**Министерство науки и образования Российской Федерации**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**

**высшего профессионального образования**

**«Московский физико-технический институт (государственный университет)»**

**МФТИ(ГУ)**

**Кафедра «Лазерные системы и структурированные материалы»**

**«УТВЕРЖДАЮ»**

**Проректор по учебной работе**

**Ю.Н. Волков**

**2012 г**.

.

**Рабочая УЧЕБНАЯ Программа**

**по дисциплине:** **Нанофизика и инновационные технологии**

**по направлению:** 010900 «Прикладные математика и физика»

**профиль подготовки:** Современные проблемы физики и энергетики

**факультеты:** **ПФЭ**

**кафедра Лазерные системы и структурированные материалы**

**курс:** 4 (бакалавриат)

**семестры:** осенний **диф**. **зачет**  **нет**

**экзамен** **7 семестр**

**Трудоёмкость в зач. ед.:** вариативная часть – **2** **зач. ед**.;

**в т.ч.:**

**лекции:** вариативная часть – **34 час**.,

**практические (семинарские) занятия:** нет

**лабораторные занятия:** нет.

**мастер классы, индивид. и групповые консультации:** нет

**самостоятельная работа:** вариативная часть– **8 час.**

**курсовые работы:** нет

**подготовка к экзамену:** вариативная часть – **1 зач.ед**.

**ВСЕГО Аудиторных часов 34**

**Программу составил** доцент, к.ф.-м.н., Звездин Константин Анатольевич

**Программа обсуждена на заседании кафедры «Лазерные системы и структурированные материалы»**

«18» сентября 2012 г.

Заведующий кафедрой академик РАН Щербаков И.А.

**ОБЪЁМ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ И ВИДЫ ОТЧЁТНОСТИ.**

|  |  |
| --- | --- |
| **Вариативная часть, в т.ч. :** | 2 зач. ед. |
| Лекции | 34 часов |
| Практические занятия | 0 часов |
| Лабораторные работы | 0 часов |
| Индивидуальные занятия с преподавателем | 0 часов |
| Самостоятельные занятия | 8 часов |
| **Итоговая аттестация** | **экзамен 7 семестр 1 зач.ед.** |
| **ВСЕГО** | **2 зач. ед.** |

1. **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ**

***Цель курса –*** является углубленное изучение физических основ нанофизики, основных методов создания и исследования наноструктур, а также возможностей использования нанотехнологий в электронике и энергосбережении.

***Задачами данного курса являются:***

-общих представлений о физике наноструктур, наноэлектронике, роли нанотехнологии в энергосбережении;

-знаний о фундаментальных причинах, которые позволили выделить нанотехнологии в отдельную область знаний; перспективы развития и применения нанотехнологий;

-знаний об использовании нанотехнологий для энергосбережения и наноэлектроники,

-знаний о потенциале, которым обладают эти технологии с точки зрения улучшения энергоэффективности, быстродействия и потребительских свойства электронных устройств, транспорта, автономной энергогенерации и т.д.

-умений работать с литературой, работать с приборами наноизмерений;

- навыков компьютерного моделирования физических процессов в наноструктурах.

-опыта использования имеющихся знаний из физики твердого тела и квантовой механики, применения навыков экспериментальной физики для наноизмрений.

1. **Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата**

Дисциплина «Нанофизика и инновационные технологии» включает в себя разделы, которые могут быть отнесены к вариативным части цикла Б.3 кода УЦ ООП.

Дисциплина «Нанофизика и инновационные технологии» базируется на циклах Б.2 курса 1,2,3 базовой и вариативных частях.

**Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

***Освоение дисциплины «*Нанофизика и инновационные технологии» *направлено на формирование следующих общекультурных и общепрофессиональных интегральных компетенций бакалавра:***

***а) общекультурные (ОК):***

* способность анализировать научные проблемы и физические процессы, использовать на практике фундаментальные знания, полученные в области естественных и гуманитарных наук (ОК-1);
* способность осваивать новые проблематику, терминологию, методологию и овладевать научными знаниями, владеть навыками самостоятельного обучения (ОК-2);
* способность логически точно, аргументировано и ясно формулировать свою точку зрения, владеть навыками научной и общекультурной дискуссией (ОК-3);
* готовность к творческому взаимодействию с коллегами по работе и научным коллективом, способность и умение выстраивать межличностное взаимодействие, соблюдая уважение к товарищам и проявляя терпимость к иным точкам зрения (ОК-4);

б) профессиональные (ПК):

* способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин, включая дисциплины: общая физика, теоретическая физика, электродинамика, квантовая механика, статистическая физика, высшая математика (ПК-1);
* способность применять различные методы физических исследований в избранной предметной области: экспериментальные методы, статистические методы обработки экспериментальных данных, вычислительные методы, методы математического и компьютерного моделирования объектов и процессов (ПК-2);
* способность понимать сущность задач, поставленных в ходе профессиональной деятельности, использовать соответствующий физико-математический аппарат для их описания и решения (ПК-3);
* способность использовать знания в области физических и математических дисциплин для дальнейшего освоения дисциплин в соответствии с профилем подготовки (ПК-4);
* способность работать с современным программным обеспечением, приборами и установками в избранной области (ПК-5);
* способность представлять результаты собственной деятельности с использованием современных средств, ориентируясь на потребности аудитории, в том числе в форме отчетов, презентаций, докладов (ПК-6);
* готовность работать с исследовательским оборудованием, приборами и установками в избранной предметной области (ПК-7);

1. **конкретные Знания, умения и навыки, формируемые в результате освоения дисциплины**

**В результате освоения дисциплины «Нанофизика и инновационные технологии» обучающийся должен:**

* 1. **Знать:**
* фундаментальные понятия, законы, теории классической и современной физики;
* порядки численных величин, характерные для различных разделов физики;
* современные проблемы физики, химии, математики;
* квантовые явления, наблюдаемые при исследовании объектов нанофизики и инновационных технологий, и экспериментальные физические методы, разработанные на их базе;
* экспериментальные основы нанофизики и инновационных технологий;
  1. **Уметь:**
* абстрагироваться от несущественного при моделировании реальных физических ситуаций;
* пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
* делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
* производить численные оценки по порядку величины;
* делать качественные выводы при переходе к предельным условиям в изучаемых проблемах;
* видеть в технических задачах физическое содержание;
* осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
* получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
* эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.
  1. **Владеть:**
* навыками освоения большого объема информации;
* навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
* культурой постановки и моделирования физических задач;
* навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
* практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач;
* навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами;

1. **Структура и содержание дисциплины**
   1. **Структура дисциплины**

**Перечень разделов дисциплины и распределение времени по темам**

|  |  |
| --- | --- |
| № темы и название | Количество часов |
| 1. **Нанотехнология и наноэлектроника** | 18 |
| 1. **Спинтроника** | 16 |
| 1. **Самостоятельная работа** | 8 |
| ВСЕГО (зач. ед.(часов)) | 42 (1 зач.ед.) |

**Вид занятий**

**ЛЕКЦИИ:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы | Трудоёмкость в зач. ед.  (количество часов) |
| 1 | Основы квантовой механики. Атом водорода. Спин. Магнитный момент атомов. | 2 |
| 2 | Зонная структура твердых тел: металлы, диэлектрики, полупроводники. | 2 |
| 3 | Носители заряда и примесные состояния в полупроводниках. p-n переход и биполярные ранзисторы. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник. | 2 |
| 4 | Микроэлектронные элементы памяти и логики. Закон Мура и физический предел миниатюризации полупроводниковых устройств. | 2 |
| 5 | Переход к нанотехнологиям. Низкоразмерные системы и наноструктуры. Масштабирование. Мезоскопика. | 2 |
| 6 | Наноматериалы: Двумерные материалы (пленки). Одномерные материалы: органические и неорганические нанотрубки и нанопроволоки, полимеры. | 2 |
| 7 | Нанокластеры. Полупроводниковые наноточки. Нанокомпозитные материалы и их свойства. | 2 |
| 8 | Измерение длин и сил на нанометровом масштабе. Методы и инструменты нанометрологии. Электронные микроскопы. Зондовая микроскопия. Сканирующие туннельный и силовой микроскопы. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля. | 2 |
| 9 | Производство наноструктур: Методы bottom-up: химический синтез, самосборка, позиционная сборка. Методы top-down: прецизионная механика, литография, нанопечать. Манипулирование отдельными атомами («оптический пинцет»). Роль моделирования в процессе создания и проектирования новых наноматериалов и приборов. | 2 |
| 10 | Спинтроника. | 2 |
| 11 | Магнитосопротивление и спин-поляризованный транспорт. Приложения спинтроники (спиновые клапаны, магнитная память MRAM, сенсорные системы). | 2 |
| 12 | Новые функциональные материалы спинтроники – мультиферроики. | 2 |
| 13 | Фотоника и магнитофотоника. Фотонные кристаллы. | 2 |
| 14 | Молекулярная и пластиковая электроника. | 2 |
| 15 | Элементы квантовой информатики (кубит, логические операции с ними, проблема декогерентности и квантовая коррекция ошибок). | 2 |
| 16 | Био-нанотехнологии. «Доставка лекарства». Разработка новых лекарств. Мониторинг состояния здоровья. Имплантаты. | 2 |
| 17 | Перспективы и проблемы развития нанотехнологий. | 2 |
| ВСЕГО ( зач. ед.(часов)) | | 34 час (1 зач.ед.) |

