

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра теоретической физики и нанотехнологий



УТВЕРЖДАЮ:

проректор по научно-методической
учебной работе

Е.И. Скафа Е.И. Скафа

апреля 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Материалы и методы нанотехнологий

Направление подготовки: 28.03.03 Наноматериалы

Профиль подготовки:

Образовательная программа: бакалавриат

Квалификация: академический бакалавр

Форма обучения: очная, очно-заочная, заочная

Донецк 2020

УТВЕРЖДАЮ:

Декан физико-технического факультета

С.А. Фоменко

«17» апреля 2020 г.

МП



Программа учебной дисциплины «Материалы и методы нанотехнологий» составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (ГОС ВПО) Донецкой Народной Республики (ДНР) по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы, утвержденного приказом Министерства образования и науки ДНР от 28 сентября 2016 г. № 987; 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 высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы, разработанных в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет».

Разработчик:

Профессор кафедры

теоретической физики и нанотехнологий

В.М. Юрченко

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

В.Н.Котенко

1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

«Материалы и методы нанотехнологий» является дисциплиной базовой части Профессионального Блока по направлению подготовки 28.03.03 Наноматериалы. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные в процессе изучения предметов «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Математический анализ», «Основы процессов микро и нанотехнологий», «Материаловедение наноструктурированных материалов», «Квантовая механика», «Электронная микроскопия» на предыдущем уровне образования. Полученные знания используются студентами во время выполнения учебной и производственной практики, при написании выпускной квалификационной работы.

2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

<i>Характеристика учебной дисциплины</i>		
Направление подготовки	28.03.03 Наноматериалы	
Профиль		
Образовательная программа	бакалавриат	
Квалификация	академический бакалавр	
Количество содержательных модулей	2	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы	дисциплина базовой части	
Формы контроля (МК, экзамен, зачет)	МК, экзамен	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	3	3,5
Год подготовки	4	4
Семестр	8	
Количество часов	108	108
- лекционных	20	4
- практических, семинарских	40	8
- лабораторных		
- самостоятельной работы	48	96
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов,	6	12
в т.ч. аудиторных	6	12

3. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи

Цель - получить основы знаний по теоретическим и прикладным вопросам по материалам и методам нанотехнологий.

Задачи - формирование знаний и умений студента в областях современных методов, средств и технологий создания новых нанопорошковых материалов.

Требования к результатам освоения дисциплины. Процесс изучения дисциплины «Материалы и методы нанотехнологий» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО ДНР по направлению подготовки 28.03.03

Наноматериалы и основной образовательной программы высшего профессионального образования направления подготовки 28.03.03 Наноматериалы.

а) общекультурных (ОК):

способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-1);

способностью к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);

способностью к культурному мышлению, к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения (ОК-10);

б) общепрофессиональных (ОПК):

способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке) (ОПК-1);

способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач (ОПК-3);

способность использовать основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации и навыки работы с компьютером как со средством управления информацией (ОПК-6);

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская и проектная деятельность:

способность использовать на практике современные представления наук о свойствах веществ и материалов при переходе их в наноразмерное состояние (ноль, одно и двухмерное), о влиянии размера на свойства веществ и материалов, взаимодействии наноматериалов и наносистем с окружающей средой (ПК-2);

способность применять навыки использования (под руководством) методов моделирования, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов и свойств наноматериалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов (ПК-4);

В результате изучения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основные представления о нанофизике, наноматериалах и нанотехнологиях;
- основные понятия, классификация и свойства дисперсных систем;
- возможности самоорганизации вещества;
- описание структуры дисперсных систем с помощью фракталов;
- методы получения нанопорошков;
- особенности получения нанопорошков диоксида циркония;
- возможные современные методы контроля нанопорошков и взаимосвязь между характеристиками, которые определяются различными методами;
- влияние размера частиц на механические, магнитные, электрические, оптические и биологические свойства нанопорошков.

уметь:

- описывать структуры дисперсных систем с помощью фракталов;
- пользоваться методами получения и контроля нанопорошков.

владеть:

- навыками описания структуры дисперсных систем с помощью фракталов;
- использования методов получения и контроля нанопорошков.

.

