

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**

Нанозфизика. Введение в предмет М1.В.4

Направление подготовки: 011200.68 - Физика

Профиль подготовки: Физика конденсированного состояния

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Таюрский Д.А. , Прошин Ю.Н. , Тагиров Л.Р.

**Рецензент(ы):**

-

**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) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Прошин Ю.Н. Кафедра теоретической физики Отделение физики , Yurii.Proshin@kpfu.ru ; заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Тагиров Л.Р. Кафедра физики твердого тела Отделение физики , ltagirov@mail.ru ; заместитель директора института физики Таюрский 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**

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

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. Тенденции и основные открытия в современной нанотехнологии Наноскопический масштаб расстояний. Закон Мура. Низкоразмерные системы и наноструктуры. Инверсионные слои. Гетероструктуры. Квантовые ямы и сверхрешетки. Связанные квантовые ямы. Квантовые нити. Квантовые точки.	9	1	0	0	0	
2.	Тема 2. Основы теории квантовых явлений. Уравнение Шредингера, квантовые состояния. Газ свободных электронов в металлах (уровень Ферми, плотность состояний). Периодические структуры, основные понятия зонной теории	9	2	0	0	0	
3.	Тема 3. Получение наноструктур. Подход ?top-down? (?сверху-вниз?). Молекулярно-лучевая эпитаксия, электронно-лучевая и УФ литография	9	3	0	0	0	
4.	Тема 4. Получение наноструктур. Подход ?bottom-up? (?снизу-вверх?). Самосборка.	9	4	0	0	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	
5.	Тема 5. Методы исследования наноструктур. Сканирующая зондовая микроскопия, электронная микроскопия, рентгеновская микроскопия	9	5	0	0	0	
6.	Тема 6. Явления переноса в наноструктурах. Основные сведения из теории переноса в макроскопических системах. Туннелирование, кулоновская блокада, квантовые точки, квантовый эффект Холла. Спиновая блокада и другие явления.	9	6	0	0	0	
7.	Тема 7. Сверхпроводимость в макроскопических системах. Переход сверхпроводник-диэлектрик. Квантовая фаза. Эффект Джозефсона. Андреевское отражение. Высокотемпературная сверхпроводимость	9	7	0	0	0	
8.	Тема 8. Магнитные свойства наноструктур. Краткий обзор магнетизма макроскопических систем. Магнитные вихревые структуры, эффекты близости, спиновые клапаны. Гигантское магнетосопротивление. Понятие о спинтронике	9	8	0	0	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	
9.	Тема 9. Аллотропные формы углерода. Методы получения графена. Плазмоны и магнитоплазмоны в графене. Возможные наноструктуры на основе графена. Углеродные нанотрубки. Классификация и электронные свойства нанотрубок. Применения нанотрубок в нанoeлектронике. Нанoeлектромеханические системы на основе нанотрубок	9	9	0	0	0	
10.	Тема 10. Фотонные кристаллы - материалы с фотонными щелями: свойства, аналогии, применения. Фотонные квантовые ямы, "квантовые провода" и "квантовые точки".	9	10	0	0	0	
.	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			0	0	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Введение. Тенденции и основные открытия в современной нанотехнологии Наноскопический масштаб расстояний. Закон Мура. Низкоразмерные системы и наноструктуры. Инверсионные слои. Гетероструктуры. Квантовые ямы и сверхрешетки. Связанные квантовые ямы. Квантовые нити. Квантовые точки.**

**Тема 2. Основы теории квантовых явлений. Уравнение Шредингера, квантовые состояния. Газ свободных электронов в металлах (уровень Ферми, плотность состояний). Периодические структуры, основные понятия зонной теории**

**Тема 3. Получение наноструктур. Подход ?top-down? (?сверху-вниз?). Молекулярно-лучевая эпитаксия, электронно-лучевая и УФ литография**

**Тема 4. Получение наноструктур. Подход ?bottom-up? (?снизу-вверх?). Самосборка.**

**Тема 5. Методы исследования наноструктур. Сканирующая зондовая микроскопия, электронная микроскопия, рентгеновская микроскопия**

**Тема 6. Явления переноса в наноструктурах. Основные сведения из теории переноса в макроскопических системах. Туннелирование, кулоновская блокада, квантовые точки, квантовый эффект Холла. Спиновая блокада и другие явления.**

**Тема 7. Сверхпроводимость в макроскопических системах. Переход сверхпроводник-диэлектрик. Квантовая фаза. Эффект Джозефсона. Андреевское отражение. Высокотемпературная сверхпроводимость**

**Тема 8. 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. Методы получения графена. Плазмоны и магнитоплазмоны в графене. Возможные нанопустройства на основе графена. Углеродные нанотрубки. Классификация и электронные свойства нанотрубок. Применения нанотрубок в нанопэлектронике. Нанопэлектромеханические системы на основе нанотрубок**

**Тема 10. Фотонные кристаллы - материалы с фотонными щелями: свойства, аналогии, применения. Фотонные квантовые ямы, "квантовые провода" и "квантовые точки".**

## **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**

### **7.1. 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:**

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

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



Автор(ы):

Таюрский Д.А. \_\_\_\_\_

Прошин Ю.Н. \_\_\_\_\_

Тагиров Л.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.