

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра Теоретической физики и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-методической
и учебной работе

 Е.И. Скафа
« 17 » _____ 2019 г.



Рабочая программа учебной дисциплины

«СТОХАСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ»

Направление подготовки: 03.04.02 Физика

Магистерская программа: Физика конденсированного состояния

Программа подготовки: Магистратура

Квалификация: Магистр

Форма обучения: очная

Донецк 2019

УТВЕРЖДАЮ:

Врио декана физико-технического
факультета

С.А.Фоменко

«10» апреля 2019 г.



Программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 августа 2015 г. № 913.

Программа учебной дисциплины «СТОХАСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ» составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 03.04.02 Физика, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от «04» апреля 2016 г. № 300, зарегистрированного в Министерстве юстиции ДНР от 22 апреля 2016 г. № 1195, «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от 07 августа 2015 г. № 380 (с изменениями и дополнениями от 30 октября 2015 г. № 750), учебного плана по направлению подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: Физика конденсированного состояния), утвержденного Ученым Советом Университета от 02.04.2019 г., протокол № 3 и основной образовательной программы, утвержденной приказом ректора (№ 102/05 от 31.05.2019 г.).

Разработчик:

Профессор, доктор физ-мат наук,
профессор кафедры теоретической
физики и нанотехнологий

Метлов Л.С.

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий

Протокол № 17 от « 04 » апреля 2019 г.

Зав. кафедры теоретической физики и нанотехнологий Варюхин В.Н.

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией физико-технического факультета

Протокол № 4 от « 08 » апреля 2019 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета

Котенко В.Н.

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе:

Курс «СТОХАСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ» является обязательной дисциплиной вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» по направлению подготовки 03.04.02 Физика (магистерская программа: физика конденсированного состояния).

Дисциплина реализуется на физико-техническом факультете кафедрой теоретической физики и нанотехнологий. 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».

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	
Программа подготовки	магистратура	
Квалификация	магистр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина вариативной части	
Формы контроля	1 модульный контроль, 1 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 дисциплины «СТОХАСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ» заключается в формировании 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 дисциплины «СТОХАСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ» предусматривает 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 по направлению подготовки 03.04.02 Физика и основной образовательной программы высшего 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
	<i>Содержательный модуль 1. «Движение нульмерных и одномерных систем»</i>
<i>Тема 1. Введение</i>	Вводные понятия теории стохастических процессов. Возникновение

в стохастические процессы	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 систем. Эволюция в фазовом пространстве	Движение нульмерных систем. Эволюция в фазовом пространстве ансамбля линейных и нелинейных осцилляторов. Эволюция 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 1. Движение двумерных систем	Движение двумерных систем. Влияние на эффект возврата Ферми-Паста-Улама в нелинейных цепочках размерности системы.
Тема 2. 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 3. Стохастические уравнения	Стохастические уравнения. Случайные процессы, поля и их характеристики. Гауссов случайный процесс. Марковские процессы. Стохастические уравнения с Марковскими флуктуациями параметров.
Тема 4. Уравнение Фоккера–Планка. Уравнение Ланжевена	Приближение дельта–коррелированного гауссова случайного поля. Уравнение Фоккера–Планка. Уравнение Ланжевена.
Тема 5. 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							

Тематический план

Содержательный модуль 2- Содержательный модуль 2. «Движение двумерных систем. Стохастические уравнения »												
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. Движение двумерных систем	16	2		4	10							
Тема 2. Эволюция двухкомпонентных систем	16	2		4	10							
Тема 3. Стохастические уравнения	16	2		4	10							

Тема 4. Уравнение Фоккера–Планка. Уравнение Ланжевена	16	2		4	10							
Тема 5. 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.

Практические занятия не предусмотрены учебным планом.

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

№ п/п	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
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

№ п/п	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
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 содержатся в методических указаниях.

Темы для выполнения индивидуальной работы

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 КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Физико-технический факультет

Направление подготовки:

03.04.02 Физика

Магистерская программа:

физика конденсированного состояния

Программа подготовки:
Семестр
Учебная дисциплина

магистратура
1
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.

