

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/

«28» сентября 2024 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
(27 августа 2024 г.)

Москва 2024

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть, курс предназначен для студентов 1-4 курсов бакалавриата, 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 межкафедрским 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.

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

Компетенция	Планируемые результаты обучения по дисциплине (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.

4. 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.

5. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Базовые школьные знания курсов химии, физики, естествознания.

6. 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 содержание разделов дисциплины форма промежуточной аттестации по дисциплине	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа, в т.ч., лабораторные и практические работы	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др.)*	Всего	Подготовка к лабораторным занятиям, миниконференциям и пр.	Подготовка докладов, рефератов 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 нанобъекты. 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 нанобъектов.

Раздел 4. Методы изготовления нанобъектов.

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.

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

8. 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. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются: <http://nbmgu.ru/>

9. Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в аудитории, оснащенной техникой для демонстрации презентаций.

10. Язык преподавания - русский.

11. Лектор: к.ф.-м.н., с.н.с. Климонский Сергей Олегович, 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 структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые 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