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И ФОРМЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО

ПРОЦЕССА

Порядковый номер и тема	Краткое содержание темы
Содержательный модуль 1 «Формы самоорганизации вещества»	
Тема 1. Предмет и задача курса. Парадигмы новых технологий.	История развития нанонауки. Нанонаука, наноматериалы, нанотехнологии, ее определение. Общие представления о строении атомов и кристаллов, силы связи между атомами в кристалле. Наноразмерные системы. Физика поверхности наночастиц, соотношение размеров и числа атомов, удельная поверхность нанопорошков. Наноструктурные материалы, определение и классификация наноматериалов. Состояние и перспективы развития исследований в России.
Тема 2. Дисперсные системы.	Понятие дисперсной системы. Классификация. Понятие дисперсности. Оптические свойства дисперсных систем: рассеивание света, абсорбция света, окраска. Термодинамика поверхностных явлений в однокомпонентных системах. Поверхностная энергия, схема действия межмолекулярных сил в объеме и на поверхности. Поверхностное натяжение, удельная энергия Гиббса. Виды межмолекулярного взаимодействия: ориентационная, дисперсионная, индукционная. Явление адсорбции. Химическая адсорбция. Физическая адсорбция.
Тема 3. Описание форм самоорганизации вещества.	Направления исследований в области получения и исследований кластерных наносистем. Понятие кластер. Понятие суператомов. Нуклеарность кластера и их классификация по нуклеарности. Классификация кластеров по методу синтеза. Молекулярные лигандные кластеры металлов. Газофазный безлигандный кластеры. Ван-дер-ваальсовы кластеры. Зависимость свойств кластеров от размеров. Коллоидные кластеры и наносистемы. Распределение кластера по массам, магические числа. Электронные магические числа.
Тема 4. Фракталы.	Понятие фрактала. Математические самоподобные фракталы. Примеры самоподобных фракталов. Построение канторовского множества, размерность. Построение снежинки Коха, размерность. Построение салфетки Серпинского, размерность. Самоподобие в природе. Модель случайного фрактала, ее применимость к химическим систем. Экспериментальные методы измерения фрактальной размерности. Фрактальный анализ в координатном пространстве, метод сетки. Фрактальный анализ в импульсном пространстве, метод малоуглового рентгеновского рассеяния. Характеристика фрактальных материалов методом МКРР. Схематическое изображение кривой рассеяния в координатах $\log(I) - \log(q)$
Содержательный модуль 2 «Получение нанопорошков»	
Тема 5. Методы получения нанопорошков .	Структура твердотельных систем пониженной размерности. Главные определения и характеристики нанопорошков. Механическое измельчение. Механо-химический синтез, плазмохимический метод. Гидротермальный синтез. Метод термического разложения. Метод электровзрыва и нановзрывной синтез. Получение мультиметаллических оксидов и композитов. Метод совместного осаждения. Преимущества и недостатки различных методов.

Тема 6. Получение нанопорошков диоксида циркония	Структура и свойства диоксида циркония. Области использования диоксида циркония. Кристаллографические модификации диоксида циркония. Диаграмма состояния $ZrO_2-Y_2O_3$. Тетрагонально-моноклинные преобразования. Основные характеристики нанопорошков. Структура нанопорошковых систем. Метод получения диоксида циркония совместным осаждением. Физические воздействия в химической технологий получения нанопорошков. Кинетика дигидротации гидроксидов. Оценки с помощью теории Аврааме. Кинетика кристаллизации диоксида циркония. Влияние физических действий. Использование теории Аврааме для изучения кинетики кристаллизации порошков.
Тема 7. Методы контроля нанопорошков	Шкала электромагнитного излучения. Рентгеноструктурный анализ. Формула Де Бройля. Закон Вульфа-Бреггов. Определение искажения кристаллической решетки. Определение областей когерентного рассеяния. Просветная электронная микроскопия. Сканирующая электронная микроскопия. Определение размера частиц. Метод определения удельной поверхности наночастиц (БЭТ).
Тема 8. Консолидация нанопорошков	Компактирование нанопорошков. Влияние давления на плотность компактов. Влияние связь на плотность компактов. Фазовое превращение, индуцированное давлением. Размерный эффект при мартенситном Тетрагонально-моноклинный переход. Спекание нанопорошков. Структура консолидированных керамических материалов. Влияние исходного размера зерна и температуры. Механизмы роста оксидных наночастиц в условиях термических воздействий.

Тематический план

Содержательный модуль 1 «Формы самоорганизации вещества»											
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
Тема 1. Предмет и задача курса. Парадигмы новых технологий.	13	3	4		6		13,5	0,5	1		12
Тема 2. Дисперсные системы.	14	4	4		6		13,5	0,5	1		12
Тема 3. Описание форм самоорганизации вещества.	13	3	4		6		13,5	0,5	1		12
Тема 4. Фракталы.	14	4	4		6		13,5	0,5	1		12
Итого по содержательному модулю	54	10	20		24		54	2	4		48

Содержательный модуль 2												
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 5. Методы получения нанопорошков	13	3	4		6		13,5	0,5	1		12	
Тема 6. Получение нанопорошков диоксида циркония	14	4	4		6		13,5	0,5	1		12	
Тема 7. Методы контроля нанопорошков	13	3	4		6		13,5	0,5	1		12	
Тема 8. Консолидация нанопорошков	14	4	4		6		13,5	0,5	1		12	
Итого по содержательному модулю 2	54	10	20		24		54	2	4		48	
Всего по модулю	108	20	40		48		108	4	8		96	

