Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет наук о материалах

УТВЕРЖДАЮ

Зам. декана ФНМ

по учебной работе

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Т.Б.Шаталова/

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_202\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Наноматериалы и приборы на их основе**

**Уровень высшего образования:**

Бакалавриат, Магистратура

**Межфакультетский курс**

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Методической комиссией факультета наук о материалах

(\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 202\_ г.)

Москва 202\_

1. **Место дисциплины (модуля) в структуре ООП**: вариативная часть, курс предназначен для студентов 1-4 курсов бакалавритата, а также 1-2 курсов магистратуры естественно-научных и гуманитарных специальностей, носит ознакомительный базовый характер по предмету науки о материалах, курс является дисциплиной по выбору, относится к межфакультетским курсам.
2. **Аннотация**

В чем специфика наноматериалов? Какие наноматериалы существуют? Как их производят? Какие технологические возможности с ними связаны? Какие приборы из них делают? Какое место они займут в технологии будущего? Все эти вопросы будут рассмотрены в материалах данного курса. После вводных разделов, включающих лекции по физике твердого тела, свойствам нанообъектов, методам синтеза и контроля наноматериалов, будут подробно изложены вопросы полупроводниковых, магнитных и оптических наноматериалов и устройств, включая отдельную лекцию по наноразмерным формам углерода. Зачет будет выставляться на основании самостоятельных работ, выполняемых в конце каждой лекции, а также контрольной работы в конце курса.

С презентациями, используемыми при чтении курса, можно ознакомиться на сайте www.klimonsky.ru/nanomaterials.

1. **Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников).**

|  |  |
| --- | --- |
| **Компетенция** | **Планируемые результаты обучения по дисци плине (модулю)** |
| Основы современных наук о материалах, понятие о свойствах материалов и технологиях их получения | Знать: основные понятия и теоретические основы современных наук о наноматериалах, свойствах основных классов наноматериалов и технологиях их получения.  Уметь: ориентироваться в многообразии современных наноматериалов, их свойствах и предназначении.  Владеть: основным междисциплинарным аппаратом современного материаловедения. |

1. **Общая трудоёмкость** составляет 1 зачётную единицу, продолжительность **36** часов**,** из которых **24** часа составляет контактная работа студента с преподавателем (23 часа – лекции, 1 час – контрольная работа), **12** часов – самостоятельная работа студентов.
2. **Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.**

Базовые школьные знания курсов химии, физики, естествознания.

1. **Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам)** с указанием отведенного на них количества академических часов, и виды учебных занятий:

**6.1. Структура дисциплины по темам (разделам)** с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование и краткое со- держание разделов дисциплины**  **форма промежуточной атте- стации по дисциплине** | **Всего (ча- сы**) | В том числе | | | | | | | | |
| **Контактная работа (работа во взаимодействии с пре- подавателем), часы**  из них | | | | | | **Самостоятельная работа обучающегося, часы**  из них | | |
| Занятия лекционного типа | Занятия семинарского ти- па, в т.ч., лабораторные и практические работы | Групповые консультации | Индивидуальные консуль- тации | Учебные заня- тия, направлен- ные на проведе- ние текущего контроля успе- ваемости колло- квиумы, практи- ческие кон- трольные заня- тия и др.)\* | **Всего** | Подготовка к лаборатор- ным занятиям, мини- конференциям и пр. | Подготовка докладов, ре- фератов и т.п. | **Всего** |
| Раздел 1 |  | 2 | 0 | 0 | 0 |  | **2** |  | 1 | 1 |
| Раздел 2 |  | 2 | 0 | 0 | 0 |  | **2** |  | 1 | 1 |
| Раздел 3 |  | 2 | 0 | 0 | 0 |  | **2** |  | 1 | 1 |
| Раздел 4 |  | 2 | 0 | 0 | 0 |  | **2** |  | 1 | 1 |
| Раздел 5 |  | 2 | 0 | 0 | 0 |  | **2** |  | 1 | 1 |
| Раздел 6 |  | 6 | 0 | 0 | 0 |  | **6** |  | 2 | 2 |
| Раздел 7 |  | 1 | 0 | 0 | 0 |  | **1** |  | 1 | 1 |
| Раздел 8 |  | 3 | 0 | 0 | 0 |  | **3** |  | 1 | 1 |
| Раздел 9 |  | 1 | 0 | 0 | 0 |  | **1** |  | 1 | 1 |
| Раздел 10 |  | 2 | 0 | 0 | 0 |  | **1** |  | 1 | 1 |
| Промежуточная аттестация – контрольная работа |  |  |  |  |  | 1 | **1** |  | 1 | 1 |
| **Итого** | **36** | **23** | **0** | 0 | 0 | **1** | **24** |  | 12 | **12** |