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ**

**Нет**

**ВИДЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п.п. | Темы | Трудоёмкость в зач. Ед.  (количество часов) |
| 1 | Современные методы изучения структуры магнитных материалов, содержащих наночастицы. Магнитный дихроизм в рентгеновском диапазоне. Нейтронографические методы исследования. | 2 |
| 2 | Особенности магнитной микростуктуры наноструктурированных материалов.  Описание спиновой динамики магнитгых наночастиц. Модель Стонера-Вольфарта. | 2 |
| 3 | Магнитные материалы для спинтроники. Считывающие головки жестких дисков; магниторезистивная оперативная память; оперативная память на механизме спинового тока; спин-токовые наногенераторы микроволнового излучения. | 2 |
| 4 | Особенности динамики движения доменных границ в магнитных проволоках. Магнитные нанопроволоки в устройствах, использующих принцип движения доменных границ. Магнитные нанопроволоки для создания устройств сверхплотной записи и хранения данных. | 2 |
| ВСЕГО ( зач. ед.(часов)) | | 8 |

* 1. **Содержание дисциплины**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Название модулей | Разделы и темы лекционных занятий | Содержание | Объем | |
| Аудиторная работа  (зачетные  единицы/часы) | Самостоятельная работа  (зачетные  единицы/часы) |
| 1 | **Нанотехнология**  **и наноэлектроника** | Основы квантовой механики. | Основы квантовой механики. Атом водорода. Спин. Магнитный момент атомов. | 2 |  |
|  |  | Зонная структура твердых тел | Зонная структура твердых тел: металлы, диэлектрики, полупроводники. | 2 |  |
|  |  | Носители заряда и примесные состояния в полупроводниках. | Носители заряда и примесные состояния в полупроводниках. p-n переход и биполярные ранзисторы. Структуры металл-диэлектрик-полупроводник. | 2 |  |
|  |  | Микроэлектронные элементы памяти и логики. | Микроэлектронные элементы памяти и логики. Закон Мура и физический предел миниатюризации полупроводниковых устройств. | 2 |  |
|  |  | Мезоскопика. | Переход к нанотехнологиям. Низкоразмерные системы и наноструктуры. Масштабирование. Мезоскопика. | 2 |  |
|  |  | Наноматериалы | Наноматериалы: Двумерные материалы (пленки). Одномерные материалы: органические и неорганические нанотрубки и нанопроволоки, полимеры. | 2 |  |
|  |  | Нанокластеры | Нанокластеры. Полупроводниковые наноточки. Нанокомпозитные материалы и их свойства. | 2 |  |
|  |  | Измерение длин и сил на нанометровом масштабе. | Измерение длин и сил на нанометровом масштабе. Методы и инструменты нанометрологии. Электронные микроскопы. Зондовая микроскопия. Сканирующие туннельный и силовой микроскопы. Сканирующая оптическая микроскопия ближнего поля. | 2 |  |
|  |  | Производство наноструктур | Производство наноструктур: Методы bottom-up: химический синтез, самосборка, позиционная сборка. Методы top-down: прецизионная механика, литография, нанопечать. Манипулирование отдельными атомами («оптический пинцет»). Роль моделирования в процессе создания и проектирования новых наноматериалов и приборов. | 2 |  |
| 2 | **Спинтроника** | Спинтроника | Спинтроника | 2 |  |
|  |  | Приложения спинтроники | Магнитосопротивление и спин-поляризованный транспорт. Приложения спинтроники (спиновые клапаны, магнитная память MRAM, сенсорные системы). | 2 |  |
|  |  | Мультиферроики | Новые функциональные материалы спинтроники – мультиферроики. | 2 |  |
|  |  | Фотоника и магнитофотоника | Фотоника и магнитофотоника. Фотонные кристаллы. | 2 |  |
|  |  | Молекулярная и пластиковая электроника. | Молекулярная и пластиковая электроника. | 2 |  |
|  |  | Элементы квантовой информатики | Элементы квантовой информатики (кубит, логические операции с ними, проблема декогерентности и квантовая коррекция ошибок). | 2 |  |
|  |  | Био-нанотехнологии. | Био-нанотехнологии. «Доставка лекарства». Разработка новых лекарств. Мониторинг состояния здоровья. Имплантаты. | 2 |  |
|  |  | Перспективы и проблемы развития нанотехнологий. | Перспективы и проблемы развития нанотехнологий. | 2 |  |

