

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ
проректор

_____ П. А. Машаров
«17» апреля 2025 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

СИНТЕЗ И СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Укрупненная группа направлений подготовки	28.00.00 Нанотехнологии и наноматериалы
Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	28.04.03 Наноматериалы
Направленность (профиль) образовательной программы	Наноматериалы и нанотехнологии
Квалификация	Магистр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа может быть адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Рабочая программа дисциплины **«Синтез и свойства полимерных наноматериалов»** для обучающихся по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы и нанотехнологии), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – магистратура по направлению подготовки 28.04.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 22 сентября 2017 г. № 966 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2025 года.

Разработчик:

профессор кафедры теоретической
физики и нанотехнологий,
д-р. физ.-мат. наук, проф.

В.М. Юрченко

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий.

Протокол от 10.04.2025 г. № 18.

Заведующий кафедрой

А. Г. Петренко

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
16.04.2025 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета.

Протокол от 16.04.2025 г. № 4

Председатель

В. Н. Котенко

Руководитель основной образовательной
программы, д-р физ.-мат. наук, проф.
10.04.2025 г.

А. Г. Петренко

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Введение в специальность, Явления переноса в кристаллах и тонких пленках, Физика гетероэпитаксиальных наноструктур, Квантовая и оптическая электроника.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

Современные функциональные материалы, Производственная практика: научно-исследовательская работа.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы (далее – ОП)	28.04.03 Наноматериалы (Профиль: Наноматериалы и нанотехнологии)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.В.ДВ.1.2 Синтез и свойства полимерных наноматериалов
Часть образовательной программы	Вариативная часть: выбор обучающегося
Количество зачетных единиц / всего часов	4 / 144

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	1	2	14	–	42	88	144	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Получение углубленных знаний в области физических основ формирования структуры и «особых» свойств наноразмерных и наноструктурированных материалов: формировании у будущих специалистов умений для использования этих эффектов для создания новых функциональных материалов и технологий их изготовления.

**4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ
ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ
И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ПК-4. Способен вносить предложения в техническое задание на разработку нанопродукции	ПК-4.1. Вносит предложения в техническое задание на разработку нанопродукции	ПК-4.1.1. Знает структуру и содержание технического задания. ПК-4.1.2. Умеет анализировать и совершенствовать техническое задание. ПК-4.1.3. Владеет навыками работы с нормативно-технической документацией.
	ПК-4.2. Участствует в обеспечении контроля и мониторинга выпускаемой нанопродукции	ПК-4.2.1. Знает основные этапы производственного контроля выпускаемой нанопродукции. ПК-4.2.2. Умеет осуществлять мониторинг выпускаемой нанопродукции. ПК-4.2.3. Владеет навыками работы с нормативно-технической документацией.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Раздел 1. Синтез и свойства полимерных наноматериалов	
Полимеры: термо – и реактопластики; перо – и поропласты, смолы, клеи.	Архитектура и свойства полимеров. Электропроводные макромолекулы. Ионная имплантация полимеров. Биологические наноструктуры. Жидкие кристаллы.
Механика жидких кристаллов.	Статические деформации нематиков. Прямолинейные дисклинации в нематиках. Топологические свойства дисклинации. Уравнение движения нематиков. Диссипативные коэффициенты нематиков. Распространение малых колебаний в нематиках.
Холестерики и смектики в жидких кристаллах.	Механика холестериков. Упругие свойства смектиков. Дислокации в смектиках. Уравнение движения смектиков. Звук в смектиках.
Стеклообразные гомополимеры.	Закономерности проявления памяти формы. Модели для описания эффекта памяти формы. Физические механизмы эффекта памяти формы. Эффект памяти формы в материалах с полимерной сеткой.
Кристаллизующиеся гомополимеры.	Закономерности проявления памяти формы. Эволюция структуры при восстановлении формы. Память формы в сшитых полимерах.
Сополимеры.	Линейные блок – сополимеры. Мультиблочные сополимеры с $T_n = T_{пл}$. Мультиблочные сополимеры с $T_n = T_c$. Другие термопластичные сополимеры. Сшитые сополимеры.

Полимерные смеси.	Особенности восстановления формы в смесевых композициях. Нетрадиционные проявления эффекта памяти формы. Формовосстановления в сшитых полимерных системах.
Дисперсно наполненные полимерные композиты.	Композиты с компактными наполнителями. Полимеризационно наполненные композиты. Композиты с наноразмерными наполнителями. Композиты с уплотняющимися наполнителями.
Полимерные гели.	Полимерные гели.
Эффект памяти формы в технологиях и устройствах.	Технические применения. Применение в медицине.
Гидроэкструзия полимеров.	Особенности гидроэкструзии полимеров. Механика процесса. Давление и скорость экструзии. Влияние конфигурации деформирующего инструмента и рабочей среды.
Структуры и свойства деструктированных систем.	Структура и свойства экструдатов. Аморфно – кристаллические полимеры. Аморфные полимеры. Полимерные композиты. Способы и устройства для гидроэкструзии полимерных материалов.

