

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Кафедра теоретической физики и нанотехнологий



УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
учебной работе

Е.И. Скафа

«*Виктор*» апреля 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Стохастические методы в физике

Направление подготовки:	03.04.02 Физика
Магистерская программа:	Физика конденсированного состояния
Образовательная программа:	академическая магистратура
Квалификация:	магистр
Форма обучения:	<u>очная</u> , очно-заочная, заочная

Донецк 2020



УТВЕРЖДАЮ:
Декан физико-технического факультета
С.А. Фоменко

«17» апреля 2020 г.

МП

Программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) направления подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 августа 2015 г. № 913; Порядка организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР № 1171 от «10» ноября 2017 г.; учебного плана и основной образовательной программы Физика конденсированного состояния, направления подготовки 03.04.02 Физика, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:
Профессор кафедры теоретической физики
и нанотехнологий

Л.С. Метлов

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий
Протокол №15 от «02» апреля 2020 г.
Заведующий кафедрой

В.Н. Варюхин

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета
Протокол № 5 от «15» апреля 2020 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета
ФИО

В.Н. Котенко

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

«Стохастические методы в физике» является дисциплиной вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: физика конденсированного состояния).

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Общая и экспериментальная физика (Молекулярная физика. Термодинамика)», «Теоретическая физика (Физика конденсированного состояния. Физика фазовых переходов. Термодинамика и статистическая физика. Физическая кинетика)», «Физика твердого тела», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения. Интегральные уравнения и вариационное исчисление» на предыдущем уровне образования.

Полученные знания используются студентами во время выполнения научно-исследовательской работы, при написании магистерской диссертации.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	03.04.02 Физика	
Магистерская программа	Физика конденсированного состояния	
Образовательная программа	академическая магистратура	
Квалификация	Магистр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина вариативной части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	МК, зачет	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	4	
Год подготовки	1	
Семестр	1	
Количество часов	144	
- лекционных	18	
- практических, семинарских		
- лабораторных	36	
- самостоятельной работы	90	
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	3	
в т.ч. аудиторных	3	

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи

Цель - формирование у будущих специалистов умений и компетенций для обеспечения эффективного применения стохастических и термодинамических методов относительно практических требований реальных потребностей преподавательской и научно-исследовательской деятельности с учетом достижений современного уровня науки в этой области.

Задача - обеспечение фундаментальных знаний основных методов и современных достижений о стохастических явлениях, связанных с потерей устойчивости движения, тепловым и пространственным (структурным) хаосом, изучение явлений стохастизации теплового движения вследствие генерации дефектов, связанных с этим низкочастотных переходных процессов, и рассеиваемой последних на нелинейных колебаниях и дефектах кристаллической решетки.

Требования к результатам освоения дисциплины. Процесс изучения дисциплины «Стохастические методы в физике» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО РФ направления подготовки 03.04.02 Физика и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: Физика конденсированного состояния):

а) общекультурных (ОК):

способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);
готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3).

б) общепрофессиональных (ОПК):

готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном языке для решения задач профессиональной деятельности (ОПК-1);
способностью к активной социальной мобильности, организации научно-исследовательских и инновационных работ (ОПК-3);
способностью адаптироваться к изменению научного профиля своей профессиональной деятельности, социокультурных и социальных условий деятельности (ОПК-4);
способностью использовать свободное владение профессионально профилированными знаниями в области компьютерных технологий для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами направленности (профиля) подготовки (ОПК-5);
способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе (ОПК-6);
способностью демонстрировать знания в области философских вопросов естествознания, истории и методологии физики (ОПК-7).

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская деятельность:

способностью самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта (ПК-1);

научно-инновационная деятельность:

способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2);

способностью принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности (ПК-3);

организационно-управленческая деятельность:

способностью планировать и организовывать физические исследования, научные семинары и конференции (ПК-4);

способностью использовать навыки составления и оформления

научно-технической документации, научных отчетов, обзоров, докладов и статей (ПК-5);

педагогическая деятельность:

