

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Ивановский государственный политехнический университет"**

УТВЕРЖДАЮ

Директор института _____

_____ 2026 г.

Углеродные наноструктурированные материалы

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	ЕНиТБ (Естественных наук и техносферной безопасности)		
Учебный план	28.03.02 Наноинженерия; 08.03.01 Строительство		
Направленность (профиль)	Инженерия нанокompозитных материалов в строительстве		
Квалификация	бакалавр		
Форма обучения	очная		
Общая трудоемкость	2 ЗЕТ		
Часов по учебному плану	64	Виды контроля в семестрах: зачет, 7 семестр	
в том числе:			
аудиторные занятия	26		
самостоятельная работа	38		

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	7		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	14	14	14	14
Практические	12	12	12	12
Итого ауд.	26	26	26	26
Контактная работа	26	26	26	26
Сам. работа	38	38	38	38
Часы на контроль				
Итого	64	64	64	64

Программу составил(и):

Бондаренко Л.И., доцент, _____

Рецензент(ы):

Пророкова Н.П., профессор, _____

Рабочая программа дисциплины

Углеродные наноструктурированные материалы

Разработана в соответствии с ФГОС ВО

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 28.03.02 Наноинженерия. Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. N 923
Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (Приказ Минобрнауки России от 31.05.2017 г. № 481)

составлена на основании учебного плана

28.03.02 Наноинженерия; 08.03.01 Строительство

утвержденного ученым советом вуза от 26.03.2026 протокол №6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

ЕНиТБ (Естественных наук и техносферной безопасности)

Зав. кафедрой Красильников И.В. _____

Согласовано

Зав. выпускающей кафедрой ЕНиТБ Красильников И.В. _____

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
Цели:	изучение свойств наноматериалов на основе углерода, методов их получения и исследования; изучение строения наноструктур на основе углерода.
Задачи:	формирование знаний и умений, позволяющих прогнозировать свойства углеродных наноматериалов, а также способность управлять этими свойствами в современных технологиях.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.07.01
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
	знать: основные законы неорганической, органической и физической химии, иметь понятие о механизмах химических реакций, строении атома. уметь: решать типовые химические, физические и технологические задачи, использовать основные химические законы и справочные данные; работать в коллективе; пользоваться персональным компьютером для поиска информации и решения профессиональных задач. владеть: методами поиска и обмена информацией в локальных и глобальных компьютерных сетях, техническими и программными средствами защиты информации при работе с компьютерными системами.
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
	Умные материалы в строительстве.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ	
ДПК-1:Способность решать профессиональные задачи с помощью знаний, приобретенных в процессе формирования индивидуальной образовательной траектории	
ДПК-1.1. Проектировать индивидуальные образовательные маршруты для построения профессиональной карьеры и определять стратегию профессионального развития	
ДПК-1.2. Формирование творческого отношения к решению профессиональных задач	
ДПК-1.3. Формирование практических навыков в области информационно-коммуникационных технологий	
В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:	
Знать:	- аллотропные модификации углерода, теорию строения фуллеренов и углеродных нанотрубок; - методы синтеза углеродных наноматериалов; - методы исследования структуры и свойств углеродных наноматериалов; - методы очистки, разделения и функционализации свойств углеродных нанотрубок.
Уметь:	интерпретировать экспериментальные результаты исследования свойств углеродных наноматериалов современными методами.
Владеть:	навыками выбора исследования и получения наноматериалов на основе углерода.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)			
Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
Раздел 1. Строение наноструктур на основе углерода. Тема 1. Углерод и его аллотропные модификации Тема 2. Практические применения углеродных наноструктур Тема 3. Разнообразие углеродных наноструктур и их классификация			
/Лек/	7	5	
/Пр/	7	6	
/СР/	7	12	
Раздел 2. Свойства наноматериалов на основе углерода Тема 1.История создания и развития углеродных наноматериалов Тема 2.Особенности углеродных наноматериалов			
/Лек/	7	3	
/Пр/	7	2	
/СР/	7	6	
Раздел 3. Изучение структурных типов углеродных нанотрубок Тема 1.Разновидности многослойных нанотрубок			
/Лек/	7	3	
/Пр/	7	2	
/СР/	7	10	
Раздел 4. Методы получения и исследования углеродных наноматериалов Тема 1. Основные методы получения углеродных наноматериалов Тема 2. Методы исследования углеродных наноматериалов			
/Лек/	7	3	
/Пр/	7	2	
/СР/	7	10	
/За/	7	0	