1. **Образовательные технологии**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Вид занятия | Форма проведения занятий | Цель |
| 1 | Лекция | изложение теоретического материала | получение теоретических знаний по дисциплине |
| 2 | Лекция | изложение теоретического материала с помощью презентаций | повышение степени понимания материала |
| 3 | Лекция | решение задач по заданию (индивидуальному где требуется) преподавателя– решаются задачи, выданные преподавателем по итогам лекционных занятий и сдаются в конце семестра, используются конспект (электронный) лекций, учебники, рекомендуемые данной программой, а также учебно-методические пособия | осознание связей между теорией и практикой, а также взаимозависимостей разных дисциплин |
| 4 | самостоятельная работа студента | подготовка к защитам лабораторных работ, подготовка к экзамену и зачету с оценкой | повышение степени понимания материала |

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

**Контрольно-измерительные материалы**

**Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена в 7-ом семестре.**

1. Какой геометрический фактор выдвигается на первый план при уменьшении масштабов, каковы физические последствия этого?

2. Закон Мура. Как и почему уменьшение размеров устройств влияет на их быстродействие?

3. Суперпарамагнитный предел и методы его преодоления.

4. Роль квантовых эффектов в электронике: флеш память, наноконтакты, high-k диэлектрики.

5. Фотолитография и новые виды технологии печати схем микро- и наноэлектроники

Спинтроника

1. Механизм GMR-эффекта.

2. GMR-датчик магнитного поля

3. Принцип действия считывающей головки жесткого диска, основанной на эффекте GMR

4. Магнитная оперативная память MRAM (на примере продукции Freescale). Матричная архитектура и управляющие токовые шины.

5. Магнитный биосенсор.

6. Эффект переноса спина в магнитных наноструктурах. Пояснить наноразмерность этого эффекта.

7. Принцип работы ячейки MRAM, основанной на эффекте переноса спина.

8. Основные недостатки полевой MRAM (на примере продукции Freescale). Преимущества MRAM, основанной на эффекте переноса спина.

9. Память на сдвиговых регистрах (racetrack memory).

10. Спинтронные осцилляторы

Функциональные материалы, композиты

1. Что такое мультиферроики? Какие физические эффекты можно наблюдать в таких средах?

2. Магнитоэлектрические преобразователи. Назовите физические эффекты (не менее четырех), на основе которых можно преобразовывать магнитное поле в электрический сигнал и обратно.

3. Каковы преимущества следует ожидать от емкостных головок записи по сравнению с индуктивными головками записи, используемыми в настоящее время в жестких дисках?

4. Что такое композитные материалы? Какими эффектами должны обладать составляющие композита, чтобы на выходе получить магнитоэлектрический эффект?

Вопросы по магнитооптике и плазмонике

1. Гиротропные среды. Феноменология магнитооптических эффектов: эффекты Фарадея, Керра, Фохта.

2. Магнитооптические эффекты в фотонных кристаллах.

3. Эффект экстраординарного прохождения света.

4. Поверхностные плазмон-поляритоны.

5. Магнитооптические функциональные устройства - Оптический изолятор. Модулятор интенсивности света. Магнитооптический циркулятор. Сенсор магнитного поля.

6. Каковы преимущества использования плазмонных устройств в интегральных оптических схемах?

Метаматериалы и левые среды

1. Что такое метаматериалы? Из чего состоят метаматериалы?

2. Что такое левые среды? Чем объясняется их название?

3. Особенности преломления света в левых средах. Условие отсутствия отражения на границах поверхностей.