способностью методически грамотно строить планы лекционных и практических занятий по разделам учебных дисциплин и публично излагать теоретические и практические разделы учебных дисциплин в соответствии с утвержденными учебно-методическими пособиями при реализации программ бакалавриата в области физики (ПК-6); способностью руководить научно-исследовательской деятельностью в области физики обучающихся по программам бакалавриата (ПК-7).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основные примеры стохастических систем;
- основные типы фазовых портретов;
- особенности фазовых портретов осцилляторов с двухячным потенциалом взаимодействия;
- объединенный первый и второй законы термодинамики;
- закон преобразования (сохранения) энергии не внутренних степенях свободы;
- роль низкочастотных колебаний, которые возникают при рождении дефектов, в стохастизации тепловых колебаний;
- особенности закона сохранения энергии для систем с одним и несколькими каналами диссипации;
- особенности канала диссипации связанного с движением дислокаций.

уметь:

- записывать систему эволюционных уравнений для случая одноуровневой модели неравновесной эволюционной термодинамики;
- записывать систему эволюционных уравнений для случая двухуровневой модели неравновесной эволюционной термодинамики;
- записывать систему эволюционных уравнений для моделирования процесса дефектообразования при интенсивной пластической деформации.

владеть:

- выводом теоремы Лиувилля;
- методами нахождения особенности парных потенциалов взаимодействия частиц в зависимости от расстояния;
- методами нахождения спектров простейших сигналов в записи теплового поля.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1 «Движение нульмерных и одномерных систем»	
Тема 1. Введение в стохастические процессы	Вводные понятия теории стохастических процессов. Возникновение хаоса. Чувствительность к начальным условиям. Броуновское движение.
Тема 2. Теорема Лиувилля. Уравнения Гамильтона	Теорема Лиувилля. Уравнения Гамильтона. Фазовое пространство. Статистический ансамбль. Хаотизация движения.
Тема 3. Движение нульмерных	Движение нульмерных систем. Эволюция в фазовом пространстве ансамбля линейных и нелинейных осцилляторов. Эволюция

систем. Эволюция в фазовом пространстве	ансамблей осцилляторов с вынуждающей внешней силой и с диссипацией.
Тема 4. Движение одномерных систем	Движение одномерных систем. Эволюция в фазовом пространстве нелинейной цепочки точечных частиц. Явление концентрации энергии хаотического движения в солитоноподобных возбуждениях. Эффект возврата Ферми-Паста-Улама в нелинейных цепочках.
Содержательный модуль 2. «Движение двумерных систем. Стохастические уравнения»	
Тема 5. Движение двумерных систем	Движение двумерных систем. Влияние на эффект возврата Ферми-Паста-Улама в нелинейных цепочках размерности системы.
Тема 6. Эволюция двухкомпонентных систем	Эволюция двухкомпонентных систем. Активатор и ингибитор. Модель гидры, Брюселлятор. Автоволновые реакции Белоусова-Жаботинского в химии. Экологическая задача хищник-жертва. Цивилизация умных хищников и “умных” жертв.
Тема 7. Стохастические уравнения	Стохастические уравнения. Случайные процессы, поля и их характеристики. Гауссов случайный процесс. Марковские процессы. Стохастические уравнения с Марковскими флуктуациями параметров.
Тема 8. Уравнение Фоккера–Планка. Уравнение Ланжевена	Приближение дельта–коррелированного гауссова случайного поля. Уравнение Фоккера–Планка. Уравнение Ланжевена.
Тема 9. О методах решения и анализа уравнения Фоккера–Планка	О методах решения и анализа уравнения Фоккера–Планка. Стационарные решения уравнения Фоккера–Планка. Метод усреднения по быстрым осцилляциям. Другие подходы к решению задач статистической гидродинамики.

Тематический план

Содержательный модуль: 1--«Движение нульмерных и одномерных систем»												
Названия содержательных модулей и тем	Количество часов											
	Очная форма обучения						Заочная форма обучения					
	всего	В Т.Ч.					всего	В Т.Ч.				
		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа		лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1. Введение в стохастические процессы	16	2		4	10							
Тема 2. Теорема Лиувилля. Уравнения Гамильтона	16	2		4	10							

