

**Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования Московской области  
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»  
(университет «Дубна»)  
Факультет естественных и инженерных наук  
Кафедра теоретической физики**

**УТВЕРЖДАЮ**

проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ С.В. Моржухина

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2011 г.

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Введение в физику наносистем**

Для направления 010700.62 «ФИЗИКА»

Специализация «Теоретическая физика»

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: *бакалавр*

Курс 4, семестр 7

г. Дубна, 2011 г.

## 1. Требования ГОС ВПО

Дисциплина относится к специальным дисциплинам, устанавливаемым вузом. Требования ГОС ВПО отсутствуют.

## 2. Аннотация

Курс «Введение в физику наносистем» входит в учебный план подготовки бакалавров по направлению физика 010700.62 и относится к блоку специальных дисциплин.

Наносистемы представляют огромный интерес для фундаментальной науки и практических приложений. В России нанотехнологии рассматриваются как одно из наиболее приоритетных направлений в инновационном развитии страны. Практически во всех развитых странах в данной области существуют крупные национальные проекты. Для современных ученых и специалистов, в какой бы области они не работали, знание наносистем становится необходимым элементом общей эрудиции и квалификации. Для ученых это также важный фактор эффективности их работы. В связи с этим, настоящий курс является важной частью подготовки бакалавров и магистров в области физики.

### Место курса в профессиональной подготовке бакалавров

Изучение дисциплины «Введение в физику наносистем» опирается на курсы атомной и ядерной физики, электродинамики сплошных сред, физики конденсированного состояния.

Поскольку курс читается для студентов, которые будут специализироваться по физике ядра и теоретической физике, проводится систематическое сравнение наносистем с атомным ядром, анализируются сходные эффекты и свойства. Показывается, что для изучения атомного ядра и электронных наносистем можно использовать во многом одни и те же теоретические модели.

**Самостоятельная работа студента:** изучение литературы по теме лекций.

**Виды текущего контроля** – выборочные опросы.

### Форма промежуточного контроля

Зачет

## 3. Цели и задачи дисциплины

**Целью** курса является изучение основ физики наносистем и перспектив использования этих систем в высоких технологиях. В **задачи** курса входит рассмотрение атомных кластеров, углеродных структур (фуллеренов, нанотрубок, графена), квантовых точек, квантового транспорта, оптических решеток, конденсата Бозе-Эйнштейна, наноструктур на поверхности, элементов лазерной физики и квантовой оптики, использования наносистем в биомедицинских исследованиях. Описываются способы получения наносистем, основные эксперименты, физические свойства наносистем и связанные с ними эффекты, базовые теоретические модели, последние достижения в данной области, разнообразные практические приложения. Большое внимание уделяется сравнению различных наносистем с целью выявления их общих свойств.

## 4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины (знания, умения, навыки)

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- способы получения наносистем, основные эксперименты,

- физические свойства наносистем и связанные с ними эффекты,
- базовые теоретические модели,
- разнообразные практические приложения,
- последние достижения в данной области.

## 5. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид занятий	Всего часов	Семестры	
		7	8
<b>Общая трудоемкость</b>	54	54	
<b>Аудиторные занятия:</b>	36	36	
Лекции (Лк)	36	36	
Практические занятия (ПЗ)	—	—	
Лабораторные работы (ЛР)	—	—	
<b>Самостоятельная работа:</b>	18	18	
Курсовая работа	—	—	
<b>Вид итогового контроля</b> (зачет/экзамен)	зачет		

## 6. Разделы дисциплины

№ п.п.	Раздел дисциплины	Лк	ПЗ	СР
1	<b>Краткое введение: многообразие наносистем</b>	2	—	1
2	<b>Атомные ядра и их сравнение с наносистемами</b>	2	—	1
3	<b>Атомные кластеры</b>	4	—	2
4	<b>Углеродные структуры и фуллерены</b>	4	—	2
5	<b>Квантовые точки</b>	2	—	1
6	<b>Ультра-холодные атомные системы. Конденсат Бозе-Эйнштейна</b>	4	—	2
7	<b>Оптические решетки</b>	4	—	2
8	<b>Многообразие наноструктур</b>	2	—	1
9	<b>Наноструктуры и прогресс в квантовой оптике</b>	4	—	2
10	<b>Квантовый транспорт в наносистемах</b>	2	—	2
11	<b>Наночастицы в биомедицинских приложениях</b>	4	—	2
12	<b>Краткий обзор теоретических моделей</b>	2	—	1