1. **Материально-техническое обеспечение дисциплины**
   1. **Необходимое оборудование для лекций и практических занятий:** компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система)
   2. **Необходимое программное обеспечение:** офисный пакет OpenOffice для рефератов и презентаций, программа Origin (при наличии технической возможности).
   3. **Обеспечение самостоятельной работы –** доступ в Интернет, базы данных по журналамAmerican Physical Society, American Institute of Physics, Institute of Physics, Nature, Springer Verlag, библиотека ИОФ РАН.
2. **Наименование возможных тем курсовых работ –**учебным планом не предусмотрены
3. **ТЕМАТИКА И ФОРМЫ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ РАБОТЫ –**учебным планом не предусмотрены
4. **ТЕМАТИКА ИТОГОВЫХ РАБОТ –**учебным планом не предусмотрены
5. **Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**
   1. **Основная литература.**
   2. Фуллерены. Учебное пособие. М.: «Экзамен» (2005).
   3. А.М.Желтиков. Изолированные волноводные моды интенсивных световых полей. УФН, т.174, №12, с.1301-1318 (2004).
   4. Л.Е.Воробьев, Е.Л.Ивченко, Д.А.Фирсов, В.А.Шалыгин. Оптические свойства наноструктур. СпБ.: Наука (2001).
   5. А.К. Звездин. Магнитные молекулы и квантовая механика. Природа, т. 12 , стр.11, (2000).
   6. Фуллерены. Учебное пособие. М.: «Экзамен» (2005).
   7. Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncer-tainties. The Royal Society & The Royal Academy of Engineering, July 2004.
   8. А. Голубев, Оптический пинцет, Наука и Жизнь, N6 стр. 28-30, (2003).
   9. D. G. Grier, A revolution in optical manipulation, Nature 424, 810-816 (2003).
   10. J F Gregg, I Petej, E Jouguelet and C. Dennis. “Spin electronics – a review”, J. Phys. D: Appl. Phys. 35 (2002) R121–R155.
   11. Звездин А.К., Звездин К.А., Хвальковский А.В. Обощенное уравнение Ландау-Лифшица и процессы переноса спинового момента в магнитных наноструктурах // УФН. 2008. T. 178. № 4. C. 436.

**Литература на русском и английском языке не старше 2000 года**

1. Елецкий А. В., Смирнов Б.М. Фуллерены и структуры углерода. УФН, т. 165 (9), с.977, 1995.
2. Елецкий А.В. Углеродные нанотрубки. УФН, т.167(9), с.945, 1997.
3. Желтиков А.М. УФН, 174, № 12, 1301 (2004).
4. Yeh P, Yariv A. Opt. Commun., 19, 427 (1976).
5. Cregan et al. Science, 285, 1537 (1999).
6. Современная кристаллография. Т.1. Б.К.Вайнштейн. Симметрия кристаллов. Методы структурной кристаллографии. М.: Наука (1979) 384 с.
7. Г. Биннинг, Г. Рорер, Сканирующая туннельная микроскопия – от рождения к юности, Успехи физических наук, т.154, вып.2, с.261 (1988).
8. 2. G. Binnig, C. F. Quate, Ch. Gerber, Atomic force microscope, Phys. Rev. Lett. V. 56 p. 930 (1986).
9. Бухараев А. А., Овчинников Д. В., Бухараева А. А. Диагностика поверхности с помощью сканирующей силовой микроскопии (обзор) – Заводская лаборатория N5, с.10-27, (1997).
10. Y. Martin, H. K. Wickramasinghe Magnetic imaging by ”force microscopy” with 1000 A resolution, Appl. Phys. Lett. V. 50, N.20, p. 1455 (1987)
11. R. Proksch, S. Foss, D. Dan Dahlberg, G. Prinz Magnetic fine structure of domain walls in iron films observed with a magnetic force microscope, J. Appl. Phys., V.75 N10 (1994)
12. Г.С. Жданов, М.Н. Либенсон, Г.А. Марциновский, Оптика внутри дифракционного предела: принципы, результаты, проблемы. УФН, т. 168/7, (1998); V.I.Balykin, V.S.Letokhov, Yu.B.Ovchinnikov, and A.I.Sidorov, Quantum-State-Selective Mirror Reflection of Atoms by Laser Light, Phys. Rev. Lett. 60, 2137–2140 (1988).
13. G.A. Prinz. Science, 282, p.1660, (1998).

**.**

**Более старые источники**

**Пособия и методические указания.**

Н.Г. Гусейн-заде, К.А. Звездин, А.П. Пятаков, А.В. Хвальковский. Введение в физику наноструктур. Учебное пособие. Москва, Изд-во МГИРЭА (ТУ) (2005).

**Электронные ресурсы, включая доступ к базам данных и . т.д.**

Информационные ресурсы: Журналы по физике твердого тела и магнитных явлений (Физика твердого тела, ЖЭТФ, Письма в ЖЭТФ, Успехи физических наук, Physica Status Solidi b, Physical Review B и др.), доступные через Internet научные и научно-технические журналы: издательств American Physical Society, American Institute of Physics, Institute of Physics, Nature, Springer Verlag, , база данных Web of Science, электронные конспекты лекций, учебные пособия и сборники задач, разработанные для данного курса

Программу составил

К.А.Звездин, доцент, к.ф.–м.н.

«11» сентября 2012 г.