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В рамках внутренней системы оценки качества подготовки для текущего контроля и промежуточной аттестации в университете применяется балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся (очной формы обучения). При реализации образовательной программы в университете применяются электронное обучение и дистанционные образовательные технологии. Для проведения аудиторной и внеаудиторной контактной работы используются технологии видеоконференцсвязи. Для проведения всех видов занятий используется электронная информационно-образовательная среда вуза. Чтение лекций по данной дисциплине может проводиться как в классическом виде (монолог, монолог-диалог, проблемное изложение), так и с использованием мультимедийных презентаций. Презентация позволяет преподавателю четко структурировать материал лекции, экономить время, затрачиваемое на рисование на доске схем, написание формул и других сложных объектов, что дает возможность увеличить объем излагаемого материала. Кроме того, презентация позволяет очень хорошо иллюстрировать лекцию не только схемами и рисунками, которые есть в учебниках, но и полноцветными фотографиями, рисунками, портретами ученых и т.д. Электронная презентация позволяет отобразить физические и химические процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала. Обучающимся предоставляется возможность копирования презентаций для самоподготовки и подготовки к экзамену. При работе в малоконтингентной группе, сформированной из достаточно успешных обучающихся, целесообразно использовать диалоговую форму ведения лекций с использованием элементов практических занятий, постановкой и решением проблемных задач и т.д. При проведении практических занятий не менее 1 часа из двух (50% времени) отводится на самостоятельное решение задач. Практические занятия целесообразно строить следующим образом: 1. Вводная преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены). 2. Беглый опрос. 3. Решение 1-2 типовых задач у доски. 4. Самостоятельное решение задач. 5. Разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего). Для подготовки к обучающимся (индивидуально или по 2-3 человека) в начале семестра даются темы докладов. Раскрыть тему доклада обучающийся может с использованием мультимедийных презентаций, демонстрацией интерактивных компьютерных моделей или (с помощью преподавателя) посредством демонстрационного эксперимента. В обсуждение темы и проекта включаются все обучающиеся, оценка выставляется с учетом полноты и доступности представляемого материала, оригинальности проекта и активности обучающегося при обсуждении других докладов. Практические занятия представляют собой, как правило, занятия по решению различных прикладных задач, образцы которых были даны на лекциях. В итоге у каждого обучающегося должен быть выработан определенный профессиональный подход к решению каждой задачи и интуиция. В связи с этим вопросы о том, сколько нужно задач и какого типа, как их расположить во времени в изучаемом курсе, какими домашними заданиями их подкрепить. Отбирая систему упражнений и задач для практического занятия, преподаватель стремится к тому, чтобы это давало целостное представление о предмете и методах изучаемой науки, причем методическая функция выступает здесь в качестве ведущей.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Примерные вопросы теста.

Вопрос 1. Какие известные на сегодняшний день аллотропные формы образует углерод?

- а) только алмаз и графит;
- б) только алмаз, графит и карбин;
- в) только алмаз, графит и фуллерен;
- г) алмаз, графит, фуллерен и карбин.

Вопрос 2. Что такое фуллерен?

- а) железосодержащая наноструктура, используемая в медицине;
- б) углеродная нанотрубка;
- в) семейство шарообразных полых молекул общей формулы C_n ;
- г) плоский лист графита мономолекулярной толщины.

Вопрос 3. В узлах кристаллической решетки фуллеритов находятся:

- а) атомы углерода;
- б) фуллерены;
- в) наночастицы;
- г) молекулы органических соединений..

Вопросы к зачету

1. Особенности материалов нанометрового масштаба.
2. Разнообразие углеродных структур и их классификация.
3. Основные физико-химические свойства углерода.
4. Особенности углеродной связи.
5. Основные аллотропные формы углерода.
6. История открытия фуллеренов в контексте астрофизических исследований
7. Структура фуллеренов с точки зрения геометрии и с позиций особенностей углеродных связей.
8. Методы синтеза фуллеренов.
9. Основные физико-химические свойства фуллеренов, особенности термической ста-бильности и окисления фуллеренов.
10. Примеры фуллероидных соединений на основе C_{60} .
11. Особенности фазовых переходов в фуллеритах.
12. Углеродные нанотрубки, их строение, свойства и применение.
13. Структура одностенных углеродных нанотрубок.
14. Структура многостенных углеродных нанотрубок.
15. Связь между строением нанотрубок и структурой графита, межатомные расстояния внутри одного слоя и между слоями.
16. Хиральность, индексы хиральности, характеризующие геометрию и, как следствие, основные физические свойства
17. Структура дефектов на поверхности нанотрубок и их влияние на форму и физические свойства нанотрубок.
18. Основные методы синтеза нанотрубок: методы дугового разряда, лазерного испарения и осаждения из газовой фазы.
19. Золь-гель метод получения углеродных материалов пиролизом этанола на никелевом катализаторе.
20. Химические свойства углеродных нанотрубок.
21. Механические свойства нанотрубок.
22. Электрические свойства нанотрубок.
23. Магнитные свойства нанотрубок.
24. Оптические свойства нанотрубок.
25. Применения нанотрубок: нанотрубки-контейнеры, полупроводниковые электронные элементы на основе нанотрубок, элементы фотоники и наноэлектромеханические элементы, и др.
26. Способы очистки углеродных нанотрубок.
27. Углеродные нановолокна.
28. Структурные особенности графена.
29. Графеновые структуры: синтез, свойства, перспективы применения.
30. Методы исследования наноуглеродных материалов.