### Содержание разделов дисциплины

#### 1. Краткое введение: многообразие наносистем

Атомные кластеры; углеродные структуры: фуллерены, графен, нанотрубки; квантовые точки. Конденсат Бозе-Эйнштейна. Оптические решетки. Квантовый транспорт. Наноструктуры на поверхности, гетероструктуры. Прогресс в лазерной физике и квантовой оптике. Наноструктуры в медицине

## **2. Атомные ядра и их сравнение с наносистемами**

Квантовые оболочки, деформация. От гигантских резонансов к плазмонам.

Экзотические моды: ножничная, твист, ... Элементы теории: правила сумм, теория функционала плотности, ...

## **3. Электронные наносистемы**

**3.1. Атомные кластеры:** от атома к конденсированной материи. Получение атомных кластеров. Аналогия с атомными ядрами. Квантовые оболочки и супероболочки. Деформация, spill-out. Динамика, дипольный плазмон. Эффекты температуры. Теория: функционал Кона-Шема, обменно-корреляционный член. Многообразие атомных кластеров (гелиевые, полупроводниковые). Практические приложения.

**3.2. Углеродные структуры и фуллерены:** фуллерены: кластеры (C<sub>60</sub>, C<sub>20</sub>, ...). Графен. Углеродные трубки. Практические приложения.

**3.3. Квантовые точки:** получение, основные свойства. Дипольный плазмон. Молекулы Вигнера. Квантовый транспорт. Кулоновская блокада, одноэлектронный транзистор. Магнитные квантовые точки. Спинтроника. Практические приложения.

## **4. Ультра-холодные атомные системы. Конденсат Бозе-Эйнштейна**

Получение, типы ловушек, методы идентификации. Многообразие видов: атомный, молекулярный, спиновый, дипольный. Уравнение Гросса-Питаевского, параметр порядка. Спонтанное нарушение симметрий в конденсате. Квантовое давление, приближение Томаса-Ферми. Коллапс конденсата с притягивающим взаимодействием. Аналогия со взрывом суперновой. Динамика: звуковые и вибрационные возбуждения. Ножничная мода. Сверхтекучесть. Критерий Ландау. Вращающиеся конденсаты, вихри и вихревые решетки, супервращение. Многокомпонентный конденсат, туннелирование, аналогия с эффектом Джозефсона для сверхпроводников. Когерентность и геометрические фазы. Изменение взаимодействия через резонанс Фешбаха. Ультра-холодный газ Ферми-атомов. Перспективы.

## **5. Оптические решетки**

Получение, свойства, физика, перспективы. Конденсат в решетках. Транспорт атомов. Перспективы квантового компьютера.

## **6. Многообразие наноструктур**

Наноструктуры на поверхности. Гетероструктуры.

## **7. Наноструктуры и прогресс в квантовой оптике**

Принципы работы оптического лазера. Альтернативные типы лазеров (электронный, атомный, ...). Синхротронное излучение. Интенсивные атто- и фемто-секундные лазеры: прорыв в физике наносистем. Двух-фотонные процессы, стимулированное Рамановское рассеяние. Адиабатические процессы, Stimulated Raman Adiabatic Passage (STIRAP). Индуцированная оптическая прозрачность, "остановка" света. Связь двухфотонных процессов и туннелирования.

## **8. Квантовый транспорт в наносистемах**

Виды квантового транспорта. Электронный транспорт. От законов Ома к уравнениям Ландауэра. Состояния Ландау. Классические и квантовые эффекты Холла. Спиновый транспорт. Практические приложения.

## **9. Наночастицы в биомедицинских приложениях**

Использование плазмонных возбуждений кластеров в диагностике и лечении. Наносферы, наностержни, нанооболочки. Спектральное окно прозрачности биотканей и настройка плазмонных резонансов. Биоспецифические кластеры-зонды. Гибридизация плазмонов. Фотодеструкция раковых клеток. Пучки кластеров.

## 10. Краткий обзор теоретических моделей

Элементарная теория Друде. Правила сумм. Теория функционала плотности (DFT) как базовый микроскопический метод изучения наносистем. Функционал Кона-Шема и обменно-корреляционный член.

