

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Физика нанотехнологии М1.ДВ.1**

Направление подготовки: 010100.68 - Математика

Профиль подготовки: Теория функций и информационные технологии

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Деминов Р.Г.

**Рецензент(ы):**

Тагиров Л.Р.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Авхадиев Ф. Г.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 817213315

Казань  
2015

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Деминов Р.Г. Кафедра теоретической физики Отделение физики, Raphael.Deminov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Физика нанотехнологии" являются изучение качественных методов в физике, вопросов математического и компьютерного моделирования, магнитных наноструктур, математических моделей наноструктур, компьютерных архитектур для нанотехнологии

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.ДВ.1 Общенаучный" основной образовательной программы 010100.68 Математика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Дисциплина входит в вариативную часть общенаучного цикла как дисциплина по выбору (М.1). Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: математический анализ, алгебра, аналитическая геометрия, дифференциальные уравнения, физика. Освоение дисциплины будет способствовать успешной профессиональной деятельности.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-10 (общекультурные компетенции)	умение находить, анализировать и контекстно обрабатывать информацию, в том числе относящуюся к новым областям знаний, непосредственно не связанным со сферой профессиональной деятельности
ПК-16 (профессиональные компетенции)	умение извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, реферативных журналов
Пк-2	владение методами математического и алгоритмического моделирования при анализе проблем естествознания
ПК-4 (профессиональные компетенции)	самостоятельный анализ физических аспектов в классических постановках математических задач
ПК-8 (профессиональные компетенции)	собственное видение прикладного аспекта в строгих математических формулировках

В результате освоения дисциплины студент:

- должен знать:  
качественные методы в физике
- должен уметь:  
анализировать достижения в области физики нанотехнологии
- должен владеть:  
навыками математического и компьютерного моделирования наноструктур
- должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Качественные методы в физике. Методы подобия и размерностей. Безразмерные параметры. Модель твердых сфер и модель Ван-дер-Ваальса. Классическая и квантовая плазма.	2	1-2	2	2	0	устный опрос
2.	Тема 2. Математическое и компьютерное моделирование. Физические и математические модели. Вычисления электронной и магнитной структуры. Понятие о неэкстенсивной термодинамике.	2	3-4	2	4	0	письменная работа
3.	Тема 3. Магнитные наноструктуры. Поверхности. Гигантское магнетосопротивление. Модель квантовых ям.	2	5-6	3	4	0	устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Моделирование наноструктур. Визуализирование. Вычислительное моделирование. Инженерное моделирование. Классическая молекулярная динамика. Электронные свойства. Полуклассические подходы к электронной структуре. Методы, исходящие из первых принципов.	2	7-10	4	5	0	письменная работа
5.	Тема 5. Компьютерные архитектуры для нанотехнологии. Компьютерная архитектура и основные функции. Типичная архитектура компьютера. Нанокomпьютеры. Новая архитектура. Вычисления только с памятью. Переконфигурируемые компьютерные архитектуры. Клеточный автомат. Нейронные сети	2	11-14	3	3	0	презентация
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			14	18	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Качественные методы в физике. Методы подобия и размерностей. Безразмерные параметры. Модель твердых сфер и модель Ван-дер-Ваальса. Классическая и квантовая плазма.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Методы подобия и размерностей. Безразмерные параметры. Физические свойства многочастичных систем. Неидеальный газ. Модель твердых сфер и модель Ван-дер-Ваальса. Классическая и квантовая плазма.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Семинар по методам подобия и размерностей.

**Тема 2. Математическое и компьютерное моделирование. Физические и математические модели. Вычисления электронной и магнитной структуры. Понятие о неэкстенсивной термодинамике.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Физические и математические модели. Вычисления электронной и магнитной структуры. Подход гамильтониана. Модели Изинга, Гейзенберга, Хаббарда, Андерсона. Приближение Хартри-Фока и электронные корреляции. Понятие о неэкстенсивной термодинамике..

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

письменная работа по моделям Изинга, Гейзенберга, Хаббарда и Андерсона.

**Тема 3. Магнитные наноструктуры. Поверхности. Гигантское магнетосопротивление. Модель квантовых ям.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Поверхности. Металлические магнитные суперрешетки. Гигантское магнетосопротивление. Модель квантовых ям.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Семинар по гигантскому магнетосопротивлению.