Темы докладов

1. Углерод и его аллотропные модификации. Открытие, свойства и применение: фуллерены, углеродные нанотрубки, графен.
2. Физические свойства углеродных нанотрубок.
3. Углеродные нанотрубки в нанотехнологии.
4. Методы получения углеродных нанотрубок.
5. Методы наблюдения углеродных нанотрубок.

ФОС по дисциплине представлен в ПРИЛОЖЕНИИ к РПД.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1 Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л1.1	Корабельников Д.В.	Физика наноструктур: учебное пособие, ,	Кемерово: Кемеровский государственный университет, 2016. ,
Л1.2	Рыжонков Р.И.	Нanomатериалы : учебное пособие для вузов, ,	М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008,
Л1.3	Барыбин А.А., Бахтина В.А., Томилин В.И. , Томилина Н.П.	Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур : учебное пособие, 236 с., ,	Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011.,
Л1.4	Волков Г.М.	Объемные наноматериалы: учебное пособие , ,	М.: КНОРУС, 2013. - 168с. ,

7.1.2 Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л2.1	Рамбиди Н. Г.	Физические и химические основы нанотехнологий, ,	Москва : Физматлит, 2009,
Л2.2	Батаев В.А., Буров В.Г., Батаев И.А. и др.	Процессы и технологии получения наноразмерных порошков и наноструктурированных материалов : учебное пособие– 283 с. , ,	Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017,
Л2.3	Кулик В. И.	Наномодифицированные конструкционные материалы : учебное пособие, ,	Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2020,
Л2.4	Фесик Е. В.	Методы получения наноразмерных материалов : учебно-методическое пособие, ,	Москва : РТУ МИРЭА, 2021,
Л2.5	Бартенев Г.М.	Физика и механика полимеров: учебное пособие для вузов, ,	М.: Высшая школа, 1983,

7.2. Электронные учебные издания и электронные образовательные ресурсы

E-learning Портал электронного образования ИВГПУ: <https://moodle.ivgpu.ru/>

7.3. Информационное обеспечение дисциплины

7.3.1 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

Лицензионное программное обеспечение вуза: Microsoft Windows XP Professional (Лицензия № 42475881 от 13.07.2007), Microsoft Office Office Standart 2007 (Лицензия № 44711992 от 21.10.2008). Свободно распространяемое: программный пакет Moodle, Google Chrome, Opera, Mozilla Firefox, Libre Office и др.

7.3.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

7.3.2.1 ЭБС "Университетская Библиотека Онлайн", <https://biblioclub.ru>

7.3.2.2 ЭБС издательства "Лань", <https://e.lanbook.com/>

7.3.2.3 Электронная библиотека ИВГПУ, <https://lib.ivgpu.ru/>

8. МТО (ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ)

В качестве материально-технической базы используются лекционная аудитория с оборудованием для показа презентаций.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

На основании изучения содержания учебной дисциплины преподавателю целесообразно разработать матрицу наиболее предпочтительных методов обучения и форм самостоятельной работы обучающихся, адекватных видам лекционных и практических занятий.

Необходимо предусмотреть развитие форм самостоятельной работы, выводя обучающихся к завершению изучения учебной дисциплины на её высший уровень. Пакет заданий для самостоятельной работы следует выдавать в начале семестра, определив предельные сроки их выполнения и сдачи. Организуя самостоятельную работу, необходимо постоянно обучать студентов методам такой работы.

Вузовская лекция – главное звено дидактического цикла обучения. Её цель – формирование у обучающихся ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы. Содержание лекции должно отвечать следующим дидактическим требованиям:

- изложение материала от простого к сложному, от известного к неизвестному;
- логичность, четкость и ясность в изложении материала;
- возможность проблемного изложения, дискуссии, диалога с целью активизации деятельности студентов;
- тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и будущей профессиональной деятельностью обучающихся.