Тема 3. Движение нульмерных систем. Эволюция в фазовом пространстве	16	2		4	10								
Тема 4. Движение одномерных систем	16	2		4	10								
Итого по содержательному модулю 1	64	8		16	40								
Содержательный модуль: 2-«Движение двумерных систем. Стохастические уравнения»													
Тема 5. Движение двумерных систем	16	2		4	10								
Тема 6. Эволюция двухкомпонентных систем	16	2		4	10								
Тема 7. Стохастические уравнения	16	2		4	10								
Тема 8. Уравнение Фоккера–Планка. Уравнение Ланжевена	16	2		4	10								
Тема 9. О методах решения и анализа уравнения Фоккера–Планка	16	2		4	10								
Итого по содержательному модулю 2	80	10		20	50								
Всего часов по дисциплине	144	18		36	90								

5. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕКЦИОННЫХ, ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Темы лекционных занятий

№ п/п	Название темы	Количество часов
1	Вводные понятия теории стохастических процессов. Возникновение хаоса. Чувствительность к начальным условиям. Броуновское движение.	2
2	Теорема Лиувилля. Уравнения Гамильтона. Фазовое пространство. Статистический ансамбль. Хаотизация движения.	2
3	Движение нульмерных систем. Эволюция в фазовом пространстве ансамбля линейных и нелинейных осцилляторов. Эволюция ансамблей осцилляторов с вынуждающей внешней силой и с диссипацией.	2
4	Движение одномерных систем. Эволюция в фазовом пространстве нелинейной цепочки точечных частиц. Явление концентрации энергии хаотического движения в солитоноподобных возбуждениях. Эффект возврата Ферми-Паста-Улама в нелинейных цепочках.	2

5	Движение двумерных систем. Влияние на эффект возврата Ферми-Паста-Улама в нелинейных цепочках размерности системы.	2
6	Эволюция двухкомпонентных систем. Активатор и ингибитор. Модель гидры, Брюселлятор. Автоволновые реакции Белоусова-Жаботинского в химии. Экологическая задача хищник-жертва. Цивилизация умных хищников и “умных” жертв.	2
7	Стохастические уравнения. Случайные процессы, поля и их характеристики. Гауссов случайный процесс. Марковские процессы. Стохастические уравнения с Марковскими флуктуациями параметров.	2
8	Приближение дельта-коррелированного гауссова случайного поля. Уравнение Фоккера–Планка. Уравнение Ланжевена.	2
9	О методах решения и анализа уравнения Фоккера–Планка. Стационарные решения уравнения Фоккера–Планка. Метод усреднения по быстрым осцилляциям. Другие подходы к решению задач статистической гидродинамики.	2
ВСЕГО		18

Темы лабораторных занятий

№ n/n	Название темы	Количество часов
1	Изучение закономерностей эволюции ансамбля линейных осцилляторов на фазовой плоскости.	3
2	Изучение закономерностей эволюции ансамбля нелинейных осцилляторов на фазовой плоскости.	4
3	Изучение закономерностей эволюции ансамбля линейных осцилляторов на фазовой плоскости, возбуждаемых синусоидальной внешней силой.	3
4	Изучение закономерностей эволюции ансамбля нелинейных осцилляторов на фазовой плоскости, возбуждаемых синусоидальной внешней силой.	4
5	Изучение закономерностей эволюции ансамбля линейных осцилляторов на фазовой плоскости, возбуждаемых синусоидальной внешней силой с учетом поглощения.	3
6	Изучение закономерностей эволюции ансамбля нелинейных осцилляторов на фазовой плоскости, возбуждаемых синусоидальной внешней силой с учетом поглощения.	4
7	Изучение свойств порошковых материалов, полученных спеканием.	3
8	Изучение ВАХ порошковых материалов в сильных электрических полях.	4
9	Изучение механических свойств сталей	4
10	Исследование электрофизических свойств сталей	4
ВСЕГО		36

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Организация самостоятельной работы студентов

№ n/n	Название темы	Количество часов
1	Примеры марковских процессов	15
2	Винеровский процесс	15
3	Пуассоновский процесс	15
4	Процесс Орнштейна — Уленбека	15
5	Случайный телеграфный процесс	15
6	Примеры детального баланса в уравнениях Фоккера — Планка	15
	ВСЕГО	90

7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

1. Доказать теорему Лиувилля.
2. Получить из выражения гамильтониана уравнения движения для линейных и нелинейных осцилляторов.
3. Записать выражение гамильтониана для линейных и нелинейных осцилляторов с синусоидальной вынуждающей силой и затуханием и из него вывести уравнения движения.
4. Вывести уравнение Фоккера–Планка и записать уравнение Ланжевена
5. Опишите механизм концентрации энергии в солитоноподобных возмущениях в нелинейных цепочках.
6. Раскройте роль активатора и ингибитора в эволюции многокомпонентных систем.
7. Приведите примеры Марковских стохастических процессов.

