

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Нанofизика. Введение в предмет М1.В.4

Направление подготовки: 011200.68 - Физика

Профиль подготовки: Физика сложных систем

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Таюрский Д.А.

**Рецензент(ы):**

Прошин Ю.Н. , Тагиров Л.Р.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой:

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

Учебно-методическая комиссия Института физики:

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

Регистрационный No

Казань  
2014

## 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) заместитель директора института физики Таурский Д.А. Директорат Института физики Институт физики, Dmitry.Tayurskii@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Дать студентам представление о современном состоянии нанотехнологий в целом и физики наноскопических систем и наноструктур, современных методах их получения и экспериментального исследования, а также о проблемах и перспективах развития физики наноструктур и нанотехнологий

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " М1.В.4 Общенаучный" основной образовательной программы 011200.68 Физика и относится к вариативной части. Осваивается на 1 курсе, 2 семестр.

Дисциплина (М1.В.4) входит в вариативную часть цикла общих математических и естественнонаучных дисциплин М1. Изучение этой дисциплины базируется на знаниях квантовой механики, физики конденсированного состояния веществ.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-1 (общекультурные компетенции)	способностью демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть фундаментальными разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач
ПК-2 (профессиональные компетенции)	способностью использовать знания современных проблем физики, новейших достижений физики в своей научно-исследовательской деятельности
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способностью свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно- инновационных задач
ПК-8 (профессиональные компетенции)	способностью проводить свою профессиональную деятельность с учетом социальных, этических и природоохранных аспектов
ПК-5 (профессиональные компетенции)	способностью использовать свободное владение профессионально-профилированными знаниями в области информационных технологий, современных компьютерных сетей, программных продуктов и ресурсов Интернет для решения задач профессиональной деятельности, в том числе находящихся за пределами профильной подготовки

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

особенности физических явлений на наноскопическом масштабе и физические основы работы современной аппаратуры для получения и исследования наноструктур

2. должен уметь:

использовать при работе справочную и учебную литературу в области физики наноструктур и нанотехнологий, находить другие необходимые источники информации и работать с ними

3. должен владеть:

теоретическими знаниями об основных положениях квантовой теории и статистической физики наноскопических и мезоскопических систем

#### 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. Введение.	2	1	2	2	0	
2.	Тема 2. Основы теории квантовых явлений.	2	2	2	2	0	
3.	Тема 3. Получение наноструктур.	2	3	2	0	0	
4.	Тема 4. Получение наноструктур.	2	4	1	2	0	
5.	Тема 5. Методы исследования наноструктур.	2	5	1	0	0	
6.	Тема 6. Явления переноса в наноструктурах.	2	6	1	1	0	
7.	Тема 7. Сверхпроводимость в макроскопических системах.	2	7	2	2	0	
8.	Тема 8. Магнитные свойства наноструктур.	2	8	1	0	0	
9.	Тема 9. Аллотропные формы углерода.	2	9	1	2	0	
10.	Тема 10. Фотонные кристаллы	2	10	0	2	0	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			13	13	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Введение.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Введение. Тенденции и основные открытия в современной нанотехнологии Наноскопический масштаб расстояний. Закон Мура. Низкоразмерные системы и наноструктуры. Инверсионные слои. Гетероструктуры.

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

Низкоразмерные системы и наноструктуры. Инверсионные слои. Гетероструктуры. Квантовые ямы и сверхрешетки. Связанные квантовые ямы. Квантовые нити. Квантовые точки.

### Тема 2. Основы теории квантовых явлений.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

сновы теории квантовых явлений. Уравнение Шредингера, квантовые состояния. Газ свободных электронов в металлах (уровень Ферми, плотность состояний).

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

Периодические структуры, основные понятия зонной теории

### Тема 3. Получение наноструктур.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Получение наноструктур. Подход ?top-down? (?сверху-вниз?).

### Тема 4. Получение наноструктур.

#### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Получение наноструктур. Подход ?bottom-up? (?снизу-вверх?). Самосборка.

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

Получение наноструктур. Подход ?bottom-up? (?снизу-вверх?). Самосборка.

### Тема 5. Методы исследования наноструктур.

#### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Электронная микроскопия. Туннельная спектроскопия.

### Тема 6. Явления переноса в наноструктурах.

#### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Явления переноса в наноструктурах. Основные сведения из теории переноса в макроскопических системах.

#### **практическое занятие (1 часа(ов)):**

Туннелирование, кулоновская блокада, квантовые точки, квантовый эффект Холла. Спиновая блокада и другие явления.

### Тема 7. Сверхпроводимость в макроскопических системах.

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Сверхпроводимость в макроскопических системах. Переход сверхпроводник-диэлектрик. Квантовая фаза.

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

Эффект Джозефсона. Андреевское отражение. Высокотемпературная сверхпроводимость

### Тема 8. Магнитные свойства наноструктур.

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Магнитные свойства наноструктур. Краткий обзор магнетизма макроскопических систем. Магнитные вихревые структуры, эффекты близости, спиновые клапаны. Гигантское магнетосопротивление. Понятие о спинтронике

**Тема 9. Аллотропные формы углерода.**

**лекционное занятие (1 часа(ов)):**

аллотропные формы углерода. Методы получения графена. Плазмоны и магнитоплазмоны в графене

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

Возможные наноустройства на основе графена. Углеродные нанотрубки. Классификация и электронные свойства нанотрубок. Применения нанотрубок в нанoeлектронике. Нанoeлектромеханические системы на основе нанотрубок

**Тема 10. Фотонные кристаллы**

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

Фотонные кристаллы - материалы с фотонными щелями: свойства, аналогии, применения. Фотонные квантовые ямы, "квантовые провода" и "квантовые точки".