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 1, семестр – 2

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС+К	Всего
Раздел 1. Синтез и свойства полимерных наноматериалов	14		42	88	144
Полимеры: термо – и реактопластики; перо – и поропласты, смолы, клеи.	1		3	7	11
Механика жидких кристаллов.	1		3	7	11
Холестерики и смектики в жидких кристаллах.	1		3	7	11
Стеклообразные гомополимеры.	1		3	7	11
Кристаллизующиеся гомополимеры.	1		3	7	11
Сополимеры.	1		3	7	11
Полимерные смеси.	1		3	7	11
Дисперсно наполненные полимерные композиты.	1		3	7	11
Полимерные гели.	1		3	7	11
Эффект памяти формы в технологиях и устройствах.	1		3	7	11
Гидроэкструзия полимеров.	2		6	9	17
Структуры и свойства деструктированных систем.	2		6	9	17
ИТОГО ПО КОМПОНЕНТУ ОПОП	14	–	42	88	144

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

Раздел 1

1. Архитектура и свойства полимеров.
2. Электропроводные макромолекулы.
3. Ионная имплантация полимеров.
4. Биологические наноструктуры.
5. Жидкие кристаллы.
6. Статические деформации нематиков.
7. Прямолинейные дисклинации в нематиках.
8. Топологические свойства дисклинации.
9. Уравнение движения нематиков.
10. Диссипативные коэффициенты нематиков.
11. Распространение малых колебаний в нематиках.
12. Механика холестериков.
13. Упругие свойства смектиков.
14. Дислокации в смектиках.
15. Уравнение движения смектиков.
16. Звук в смектиках.
17. Закономерности проявления памяти формы.
18. Модели для описания эффекта памяти формы.
19. Физические механизмы эффекта памяти формы.
20. Эффект памяти формы в материалах с полимерной сеткой
21. Закономерности проявления памяти формы.
22. Эволюция структуры при восстановлении формы.
23. Память формы в сшитых полимерах.
24. Линейные блок – сополимеры. Мультиблочные сополимеры с $T_n = T_{пл}$.
Мультиблочные сополимеры с $T_n = T_c$.
25. Другие термопластичные сополимеры. Сшитые сополимеры.
26. Особенности восстановления формы в смесевых композициях.
27. Нетрадиционные проявления эффекта памяти формы.
28. Формовосстановления в сшитых полимерных системах.
29. Композиты с компактными наполнителями.
30. Полимеризационно наполненные композиты.
31. Композиты с наноразмерными наполнителями.
32. Композиты с уплотняющимися наполнителями.
33. Технические применения. Применение в медицине.
34. Полимерные гели.
35. Особенности гидроэкструзии полимеров.
36. Механика процесса. Давление и скорость экструзии.
37. Влияние конфигурации деформирующего инструмента и рабочей среды.
38. Структура и свойства экструдатов.
39. Аморфно – кристаллические полимеры.
40. Аморфные полимеры.
41. Полимерные композиты.
42. Способы и устройства для гидроэкструзии полимерных материалов

7.2. Темы докладов (рефератов)

1. Виды плазмонов.
2. Плазмонные состояния.
3. Фотонные кристаллы.

4. Дифракционная оптика.
5. Перемещение фотонов в кристаллах.
6. Акустические и оптические колебания.
7. Оптические процессы в наноструктурах.
8. Метаматериалы.
9. Перекрестные термические эффекты.
10. Порошковая металлургия.
11. Аморфизация.
12. Технология обработки поверхности.
13. Наноматериалы и их применение.
14. Взаимодействие спина с магнитным полем.
15. Основы теории магнетизма.
16. Наноизделия.
17. Микроизделия.
18. Массивные наноматериалы: однофазные и многофазные.
19. Композиты с компонентами из наноматериалов.
20. Особенности свойств наноматериалов.