Практическое занятие проводится по узловым и наиболее сложным вопросам (темам, разделам) учебной программы. Он может быть построен как на материале одной лекции, так и на содержании обзорной лекции, а также по определённой теме без чтения предварительной лекции. Главная и определяющая особенность любого практического занятия наличие элементов дискуссии, проблемности, диалога между преподавателем и студентами и самими обучающимися.

В конце практического занятия рекомендуется дать оценку всего занятия, обратив особое внимание на следующие аспекты:

- качество подготовки;
- степень усвоения знаний;
- активность;
- положительные стороны в работе обучающихся;
- ценные и конструктивные предложения;
- недостатки в работе обучающихся;
- задачи и пути устранения недостатков.

Для подготовки к лабораторным работам каждый обучающийся должен получить в библиотеке методические указания к лабораторным работам по физике. В этих указаниях даны описания лабораторных работ, излагается методика выполнения экспериментальной и расчетной части работы.

Каждая лабораторная работа включает в себя следующие этапы:

- проверка готовности к выполнению лабораторной работы;
- выполнение предусмотренных опытов, измерений и вычислений;
- подготовка письменного отчета;
- сдача зачета по предыдущей работе.

При подготовке к лабораторным работам, обучающимся необходимо использовать конспекты лекций, рекомендуемые учебники и имеющиеся в библиотеке вуза методические указания, в которых, помимо теоретического введения, имеется методика теоретической и экспериментальной части работы.

Проверка готовности обучающихся к выполнению лабораторной работы осуществляется преподавателем в процессе устного собеседования.

Во время лабораторной работы все необходимые исходные данные и результаты измерений заносятся в журнал экспериментальной работы, который должен содержать название и номер работы, заранее подготовленные таблицы для внесения полученных результатов. Здесь же производятся все необходимые вычисления.

По каждой выполненной работе должен быть составлен отчет, включающий в себя:

- номер, название и цель работы;
- перечень используемых приборов и принадлежностей;
- схему установки;
- основные расчетные формулы;
- таблицу результатов измерений и вычисления;
- расчет погрешностей измерений;
- построение необходимых графиков;
- запись окончательного результата с учетом погрешностей и выводы.

При подготовке к зачету необходимо руководствоваться перечнем контрольных вопросов, приведенных в каждой работе, которые отражают как основные теоретические аспекты работы, так и методику экспериментального изучения физических явлений и закономерностей.

При изложении материала важно помнить, что почти половина информации на лекции передается через интонацию. Учитывать тот факт, что первый кризис внимания студентов наступает на 15-20-й минутах, второй – на 30-35-й минутах.

При проведении аттестации обучающихся важно всегда помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний обучающихся. Проверка, контроль и оценка знаний обучающегося требуют учета его индивидуального стиля в осуществлении учебной деятельности. Знание критериев оценки знаний обязательно для преподавателя и обучающегося.

Перечень контрольных мероприятий:

1. Текущий контроль – осуществляется на практических занятиях. Преподаватель оценивает качество работы на занятиях и правильность выполнения работы. Также к текущему контролю относятся написание доклада.
2. Промежуточный контроль – зачет.

10. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ООП ВО ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Преподавание дисциплины должно учитывать особенности познавательной деятельности и личностной особенности обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалидов (по возможности на лекциях, семинарах, лабораторных работах и т.д.). Учет особенностей обучающихся с инвалидностью в полной мере проявляется на предусмотренных для таких обучающихся индивидуальных консультациях по дисциплине.

Необходимо во время преподавания в общей группе учитывать реальные возможности лиц с ОВЗ и инвалидов. Коррекция методики преподавания для данной группы лиц возможна на индивидуальных занятиях. Преподаватель должен учитывать физиологические особенности обучаемого и разработать рекомендации и приемы выполнения поставленной задачи индивидуально. Возможен подбор индивидуального задания с коррекцией уровня сложности выполняемого задания.

Специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья условия обучения, воспитания и развития таких обучающихся, включающие в себя использование специальных образовательных программ и методов обучения и воспитания, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий, обеспечение доступа в здания организаций, осуществляющих образовательную деятельность, и другие условия, без которых невозможно или затруднено освоение образовательных программ обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение и дистанционные образовательные технологии должны предусматривать возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Необходимо учитывать тот факт, что обучающиеся не всегда имеют физическую возможность посещать занятия. Поэтому целесообразно разрабатывать дистанционную информационную поддержку процесса обучения. Таким средством могут являться обучающие компьютерные фильмы по данной дисциплине, презентации, которые обучающийся может просматривать дома в комфортной среде и без лимита времени.

Обучающиеся из числа лиц с ОВЗ и инвалидов обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

При проведении занятий в компьютерных лабораториях целесообразно использовать проектор для наиболее удобного размещения обучающегося с ОВЗ при изложении материала занятия.