**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. Введение.	2	1	изучение литературы	4	опрос
2.	Тема 2. Основы теории квантовых явлений.	2	2	решение задач	4	опрос
3.	Тема 3. Получение наноструктур.	2	3	изучение литературы	4	опрос
4.	Тема 4. Получение наноструктур.	2	4	изучение литературы	4	опрос
5.	Тема 5. Методы исследования наноструктур.	2	5	решение задач	6	опрос
6.	Тема 6. Явления переноса в наноструктурах.	2	6	изучение литературы	6	опрос
7.	Тема 7. Сверхпроводимость в макроскопических системах.	2	7	изучение литературы	4	опрос
8.	Тема 8. Магнитные свойства наноструктур.	2	8	изучение литературы	6	опрос
9.	Тема 9. Аллотропные формы углерода.	2	9	изучение литературы	4	опрос
10.	Тема 10. Фотонные кристаллы	2	10	изучение литературы	4	опрос
	Итого				46	

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

Лекционные и практические занятия с использованием мультимедийного оборудования, встречи с представителями российских и зарубежных компаний

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

### **Тема 1. Введение.**

опрос , примерные вопросы:

Применение наноструктур

### **Тема 2. Основы теории квантовых явлений.**

опрос , примерные вопросы:

Электрон в яме, проход через барьер

### **Тема 3. Получение наноструктур.**

опрос , примерные вопросы:

Методы синтеза наноструктур

### **Тема 4. Получение наноструктур.**

опрос , примерные вопросы:

Самосборка наноструктур

### **Тема 5. Методы исследования наноструктур.**

опрос , примерные вопросы:

Методы исследования наноструктур

### **Тема 6. Явления переноса в наноструктурах.**

опрос , примерные вопросы:

Эффект Джозефсона. Гетероструктуры

### **Тема 7. Сверхпроводимость в макроскопических системах.**

опрос , примерные вопросы:

Сверхпроводимость в наноструктурах

### **Тема 8. Магнитные свойства наноструктур.**

опрос , примерные вопросы:

Типы магнитного упорядочивания в наноструктурах

### **Тема 9. Аллотропные формы углерода.**

опрос , примерные вопросы:

Типы нанотрубок

### **Тема 10. Фотонные кристаллы**

опрос , примерные вопросы:

Электрон в квантовой яме

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Приложение 1

### **7.1. Основная литература:**

1. Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties. The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, July 2004.
2. Пул Ч., Оуэнс Ф.. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2004 г.
3. Гусейн-заде Н.Г., Звездин К.А., Пятаков А.П., Хвальковский А.В. Введение в физику наноструктур. Учебное пособие. Москва, Изд-во МГИРЭА (ТУ) (2005). - 68 стр.

4. Плотников Г.С., Зайцев В.Б. Физические основы молекулярной электроники. Москва, Физический Факультет МГУ, 2000.
5. Кравченко А.Ф. Магнитная электроника. Новосибирск, Изд-во Со РАН, 2002
- 6.
7. Микроструктуры новых функциональных материалов (под ред. Акад. Ю.Д.Третьякова), в.1. Наноструктурированные материалы. М., ФНМ МГУ, 2006.
8. Skomsky R., Nanomagnetism, J. Phys.: Condens. Matter, v.15 (2003), pp.R841-R896.
9. Ратнер М., Ратнер Д. Нанотехнология: простое объяснение очередной гениальной идеи. М.: Издательский дом "Вильямс", 2004 г.

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

1. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии, Нижний Новгород, 2004, РАН, Ин-т физики микроструктур.
2. Kuzmany H. "Solid State Spectroscopy. An introduction", Springer, 1998, 450 с.
3. Weber W.H., Merlin R. "Raman Scattering in Material Science", Springer, 2000, 492 с.
4. Dresselhaus M.S., Dresselhaus G., Avouris Ph. Carbon Nanotubes. Synthesis, Structure, Properties and Applications, Springer, 2000.
5. Харрис П. "Углеродные нанотрубки и родственные структуры ", Техносфера, Москва, 2003.
6. D.J. Norris, M.G. Bawen and L.E. Brus "Optical Properties of Semiconductor Nanocrystals", глава в книге "Molecular Electronics", IUPAC, ed. by J.Jortner & M.Ratner

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Журнал Нанотехнологии - <http://www.nanoru.ru/>

нанометр - <http://www.nanometer.ru/>

Нанотехнологии сейчас - <http://www.nanotech-now.com/>

Новости нанотехнологий - [http://www.sciencedaily.com/news/matter\\_energy/nanotechnology/](http://www.sciencedaily.com/news/matter_energy/nanotechnology/)

Роснано - <http://www.rusnano.com/>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану**

Освоение дисциплины "Нанозфизика. Введение в предмет" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "КнигаФонд", доступ к которой предоставлен студентам. Электронно-библиотечная система "КнигаФонд" реализует легальное хранение, распространение и защиту цифрового контента учебно-методической литературы для вузов с условием обязательного соблюдения авторских и смежных прав. КнигаФонд обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям новых ФГОС ВПО.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.68 "Физика" и магистерской программе Физика сложных систем .

Автор(ы):

Таюрский Д.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Прошин Ю.Н. \_\_\_\_\_

Тагиров Л.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.