Зав. кафедрой
Преподаватель

Критерии оценивания модульного контроля

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

10. ОБРАЗЕЦ ЗАЧЕТА (ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ, КРИТЕРИЙ ОЦЕНИВАНИЯ)

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 плавления металлов.

Зачетная работа включает три задания, за которые студент может получить max 50 баллов.

Критерии оценивания зачета

<i>Номер задания</i>	<i>Количество баллов</i>
Задание 1	15
Задание 2	15
Задание 3	20
Всего	50 баллов

11. Образец тестового задания (при наличии)

12. Критерии оценивания

По курсу «СТОХАСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и зачет. Зачет сдают студенты с целью повышения рейтинга.

Распределение баллов, которые могут получить студенты в процессе изучения дисциплины

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

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

13. Материально-техническое обеспечение учебного процесса.

Учебные занятия 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.

14. Рекомендованная литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экземпляров в библиотеке ДонНУ	Наличие электронной версии в ЭБС
<i>Основная литература</i>			
1.	Метлов Л. С. Неравновесная эволюционная термодинамика и ее приложения: Монография – Донецк: Ноулидж, 2014. – 176 с.	1	
2.	Термодинамические принципы самоорганизации: курс лекций для студентов специальности 6.040203 "Физика" / [авт.-сост. Л. С. Метлов]; ГОУ ВПО Донецкий национальный университет, Физико-технический факультет, Кафедра нанофизики. – Донецк: ДонНУ, 2015. – 230 с.	4	
3.	Методические указания к выполнению расчетных работ по физике: (для студентов физ. и мат. фак-тов) / [сост. А. Н. Семко]; Донецк. нац. ун-т, Каф. общ. физики и дидактики физики. – Донецк: ДонНУ, 2007. – 48 с.	4	
<i>Дополнительная литература</i>			
4.	Пойманов В. Д. Модель фб фазовых переходов второго рода на языке параметра порядка и энтропии / В. Д. Пойманов, Л. С. Метлов // "Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности", Международная научная конференция (1; 2016; Донецк). I Международная научная конференция "Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности" [Текст]: материалы конференции: 16-18 мая 2016 г.: [в 7 т.]. Физико-математические, технические науки и экология. – Ростов-на-Дону, 2016. – Т. 1. – С. 155-157.		+
5.	Дояр М. И. Двухмодовые структуры твердых тел, полученные при мегапластической деформации / М. И. Дояр, Л. С. Метлов, В. М. Ткаченко // "Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса", Международная научная конференция студентов и молодых ученых (2017; Донецк). Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизационная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса [Текст]: материалы конференции ...: 17-20 октября 2017 г.: в 7 т. Физико-математические и технические науки. – Донецк, 2017. – Т. 1. – С. 135-137.		+
6.	Метлов Л. С. Особенности фазовых переходов в		+

	нестехиометрических сплавах / Л. С. Метлов, Я. О. Чистик // "Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности", Международная научная конференция (3; 2018; Донецк). Донецкие чтения 2018: образование, наука, инновации, культура и вызовы современности: III Международная научная конференция / [под общ. ред. С. В. Беспаловой]; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет"; Фонд "Русский мир". – Донецк, 2018. – Т. 1: Физико-математические и технические науки / [под общ. ред. С. В. Беспаловой]. – С. 86-87.		
7.	Метлов Л. С. Фазовые портреты нелинейного осциллятора с двухямыным потенциалом / Л. С. Метлов // Вісник Донецького національного університету [Текст]: науковий журнал. Серія А. Природничі науки / Донецький нац. ун-т; голов. ред. В. П. Шевченко; редкол. серії: В. П. Шевченко (голов. ред.) та ін.; відп. ред. С. В. Беспалова. – 2013. - № 1. – С. 109-113.		+

15. Информационные ресурсы (с указанием названия и полного электронного адреса)

<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

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

<http://library.donnu-support.ru/catalog/scripts/wek2.exe/mb> - Электронный каталог ДонНУ:

16. Программное обеспечение (при наличии)

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий с изменениями (без изменений) на 201__ год.

Протокол № __ от “__” _____ 20__ г.

Зав. кафедрой _____