**6.2. Содержание разделов (тем) дисциплины:**

**Раздел 1.** Введение в предмет.

Область масштабов наномира. Специфика наномира. Терминология наномира. Многообразие объектов наномира. Нульмерные, одномерные, двумерные и трехмерные нанообъекты. История предмета. Место нанотехнологий в настоящее время и в будущем.

**Раздел 2.** Строение и свойства твердых тел.

Строение вещества. Агрегатные состояния. Специфика твердого агрегатного состояния. Кристаллы. Понятие о свободных электронах, электронном зонном спектре и плотности электронных состояний. Зона Бриллюэна. Понятие о металлах, полупроводниках и диэлектриках.

**Раздел 3.** Физика наномира.

Понятие о квантовых размерных эффектах. Спектр электрона в одномерной квантовой яме.

Эффекты нанометрового масштаба размеров: изменения полной энергии системы, изменения структуры системы, влияние ограниченности размеров на электронные, тепловые, химические, механические, магнитные и оптические свойства нанообъектов.

**Раздел 4.** Методы изготовления нанообъектов.

Процессы «сверху вниз»: измельчение, литография, механическая обработка. Процессы «снизу вверх»: методы осаждения тонких пленок, химические и электрохимические подходы к синтезу наночастиц и наноструктур. Методы шаблонного роста наноматериалов. Самосборка и самоорганизация наносистем.

**Раздел 5.** Методы микроскопии наноструктур.

Электронная микроскопия: общие вопросы, сканирующая электронная микроскопия, просвечивающая электронная микроскопия.

Зондовые методы: туннельная микроскопия, атомно-силовая микроскопия и др.

**Раздел 6.** Наноразмерные полупроводники.

Общие представления о полупроводниках. Специфика полупроводников: электронная и дырочная проводимость, легирование, эффективная масса, оптические свойства, экситоны, фононы. Типы полупроводников. Прямые и непрямые полупроводники. Широкозонные, узкозонные и бесщелевые полупроводники. Полупроводниковые диоды, триоды, полевые транзисторы, фотодетекторы и светоизлучающие диоды.

Электронные квантовые размерные эффекты в полупроводниках. Квантовые ямы, квантовые проволоки, квантовые точки и сверхрешетки. Методы изготовления квантовых ям и квантовых точек. Физические явления в полупроводниковых наноструктурах (модуляционное легирование, квантовый эффект Холла, резонансное туннелирование, баллистический перенос, специфика поглощения и излучения и пр.). Устройства на основе полупроводниковых наноструктур.

**Раздел 7.** Неорганические наноматериалы, получаемые с помощью порошковых технологий.

Методы получения неорганических нанопорошков и наноматериалов. Консолидация нанопорошков. Структура и механические свойства наноматериалов. Конструкционные, оптические, каталитические и другие применения неорганических наноматериалов.

**Раздел 8.** Магнитные наноматериалы и устройства.

Общие представления о магнитных материалах. Диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики. Магнитная анизотропия. Процессы намагничивания и перемагничивания.

Специфика наномагнитных материалов. Мягкие и жесткие магнитные наноматериалы. Материалы и устройства с гигантским магнетосопротивлением. Наномагнетизм в технике.

**Раздел 9.** Наноразмерные формы углерода и их применение.

Аллотропные формы углерода. Графен и углеродные нанотрубки: структура, синтез, свойства. Применение графена и нанотрубок.

**Раздел 10.** Нанотехнологии в оптике.

Плазменные колебания и волны. Плазмонные наночастицы в цветных стеклах - загадки дихроизма. Гигантское комбинационное рассеяние и его возможности для детектирования малых количеств примесей в жидкостях.