**Тема 4. Моделирование наноструктур. Визуализирование. Вычислительное моделирование. Инженерное моделирование. Классическая молекулярная динамика. Электронные свойства. Полуклассические подходы к электронной структуре. Методы, исходящие из первых принципов.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Визуализирование. Вычислительное моделирование. Инженерное моделирование. Структурные свойства. Межатомные потенциалы и силы. Потенциальная энергия поверхности. Классическая молекулярная динамика. Методы Монте-Карло. Электронные свойства. Основные результаты из квантовой механики. Полуклассические подходы к электронной структуре. Методы, исходящие из первых принципов. Вычисление межатомных сил исходя из первых принципов.

**практическое занятие (5 часа(ов)):**

письменная работа по визуализированию, вычислительному моделированию и инженерному моделированию.

**Тема 5. Компьютерные архитектуры для нанотехнологии. Компьютерная архитектура и основные функции. Типичная архитектура компьютера. Нанокomпьютеры. Новая архитектура. Вычисления только с памятью. Переконфигурируемые компьютерные архитектуры. Клеточный автомат. Нейронные сети**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Компьютерная архитектура и основные функции. Типичная архитектура компьютера. Память. Связи. Операторы. Нанопамять. Нанооператоры. Наносвязи. Новая архитектура. Вычисления только с памятью. Переконфигурируемые компьютерные архитектуры. Клеточный автомат. Нейронные сети. Компьютерное окружение. Кодирование информации. Устойчивость к дефектам.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Семинар по nanoархитектуре нанокomпьютера.

#### **4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Качественные методы в физике. Методы подобия и размерностей. Безразмерные параметры. Модель твердых сфер и модель Ван-дер-Ваальса. Классическая и квантовая плазма.	2	1-2	подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Математическое и компьютерное моделирование. Физические и математические модели. Вычисления электронной и магнитной структуры. Понятие о неэкстенсивной термодинамике.	2	3-4	подготовка к письменной работе	8	письменная работа
3.	Тема 3. Магнитные наноструктуры. Поверхности. Гигантское магнетосопротивление. Модель квантовых ям.	2	5-6	подготовка к устному опросу	8	устный опрос
4.	Тема 4. Моделирование наноструктур. Визуализирование. Вычислительное моделирование. Инженерное моделирование. Классическая молекулярная динамика. Электронные свойства. Полуклассические подходы к электронной структуре. Методы, исходящие из первых принципов.	2	7-10	подготовка к письменной работе	12	письменная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
5.	Тема 5. Компьютерные архитектуры для нанотехнологии. Компьютерная архитектура и основные функции. Типичная архитектура компьютера. Нанокomпьютеры. Новая архитектура. Вычисления только с памятью. Переконфигурируемые компьютерные архитектуры. Клеточный автомат. Нейронные сети	2	11-14	подготовка к презентации	8	презентация
	Итого				40	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Активные и интерактивные формы проведения занятий.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Качественные методы в физике. Методы подобия и размерностей. Безразмерные параметры. Модель твердых сфер и модель Ван-дер-Ваальса. Классическая и квантовая плазма.

устный опрос , примерные вопросы:

Методы подобия и размерностей. Безразмерные параметры. Физические свойства многочастичных систем. Неидеальный газ. Модель твердых сфер и модель Ван-дер-Ваальса. Классическая и квантовая плазма.

#### Тема 2. Математическое и компьютерное моделирование. Физические и математические модели. Вычисления электронной и магнитной структуры. Понятие о неэкстенсивной термодинамике.

письменная работа , примерные вопросы:

Физические и математические модели. Вычисления электронной и магнитной структуры. Подход гамильтониана. Модели Изинга, Гейзенберга, Хаббарда, Андерсона. Приближение Хартри-Фока и электронные корреляции. Понятие о неэкстенсивной термодинамике.. Физические и математические модели. Вычисления электронной и магнитной структуры. Подход гамильтониана. Модели Изинга, Гейзенберга, Хаббарда, Андерсона. Приближение Хартри-Фока и электронные корреляции. Понятие о неэкстенсивной термодинамике..

#### Тема 3. Магнитные наноструктуры. Поверхности. Гигантское магнетосопротивление. Модель квантовых ям.

устный опрос , примерные вопросы:

Поверхности. Металлические магнитные суперрешетки. Гигантское магнетосопротивление. Модель квантовых ям.



