | | |
| 4.1 | Аллотропические формы углерода | | | | + | + |
| 4.2 | Одномерные и двумерные углеродные структуры: нанотрубки и графен | | | + | | |
| 5 | Ультрадисперсные системы. Синтез и стабилизация наночастиц в растворах | | | | | |

| | | | | | |
|------------|--|----|----|----|----|
| 5.1 | Понятие о дисперсных системах | | + | | |
| 6 | Применение наноструктур для создания элементов приборных устройств | | | | |
| 6.1 | Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы в науке и технике | | + | | |
| Вес КМ, %: | | 25 | 25 | 25 | 25 |