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Понятие о случайном процессе. Траектории.
2. Конечномерные распределения случайного процесса.
3. Основные примеры случайных процессов и особенности их использования в стохастическом моделировании. Пуассоновский,
4. винеровский процессы.
5. Процесс Орнштейна-Уленбека.
6. Методы гармонического анализа в стохастических моделях.
7. Применение характеристических функций.
8. Гауссовские системы.
9. Стационарные процессы. Спектральные представления
10. Методы теории восстановления. Применение преобразования Лапласа.
11. Узловая теорема восстановления.
12. Методы теории марковских процессов. Марковские цепи с непрерывным временем. Классификация.
13. Методы теории марковских процессов. Стационарные распределения.
14. Методы теории марковских процессов. Процессы рождения-гибели.

9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

(образец варианта и критерии оценивания)

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет физико-технический

Направление подготовки: **03.04.02 Физика**
 Магистерская программа: **Физика конденсированного состояния**
 Программа подготовки: **академическая магистратура**
 Семестр: **1**
 Учебная дисциплина: **Стохастические методы в физике**

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1

1. Процесс Орнштейна-Уленбека.
2. Методы гармонического анализа в стохастических моделях

Утверждено на заседании кафедрой теоретической физики и нанотехнологий,
протокол № ____ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____
Преподаватель _____

Критерии оценивания модульного контроля

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	15
Задание 2	15
Всего	30

10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Теоретические вопросы к зачету

1. Основные понятия стохастической физики. История вопроса
2. Динамические системы и хаос
3. Процессы стохастизации при плавлении металлов
4. Динамика систем точечных частиц. Теорема Лиувилля
5. Термодинамика. 1-й и 2-й закон термодинамики
6. Кинетика дефектов в рамках НЭТ в системах с тремя видами структурных дефектов
7. Стохастизация гармонического и ангармонического осциллятора
8. Неравновесная эволюционная термодинамика (НЭТ)
9. Автоколебательные и гистерезисные явления
10. Солитоны. Стохастизация волн в компьютерном эксперименте ФПУ
11. Температурные аспекты НЭТ
12. Магнитные фазовые переходы. Устойчивость доменных структур
13. Автоволны в двух- и многокомпонентных системах
14. Аналитические решения НЭТ
15. Другие модели НЭТ (гама-эпсилон переходы)
16. Волны Белоусова-Жаботинского
17. Теория НЭТ интенсивной пластической деформации (ИПД)
18. Фракталы
19. Солитоны. Стохастизация волн в компьютерном эксперименте ФПУ
20. Неравновесная эволюционная термодинамика (НЭТ)
21. Магнитные фазовые переходы. Устойчивость доменных структур
22. Стохастизация гармонического и ангармонического осциллятора

23. Термодинамика. 1-й и 2-й закон термодинамики
24. Другие модели НЭТ (гама-эпсилон переходы)
25. Динамика систем точечных частиц. Теорема Лиувилля
26. Неравновесная эволюционная термодинамика (НЭТ)
27. Магнитные фазовые переходы. Устойчивость доменных структур
28. Автоволны в двух- и многокомпонентных системах
29. Теория НЭТ интенсивной пластической деформации (ИПД)
30. Процессы стохастизации при плавлении металлов.

Критерии оценивания зачета

Номер задания	Количество баллов
Задание 1	15
Задание 2	15
Задание 3	20
Всего	50 баллов

11. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу «Стохастические методы в физике» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и зачета. Зачеи сдают студенты с целью повышения рейтинга.