Темы лекционных занятий

<i>№ п/п</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
	ВСЕГО	20

Темы практических занятий

<i>№ n/n</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Предмет и задача курса. Парадигмы новых технологий.	5
2	Дисперсные системы	5
3	Описание форм самоорганизации вещества.	5
4	Фракталы.	5
5	Методы получения нанопорошков	5
6	Получение нанопорошков диоксида циркония	5
7	Методы контроля нанопорошков	5
8	Консолидация нанопорошков	5
	ВСЕГО	40

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Организация самостоятельной работы студентов

<i>№ n/n</i>	<i>Название темы</i>	<i>Количество часов</i>
1	Наномеханизмы и наноустройства. Микро- и наноэлектромеханические системы	4
2	Микро- и нанотрибология	4
3	Наномеханика и износ наномеханизмов	4
4	Наноэлектроник	4
5	Принципы квантового компьютера (КК).	4
6	Алгоритмы квантового компьютера	4
7	Материалы для квантового компьютера	4
8	Молекулярная электроника	4
9	Конструкционные наноматериалы для медицины	4
10	Нанофармакология и нанолечения	4
11	Магнитные наноматериалы в медицине	4
12	Токсичность веществ в нанодисперсном состоянии	4
	ВСЕГО	48

7. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ (не предусмотрено рабочим планом)

8. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1. Парадигмы новых технологий.
2. История развития нанонауки.
3. Нанонаука, наноматериалы, нанотехнологии, ее определение.
4. Наноструктурные материалы, определение и классификация наноматериалов.

5. Роль поверхности в наночастицах. Удельная поверхность частиц. Энергия Гельмгольца.
6. Понятие дисперсной системы.
7. Классификация дисперсных систем.
8. Термодинамика поверхностных явлений в однокомпонентных системах.
9. Явление адсорбции. Химическая адсорбция.
10. Физическая адсорбция.
11. Формы самоорганизации вещества.
12. Кластерные наносистемы.
13. Понятие фрактала.
14. Построение канторовского множества, размерность.
15. Экспериментальные методы измерения фрактальной размерности.

9. ОБРАЗЕЦ МОДУЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

(образец варианта и критерии оценивания)

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет физико-технический

Направление подготовки: **28.03.03 Наноматериалы**
 Профиль: _____
 Программа подготовки: **бакалавриат**
 Семестр: **8**
 Учебная дисциплина: **Материалы и методы нанотехнологий**

МОДУЛЬНАЯ КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА ВАРИАНТ №1

1. Явление адсорбции.
2. Понятие дисперсной системы.
3. Построение канторовского множества, размерность .

Утверждено на заседании кафедры 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	10
Задание 2	10
Задание 3	10
Всего	30

10. ОБРАЗЕЦ ЭКЗАМЕНАЦИОННОГО БИЛЕТА

Теоретические вопросы к экзамену

1. История развития нанонауки.
2. Нанонаука, наноматериалы, нанотехнологии, ее определение.
3. Общие представления о строении атомов и кристаллов, силы связи между атомами в кристалле.
4. Наноразмерные системы. Физика поверхности наночастиц, соотношение размеров и числа атомов, удельная поверхность нанопорошков.
5. Наноструктурные материалы, определение и классификация наноматериалов. Состояние и перспективы развития исследований в России.
6. Понятие дисперсной системы. Классификация. Понятие дисперсности.
7. Оптические свойства дисперсных систем: рассеивание света, абсорбция света, окраска.
8. Термодинамика поверхностных явлений в однокомпонентных системах.
9. Поверхностная энергия, схема действия межмолекулярных сил в объеме и на поверхности.
10. Поверхностное натяжение, удельная энергия Гиббса.
11. Виды межмолекулярного взаимодействия: ориентационная, дисперсионная, индукционная.
12. Явление адсорбции. Химическая адсорбция. Физическая адсорбция.
13. Направления исследований в области получения и исследований кластерных наносистем. Понятие кластер. Понятие суператомов.
14. Нуклеарность кластера и их классификация по нуклеарности. Классификация кластеров по методу синтеза.
15. Молекулярные лигандные кластеры металлов.
16. Газофазный безлигандный кластеры.
17. Ван-дер-ваальсовы кластеры.
18. Зависимость свойств кластеров от размеров.
19. Коллоидные кластеры и наносистемы.
20. Распределение кластера по массам, магические числа. Электронные магические числа.
21. Понятие фрактала. Математические самоподобные фракталы. Примеры самоподобных фракталов.
22. Построение канторовского множества, размерность.
23. Построение снежинки Коха, размерность.
24. Построение салфетки Серпинского, размерность.
25. Самоподобие в природе.
26. Модель случайного фрактала, ее применимость к химическим систем.
27. Экспериментальные методы измерения фрактальной размерности.
28. Фрактальный анализ в координатном пространстве, метод сетки.
29. Фрактальный анализ в импульсном пространстве, метод малоуглового рентгеновского рассеяния.
30. Характеристика фрактальных материалов методом МКРР.
31. Схематическое изображение кривой рассеяния в координатах $\log(I) - \log(q)$
32. Структура твердотельных систем пониженной размерности.
33. Главные определения и характеристики нанопорошков.
34. Механическое измельчение.
35. Механо-химический синтез, плазмохимический метод.