**Тема 4. Моделирование наноструктур. Визуализирование. Вычислительное моделирование. Инженерное моделирование. Классическая молекулярная динамика. Электронные свойства. Полуклассические подходы к электронной структуре. Методы, исходящие из первых принципов.**

письменная работа , примерные вопросы:

Визуализирование. Вычислительное моделирование. Инженерное моделирование. Структурные свойства. Межатомные потенциалы и силы. Потенциальная энергия поверхности. Классическая молекулярная динамика. Методы Монте-Карло. Электронные свойства. Основные результаты из квантовой механики. Полуклассические подходы к электронной структуре. Методы, исходящие из первых принципов. Вычисление межатомных сил исходя из первых принципов.

**Тема 5. Компьютерные архитектуры для нанотехнологии. Компьютерная архитектура и основные функции. Типичная архитектура компьютера. Нанокomпьютеры. Новая архитектура. Вычисления только с памятью. Переконфигурируемые компьютерные архитектуры. Клеточный автомат. Нейронные сети**

презентация , примерные вопросы:

Компьютерная архитектура и основные функции. Типичная архитектура компьютера. Память. Связи. Операторы. Нанопамять. Нанооператоры. Наносвязи. Новая архитектура. Вычисления только с памятью. Переконфигурируемые компьютерные архитектуры. Клеточный автомат. Нейронные сети. Компьютерное окружение. Кодирование информации.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Зачет в соответствии с приведенной выше программой; письменные работы, формируемая на основе книг:

1. Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. Издательство: Физматлит, 2009 г. <http://e.lanbook.com/view/book/2291/>
2. Барыбин А.А., Томилин В.И., Шаповалов В.И. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники. Издательство: Физматлит, 2011 г. <http://e.lanbook.com/view/book/5258/>

казанные книги используются также для самостоятельной работы студентов.

**БИЛЕТЫ К ЗАЧЕТАМ**

1. Методы подобия и размерностей. Безразмерные параметры.
2. Физические основы нанотехники. Роль свободных и внутренних поверхностей.
3. Физические основы нанотехники. Квантовые эффекты.
4. Визуализационное моделирование. Вычислительное моделирование. Инженерное моделирование.
5. Моделирование наноструктур. Общее описание.
6. Межатомные потенциалы и силы. Потенциальная энергия поверхности.
7. Классическая молекулярная динамика.
8. Методы Монте-Карло.
9. Электронные свойства. Основные результаты из квантовой механики.
10. Полуэмпирические подходы к электронной структуре.
11. Методы, исходящие из первых принципов (ab initio методы).
12. Вычисление межатомных сил исходя из первых принципов.
- 13.. Использование электронных волновых функций и собственных значений.
- 14.. Компьютерная архитектура и основные функции.
15. Типичная архитектура компьютера.
16. Память. Связи. Операторы.
17. Нанопамять. Нанооператоры. Наносвязи.
18. Новая архитектура. Вычисления только с памятью.

19. Переконфигурируемые компьютерные архитектуры.
20. Клеточные автоматы.
21. Нейронные сети.
22. Общие принципы компьютерного моделирования.
23. Методологические основы вычислительной нанотехнологии.
24. Концепция многомасштабного моделирования.
25. Многомасштабное моделирование энергетических процессов.

### **7.1. Основная литература:**

- Основы физики конденсированного состояния, Петров, Юрий Васильевич, 2013г.
2. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2009 г. <http://e.lanbook.com/view/book/2173/>
  3. Рамбиди Н.Г., Берёзкин А.В. Физические и химические основы нанотехнологий. Издательство: Физматлит, 2009 г. <http://e.lanbook.com/view/book/2291>

### **7.2. Дополнительная литература:**

- Электромагнитные процессы в среде, наноплазмоника и метаматериалы, Астапенко, Валерий Александрович, 2012г.
2. Барыбин А.А., Томилин В.И., Шаповалов В.И. Физико-технологические основы макро-, микро- и наноэлектроники. Издательство: Физматлит, 2011 г. <http://e.lanbook.com/view/book/5258/>

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

- журнал ?НАНОСТРУКТУРЫ. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ? - <http://www.nano-journal.ru/>
- интернет-журнал о нанотехнологиях - <http://nanodigest.ru/>
- сайт Института математического моделирования РАН - <http://www.imamod.ru/>
- сайт Нанотехнологии - <http://www.nanonewsnet.ru/>
- электронная библиотечная система Издательства Лань - <http://e.lanbook.com/>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Физика нанотехнологии" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий, ноутбук, мультимедийный проектор, экран.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010100.68 "Математика" и магистерской программе Теория функций и информационные технологии .

Автор(ы):

Деминов Р.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Тагиров Л.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.