Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Факультет наук о материалах

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана ФНМ
член-корр. РАН
_____/А.В.Лукашин/
«17» августа 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МЕЖФАКУЛЬТЕТСКОГО КУРСА

Наноматериалы и приборы на их основе

Уровень высшего образования:
бакалавриат, магистратура, специалитет

Форма обучения:
очная, очно-заочная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Методической комиссией факультета наук о материалах
(27 августа 2026 г.)

Москва 2026

Рабочая программа курса разработана в соответствии реализуемыми в МГУ основными профессиональными образовательными программами высшего образования, разработанными на основе самостоятельно установленных образовательных стандартов (ОС МГУ) по направлениям подготовки/специальностям высшего образования.

1. **Место курса в структуре ООП**: вариативная часть, курс предназначен для студентов 1-4 курсов бакалавриата, 1-6 курсов специалитета, 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.

3. **Входные требования для освоения курса, предварительные условия:** необходимо обладать базовыми знаниями в области химии, физики и естествознания в объеме школьной программы.

4. **Планируемые результаты обучения по курсу.**

Планируемые результаты обучения по курсу
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.

5. **Объем курса** 1 з.е., в том числе **24** академических часа на контактную работу обучающихся с преподавателем, **12** академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

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

6.1. Структура курса 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, мини-конференциям 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**		1	1

Раздел 7		1	0	0	0		**1**		1	1
Раздел 8		3	0	0	0		**3**		1	1
Раздел 9		2	0	0	0		**2**		1	1
Раздел 10		2	0	0	0		**2**		1	1
Промежуточная аттестация – контрольная работа									2	2
Итого	**36**	**24**	0	0	0	0	**24**		12	**12**

6.2. Содержание разделов (тем) курса:

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.

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по курсу:

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.

Шкала и критерии оценивания знаний, умений и навыков

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по курсу				
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

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.