**Распределение баллов, которые могут получить студенты
в процессе изучения дисциплины**

Организационно учебная работа студента	СРС		Всего
	Индивидуальная работа	Модульный контроль	
max 10 баллов	max 10 баллов	max 30 баллов	100

Шкала соответствия баллов национальной шкале

Оценка по шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
A	90-100	5 (отлично)	зачтено
B	80-89	4 (хорошо)	зачтено
C	75-79	4 (хорошо)	зачтено
D	70-74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60-69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35-59	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

12. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Лекционные и практические занятия по учебной дисциплине «Стохастические методы в физике» проводятся в учебной лаборатории №015 «Микро и нано структуры». Оборудована комплектом учебной мебели на 12 посадочных мест, комплект рабочего места преподавателя, флوماстерная доска, масс-спектрометр (МИ 1201АТ-01), микроскоп электронный растровый РЭМ-106 И, установка для изучения оптических свойств тонких пленок (п/п диэлектриков), 1 компьютер для снятия и обработки данных с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет.

Самостоятельная работа студентов проходит в читальном зале № 3 авторефератов и диссертаций, укомплектован комплект учебной мебели на 50 посадочных мест, оснащен компьютером в комплекте (2 шт.), расположен по адресу г. Донецк, пр. Театральный, 13, каб. 106.

Индивидуальные и групповые консультации студентам для проведения самостоятельной работы предоставляются в кабинете кафедры теоретической физики и нанотехнологий, укомплектованном комплектом мебели на 12 посадочных мест, оснащенном компьютером в комплекте (1 шт.), принтером, сканером, расположенном по адресу г. Донецк, пр. Театральный 13, ауд. 256.

13. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
Основная литература			
1.	Румянцев В.В. Стохастические методы в физике [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / В.В.Румянцев – Донецк : ДонНУ, 2019. – Электронные данные (1 файл)		+
2.	Терехов С. В. Физика нанобъектов: [учебное пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин; ГОУ ВПО «ДонНУ» - Донецк: ДонНУ, 2013. – 418 с.	3	+
3.	Пашинская Е. Г. Физика деформированных сред: учебное пособие для студентов специальности 03.03.02 "Физика" / Е. Г. Пашинская, В. Н. Варюхин; ГОУ ВПО Донецкий национальный университет, Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. – Донецк: ГОУ ВПО «ДонНУ», 2017. – 173 с.	11	+
4.	Терехов С. В. Вариационные принципы классической механики / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин, А. Г. Петренко; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Физико-технический факультет, Кафедра теоретической физики и нанотехнологий. – Донецк: ГОУ ВПО "ДонНУ", 2018. – 52 с.		+
Дополнительная литература			
5.	Наноматериалы, нанопокрyтия, нанотехнологии: [учеб. пособие] / [Н. А. Азаренков, В. М. Береснев, А. Д. Погребняк и др.]; Харьковский нац. ун-т им. В. Н. Каразина. – Харьков: ХНУ им. В. Н. Каразина, 2009. – 209 с.	1	

6.	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.	1	
7.	Елисеев А. А. Функциональные наноматериалы: учеб. пособие для студентов старших курсов, обучающихся по специальности 020101 (011000) – Химия / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин. – Москва: Физматлит, 2010.	1	
8.	Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. – Изд. 2-е. – Москва: Физматлит, 2009. – 414 с.	1	
9.	Милославский А.Г. Конспект лекций по курсу «Основы процессов микро- и нанотехнологий». – Донецк: ДонНУ, 2018. – 246 с.	2	
10.	Головин Ю. И. Введение в нанотехнику / Ю. И. Головин. – М.: Машиностроение, 2007. – 493 с.	2	
11.	Фостер Л. Нанотехнологии. Наука, инновации и возможности / Л. Фостер; пер. с англ. А. В. Хачоян. – М.: Техносфера, 2008. – 349 с.	2	
12.	Рамбиди Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Березкин. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 454 с.	1	
13.	Ковшов А. Н. Основы нанотехнологии в технике: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлениям подгот. дипломированных специалистов "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных пр-в"; "Автоматизированные технологии и пр-ва" / А. Н. Ковшов, Ю. Ф. Назаров, И. М. Ибрагимов. – Москва: Академия, 2009. – 239 с.	2	

14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

<http://library.donnu.ru/> – сайт библиотеки ДонНУ.

15. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДОННУ № 46484614);
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДОННУ лицензия № 46472919);
3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы DreamSpark для высших учебных заведений);
4. Лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения: FreeLab, Scilab, Free Pascal, Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 20____ год.

Протокол № ____ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 20____ год.

Протокол № ____ от “__” _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____