36. Гидротермальный синтез.
37. Метод термического разложения.
38. Метод электровзрыва и нановзрывной синтез.
39. Получение мультиметаллических оксидов и композитов.
40. Метод совместного осаждения. Преимущества и недостатки различных методов.
41. Структура и свойства диоксида циркония. Области использования диоксида циркония. Кристаллографические модификации диоксида циркония.
42. Диаграмма состояния $ZrO_2-Y_2O_3$. Тетрагонально-моноклинные преобразования.
43. Основные характеристики нанопорошков. Структура нанопорошковых систем. Метод получения диоксида циркония совместным осаждением.
44. Физические воздействия в химической технологий получения нанопорошков. Кинетика дигидротации гидроксидов. Оценки с помощью теории Аврааме.
45. Кинетика кристаллизации диоксида циркония. Влияние физических действий. Использование теории Аврааме для изучения кинетики кристаллизации порошков.
46. Шкала электромагнитного излучения. Рентгеноструктурный анализ. Формула Де Бройля. Закон Вульфа-Бреггов.
47. Определение искажения кристаллической решетки.
48. Определение областей когерентного рассеяния.
49. Просветная электронная микроскопия.
50. Сканирующая электронная микроскопия.
51. Определение размера частиц.
52. Метод определения удельной поверхности наночастиц (БЭТ).
53. Компактирование нанопорошков. Влияние давления на плотность компактов. Влияние связки на плотность компактов. Фазовое превращение, индуцированное давлением.
54. Размерный эффект при мартенситном Тетрагонально-моноклинный переход.
55. Спекание нанопорошков. Структура консолидированных керамических материалов. Влияние исходного размера зерна и температуры.
56. Механизмы роста оксидных наночастиц в условиях термических воздействий.

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет физико-технический

Направление подготовки: **28.03.03 Наноматериалы**

Профиль:

Программа подготовки: **бакалавриат**

Семестр **8**

Учебная дисциплина **Материалы и методы нанотехнологий**

БИЛЕТ №1

1. Газофазный безлигандный кластеры.
2. Просветная электронная микроскопия.
3. Главные определения и характеристики нанопорошков.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики и нанотехнологий,
протокол № ____ от «____» _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой
Экзаменатор

Критерии оценивания экзамена

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

11. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

По курсу «Материалы и методы нанотехнологий» предполагается проведение промежуточной аттестации в виде модульного контроля, выполнение индивидуальной работы и экзамена. Экзамен 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 «Материалы и методы нанотехнологий» проводятся в Компьютерном классе №304. Оборудован комплектом учебной мебели на 28 посадочных мест, комплектом рабочего места преподавателя, меловой доской, 10 компьютеров с лицензионным программным обеспечением, доступом к сети Интернет, 1 сетевой коммутатор, 1 wi-fi роутер, 1 мультимедийный проектор, 1 экран переносной.

Самостоятельная работа студентов проходит в читальном зале № 4 периодической литературы, укомплектован учебной мебелью на 31 посадочное место, оснащен компьютером в комплекте (1 шт.), расположен по адресу г. Донецк, ул. Университетская, 24, каб. 19.

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.	Терехов, С. В. Физика нанообъектов [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / С. В. Терехов, В. Н. Варюхин ; Донецкий нац. ун-т ; Донецкий физ.-техн. ин-т им. А. А. Галкина. - Донецк : ДонНУ, 2013. - Электронные данные (1 файл).	4	+
2.	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).	3	+
3.			
Дополнительная литература			
4.	Варюхин В. Н. Наноматериалы-основа современных технологий / В. Н. Варюхин // "Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности", Международная научная конференция (1 ; 2016 ; Донецк). Донецкие чтения 2016. Образование, наука и вызовы современности : материалы конференции ..., 16-18 мая 2016 / [под общ. ред. С. В. Беспаловой] ; Донецкий национальный университет ; Международная славянская академия наук, образования, искусств и культуры. - Ростов-на-Дону, 2016. - Т. 1 : Физико-математические, технические науки и экология. - С.19-21.	1	
5.	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	
6.	Гусев, А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев. - Изд. 2-е. - Москва : Физматлит, 2009. - 414 с.	1	

14. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

<http://donnu.ru/> – сайт ДонНУ.

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

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 _____