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. **Пул Ч.П., мл., Оуэнс Ф.Д.** Нанотехнологии: Учебное пособие для вузов; Пер.с англ. под ред. Ю.И.Головина. - 5-е изд.,испр.и доп. - М.: Техносфера, 2010. - 336с.: ил. - (Мир материалов и технологий). - ISBN 978-5-94836-239-7.
2. **Минько Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В., Нарцев В.М.** Методы получения и свойства нанообъектов: Учебное пособие ; - М.: Флинта: Наука, 2009, ISBN 9785976503267.
3. **Старостин В.В.** Материалы и методы нанотехнологии: Учебное пособие, под ред. Л.Н.Патрикеева; - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010 (Нанотехнология) ISBN 9785947747270.

### Обзоры в периодических изданиях

4. **В.О. Нестеренко**, "Атомные кластеры как новая область приложения идей и методов ядерной физики", ЭЧАЯ, 23 (6), 1665 (1992).
5. **А. В. Елецкий, Б. М. Смирнов**, "Фуллерены", УФН, т.163, № 2, с.33 (1993).

### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6. **Сергеев Г.Б.** Нанохимия: Учебное пособие для вузов - 2-е изд. - М.: КДУ, 2007 ISBN 5-98227-288-4.
7. **Борисенко В.Е.** Нанoeлектроника: Учебное пособие для вузов / Борисенков Виктор Евгеньевич, Воробьева Алла Ильинична, Уткина Елена Апполинарьевна. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009
8. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника: Мировые достижения - 2008 год; Англо-русский терминологический словарь по микро- и наносистемной технике: Сборник / Под ред. П.П.Мальцева. - М.: Техносфера, 2008. - 432с.: ил. - (Мир материалов и технологий). - Прил.:с.415. - ISBN 9785948361802.
9. **Суздаев И.П.** Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов - 2-е изд.,испр. - М.: ЛИБРОКОМ, 2009. - (Синергетика: от прошлого к будущему). - ISBN 978-5-397-00217-2.
10. **Рыжонков Д.И., Левина В.В., Дзидзигури Э.Л.**, Наноматериалы: Учебное пособие - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008 (Нанотехнология) - ISBN 9785947747249.
11. **Герасименко Н.Н., Пархоменко Ю.Н.** Кремний - материал нанoeлектроники: Учебное пособие / - М.: Техносфера, 2007 (Мир материалов и технологий; VI.12) ISBN 978-5-94836-101-7.
12. **Раков Э.Г.** Нанотрубки и фуллерены: Учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 210602 "Наноматериалы" - М.: Университетская книга: Логос: Физматкнига, 2006. (Новая Университетская Библиотека). - Цит.лит.:с.359. - ISBN 5-98699-009-9.
13. **Неволин В.К.** Зондовые нанотехнологии в электронике / Неволин В.К. - М.: Техносфера, 2005 - (Мир электроники). - ISBN 5-94836-054-7.
14. **Гусев А.И.** Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии - М.: Физматлит, 2005. - 416с.: ил. - Лит.-Имен.указ.:с.401.-Предм.указ.:с.403. - ISBN 5-9221-0582-5.

15. **Фуллерены:** Учебное пособие для вузов / Сидоров Лев Николаевич, Юровская Марина Абрамовна, Борщевский Андрей Яковлевич и др. - М.: Экзамен, 2005. - 688с.: ил. - (Учебное пособие для вузов). - Лит.-Список сокр.обозн.:с.673.-Предм.указ.:с.675. - ISBN 5-472-00294-X.
16. **Елисеев А. А., Лукашин А. В.,** Функциональные наноматериалы. М.: Физматлит, 2010.- 456с. - ISBN: 978-5-9221-1120-1
17. **Н.Г. Хлебцов, В.А. Богатырев, Л.А. Дыкман, Б.Н. Хлебцов,** "Золотые наноструктуры с плазмонным резонансом для биомедицинских исследований", Российские нанотехнологии, т.2 (3-4), 2007 ([www.nanorf.ru](http://www.nanorf.ru)).
18. **S. Datta**, "Electronic transport in mesoscopic systems", (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1995).
19. **S. Datta**, "Quantum transport: atom to transistor", (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2005).