1. **Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):** конспекты и аудиозаписи лекций, интернет-ресурсы для дополнительного знакомства с материалами по тематике лекций
2. **Ресурсное обеспечение:**

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы:

Основная литература:

1. Научные основы нанотехнологий и новые приборы. Учебник-монография под ред. Р. Келсалла, А. Хамли, М. Геогегана. Долгопрудный: «Интеллект», 2011. 528 с.

Дополнительная литература:

1. Дж. М. Мартинес-Дуарт и др. Нанотехнологии для микро- и оптоэлектроники. М.: «Техносфера», 2007. 367 с.
2. Нанотехнологии. Азбука для всех. Под ред. Ю.Д. Третьякова. М.: «Физматлит», 2009. 368 с.
3. А.А. Елисеев, А.В. Лукашин, Ю.Д. Третьяков. Функциональные наноматериалы. М.: «Физматлит», 2010. 456 с.
4. С.В. Ткачев, С.П. Губин. Графен и родственные наноформы углерода. М.: «Ленанд», 2015. 112 с.
5. В.А. Кульбачинский. Физика наносистем. М.: «Физматлит», 2022. 767 с.

## 8.2. Интернет-ресурсы

## 1. <https://elementy.ru/bookclub/book/441/Elementy>

## 2. <http://www.nanometer.ru/library_list.html>

## 3. <https://www.klimonsky.ru/nanomaterials>

1. Доступ к основным мировым on-line библиотекам и базам данных (Web of Science и другие)
2. Доступ к on-line ресурсам и журналам издательства Elsevier, Springer и других.

Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. До- ступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbmgu.ru/>

1. **Материально-техническое обеспечение**: специальных требований нет, занятия проводятся в аудитории, оснащенной техникой для демонстрации презентаций.
2. **Язык преподавания** - русский.
3. Лектор: к.ф.-м.н., с.н.с. Климонский Сергей Олегович, [klimonskyso@my.msu.ru](mailto:klimonskyso@my.msu.ru), +79166472366.

**12. Фонд оценочных средств** (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

12.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости:

Опросы по темам лекций

12.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

Вопросы к зачету:

1. Вещества, используемые для изготовления керамических материалов.

2. Методы исследования состава и структуры материалов.

3. Основные стадии производства керамических материалов.

4. Зависимость удельного электрического сопротивления металлов и полупроводников от температуры.

5. Определение числа формульных единиц и координационного числа ионов в элементарной ячейке.

6. Методы получения материалов.

7. Коррозия металлов и методы борьбы с ней.

8. Принцип функционирования литий-ионных аккумуляторов.

9. Применение материалов на основе диоксида титана.

10. Применение материалов на основе металлов 2 группы.

11. Принцип работы электрохромных устройств.

12. Механические свойства материалов на основе металлов, керамики и полимеров.

13. Высокотемпературные сверхпроводники: состав, получение, свойства.

14. Основные особенности наноматериалов.

15. Материалы на основе железа, кобальта, никеля.

16. Применение металлов платиновой группы в катализе.

## 13. Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)** | | | | |
| Оценка Результат | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Знания | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания | Общие, но не структурирован- ные знания | Сформированные систематиче- ские знания |
| Умения | Отсутствие умений | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержа-  щее отдельные пробелы умение (допускает неточности неприн- ципиального характера) | Успешное и систематическое умение |
| Навыки (владения) | Отсутствие навыков | Наличие отдельных на- выков | В целом, сформированные навы- ки, но не в активной форме | Сформированные навыки, при меняемые при решении задач |

|  |  |
| --- | --- |
| **РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)** | **ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ** |
| Знать: основные понятия и теоретические основы современных наук о материалах, свойствах основных классов материалов и технологиях их получения | мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете |
| Уметь: решать задачи, связанные с теоретическими основами наук о материалах | мероприятия текущего контроля  успеваемости, устный опрос на зачете |
| Владеть: основным междисциплинарным аппаратом современного материаловедения.  Иметь опыт решения типовых задач, связанных со свойствами и технологиями материалов | мероприятия текущего контроля  успеваемости, устный опрос на зачете |