7.3. Темы письменных работ (типы задач)

- Измерение физических характеристик полимеров – плотность, временное сопротивление, модуль упругости при растяжении.
- Ионная имплантация – как способ изменения структуры и состава полимерных материалов.
- Мезоуровень – как промежуточное состояние между биомолекулами и живыми организмами.
- Определение основных физических характеристик нематиков – плотность, давление и скорость (как характеристик жидких сред) и директора.
- Использование метода неопределенных множителей Лагранжа как способ получения уравнения для молекулярного поля граничных условий. Упругие модули Франка.
- Холестерики как жидкие кристаллы, характеризующиеся отсутствием центра симметрии типа центра инверсии. Геликоидальные структуры.
- Понятия о жидких анизотропных кристаллах – смектиках.
- Основные отличия термопластичных полимеров от термореактивных полимеров.
- Исследование условий применения герметиков и компаундов и установление принципиальных отличий последствий их применения
- Установить принципиальную разницу между неорганическими полимерами и биологическими полимерами, а также органическими макромолекулами
- Установить основные причины и механизмы проведения определенными макромолекулами электрического тока.
- Дать описание механизмов проводимости, которые реализуются при различных дозах облучения
- Дать описание устройств биологических наноструктур
- Физический смысл температур стеклования и деформации (деформирования). Понятие о релаксационных процессах и температуре релаксации
- Стадии физических механизмов эффекта памяти формы – стадии текучести, вытяжки и скольжения. Пластические сдвиговые трансформации.
- Понятие степени восстановления размеров формы и описание этой степени при помощи уравнения Муни – Ривлина.

- Основное назначение и роль термоусаживающихся микропористых пленок в литиевых батареях.

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

7.4. Образец содержания экзаменационного билета

Донецкий государственный университет
Физико-технический факультет
Кафедра теоретической физики и нанотехнологий

Программа высшего образования	Программа магистратуры
Направление подготовки	28.04.03 Наноматериалы
Профиль	Наноматериалы и нанотехнологии
Форма обучения	Очная
Семестр	Второй
Дисциплина	Синтез и свойства полимерных наноматериалов

Экзаменационный билет № 1

1. Физические механизмы эффекта памяти формы.
2. Композиты с уплотняющимися наполнителями.
3. Полимерные композиты.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий, протокол № __ от _____ 202__ г.

Заведующий кафедрой

Экзаменатор

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже.

Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию. Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации – 100. Общее количество баллов за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на промежуточной аттестации и выставляется согласно принятому порядку.

8.1. Семестр 2

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1	Организационно-учебная работа в аудитории	20
	Самостоятельная работа	10
	Контрольные работы по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	20
ИТОГО		60
Промежуточная аттестация (экзамен)		40
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия проводятся в 4 учебном корпусе ДонГУ (г. Донецк, пр. Театральный, 13). Для проведения занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий (ауд. 256).

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине, размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная литература

1. Юрченко В.М. Процессы получения наночастиц и наноматериалов/ В.М. Юрченко, С. В. Терехов, Т.Н.Мельник ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк : ДонНУ, 2020. - Электронные текстовые данные (1 файл).

2. Юрченко В.М. Размерные эффекты в нанокристаллических материалах [Электронный ресурс]: для студентов, аспирантов, специализирующихся по направлению подготовки 030402 «физика» и специалистов в области физики конденсированных сред, теоретической физики и нанотехнологий. / Н. П. Иваницын, С. В. Терехов, В. М. Юрченко ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. - Донецк : ДонНУ, 2019. - Электронные текстовые данные (1 файл).

3. Терехов С. В. Физика нанообъектов: [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк: ДонНУ, 2013. – 418 с.

4. Варюхин, В. Н. Наноматериалы [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / В. Н. Варюхин, С. В. Терехов ; Донецкий нац. ун-т ; Донецкий физ.-техн. ин-т им. А. А. Галкина. - Донецк : ДонНУ, 2016. - Электронные данные (1 файл).

10.2. Дополнительная литература

1. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – Изд. 2-е. – Москва: Физматлит, 2009. – 414 с.

2. Нанотехнологии и специальные материалы : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 140140 - Техн. физика / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, С. А. Вологжанина, А. П. Петкова ; под ред. Ю. П. Солнцева. - Санкт-Петербург : Химиздат, 2009. - 334, [1] с.

3. Суздалев, И. П. Нанотехнология : физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов / И. П. Суздалев. - 2-е изд. - Москва : URSS : Либроком, 2009. - 589 с.

11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Национальная электронная библиотека (НЭБ):** федеральная государственная информационная система / Министерство Культуры РФ; Российская государственная библиотека. – Москва, 2019- . – URL: <https://rusneb.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный, подписка. Необходима установка программного обеспечения. – Текст: электронный.

2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

3. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014- . – URL: <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

4. Электронно-библиотечная система **«Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания Сетевой электронной библиотеки, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

5. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://urait.ru/library/svobodnyy-dostup/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: издания свободного доступа, для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

6. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016- . – URL: <http://library.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

7. **Электронный каталог** Научной библиотеки ДонГУ: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://library.donnu.ru/catalog/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.

8. **Электронный архив ДонГУ**: раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> (дата обращения: 31.03.2025). – Режим доступа: свободный.

12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)
4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).