

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры общей физики  
протокол № 7 от «23» мая 2019 г.

Зав. кафедрой  /Балапанов М.Х.

Согласовано:  
Председатель УМК ФТИ

  
\_\_\_\_\_/Балапанов М.Х.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Электрические и магнитные свойства наноматериалов.**

**Физика твердого тела**

(наименование дисциплины)

ФТД.02, факультатив

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

программа магистратуры

Направление подготовки (специальность)


03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки

«Физика конденсированного состояния вещества»

(наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация  
магистр

Разработчики (составители) профессор, д.ф.-м.н., профессор (должность, ученая степень, ученое звание)	 /_Балапанов М.Х.
---	--

Для приема: 2019 г.

Уфа 2019 г.

Составитель / составители: Балапанов М.Х.

## Список документов и материалов (оглавление)

1.Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2.Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3.Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся) - (Приложение №1)	5(14)
4.Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	8
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	12
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	12
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	12
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	13
Приложение №1	14

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

При изучении дисциплины «Электрические и магнитные свойства наноматериалов. Физика твердого тела» у обучающегося должны формироваться следующие компетенции:

ОК-1: способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

ПК-2: способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

Для формирования указанных компетенций и освоения образовательной программы обучающийся должен показать следующие результаты обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	<p>1. Знать : основные экспериментальные факты и теоретические представления по физике твердого тела, особенности электрических и магнитных явлений в наноматериалах, иметь представление о перспективах практического применения электрических и магнитных свойств наноматериалов</p> <p>2. знать причинно-следственные связи между химическим составом, кристаллическим строением, дефектной структурой, электрическими и магнитными свойствами наноматериалов.</p>	<p>способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1 ),</p> <p>способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности (ПК-2)</p>	
Умения	<p>1. Уметь: пользоваться основными законами физики твердого тела для анализа электрических и магнитных характеристик наноматериалов, предсказывать поведение этих свойств наноматериалов при изменении тех или иных физических и химических факторов</p>	ОК-1 , ПК-2	
	<p>2. Уметь анализировать и использовать влияние размерного фактора и наноструктурирования на свойства материалов с целью формирования заданных свойств для инновационных применений</p>	ОК-1 , ПК-2	
Владения (навыки / опыт деятельности)	<p>Владеть знаниями и приемами нанотехнологий, необходимыми для решения научно-инновационных задач в области создания и применения новых полупроводниковых и магнитных материалов</p>	ОК-1 , ПК-2	

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Электрические и магнитные свойства наноматериалов. Физика твердого тела» относится к *вариативной* части рабочего учебного плана и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина изучается на 3 курсе во 3,4 семестрах.

*Цель курса* – научить студентов пользоваться основными законами физики твердого тела для анализа электрических и магнитных характеристик наноматериалов, предсказывать поведение этих свойств наноматериалов при изменении тех или иных физических и химических факторов, владению знаниями и приемами нанотехнологий, необходимыми для решения научно-инновационных задач в области создания и применения новых полупроводниковых и магнитных материалов.

Дисциплина «Электрические и магнитные свойства наноматериалов. Физика твердого тела» продолжает ознакомление с результатами физических экспериментов и теоретическими представлениями в области физики конденсированного состояния, специализируясь на изучении проблем получения и исследования электрических и магнитных свойств наноразмерных материалов экспериментальными методами. Для освоения данной дисциплины студенту, кроме знаний по общей физике и высшей математике необходимы знания основ кристаллографии, основ химии, знания дефектов кристаллической структуры, физики металлов и сплавов, квантовой теории, физики конденсированного состояния.

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

## 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### Код и формулировка компетенции

**ОК-1** способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (знания)	1. Знать: основные экспериментальные факты и теоретические представления по физике твердого тела, особенности электрических и магнитных явлений в наноматериалах, иметь представление о перспективах практического применения электрических и магнитных свойств наноматериалов 2. знать причинно-следственные связи между химическим составом, кристаллическим строением, дефектной структурой, электрическими и магнитными свойствами наноматериалов.	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (умения)	1. Уметь: пользоваться основными законами физики твердого тела для анализа электрических и магнитных характеристик наноматериалов, предсказывать поведение этих свойств наноматериалов при изменении тех или иных физических и химических факторов 2. Уметь анализировать и использовать влияние размерного фактора и наноструктурирования на свойства материалов с целью формирования заданных свойств для инновационных применений	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (навыки)	Владеть знаниями и приемами нанотехнологий, необходимыми для решения научно-инновационных задач в области создания и применения новых полупроводниковых и магнитных материалов	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

**ПК-2-** способность свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения

научно-инновационных задач, и применять результаты научных исследований в инновационной деятельности.

Этап (уровень освоения компетенции)	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 «Неудовлетворительно»	3 «Удовлетворительно»	4 «Хорошо»	5 «Отлично»
Первый этап (знания)	1. Знать : основные экспериментальные факты и теоретические представления по физике твердого тела, особенности электрических и магнитных явлений в наноматериалах, иметь представление о перспективах практического применения электрических и магнитных свойств наноматериалов 2. знать причинно-следственные связи между химическим составом, кристаллическим строением, дефектной структурой, электрическими и магнитными свойствами наноматериалов.	Показывает полное незнание материала или имеет фрагментарные знания небольшой части материала, допускает грубые ошибки	Имеет значительные пробелы в знаниях, допускает существенные ошибки в ответах	Знает почти всё, допускает незначительные ошибки в ответах	Знает всё
Второй этап (умения)	1. Уметь: пользоваться основными законами физики твердого тела для анализа электрических и магнитных характеристик наноматериалов, предсказывать поведение этих свойств наноматериалов при изменении тех или иных физических и химических факторов 2. Уметь анализировать и использовать влияние размерного фактора и наноструктурирования на свойства материалов с целью формирования заданных свойств для инновационных применений	Не умеет	Умеет, но допускает значительные ошибки	Умеет, допускает незначительные ошибки	Умеет в совершенстве
Третий этап (владение навыками)	Владеть знаниями и приемами нанотехнологий, необходимыми для решения научно-инновационных задач в области создания и применения новых полупроводниковых и магнитных материалов	Практически не владеет	Владеет слабо, допускает значительные ошибки	Владеет, допускает незначительные ошибки	Владеет в совершенстве

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Знать : основные экспериментальные факты и теоретические представления по физике твердого тела, особенности электрических и магнитных явлений в наноматериалах, иметь представление о перспективах практического применения электрических и магнитных свойств наноматериалов 2. знать причинно-следственные связи между химическим составом, кристаллическим строением, дефектной структурой, электрическими и магнитными свойствами наноматериалов.	ОК-1 , ПК-2	Устный опрос, контрольная работа
2-й этап Умения	1. Уметь: пользоваться основными законами физики твердого тела для анализа электрических и магнитных характеристик наноматериалов, предсказывать поведение этих свойств наноматериалов при изменении тех или иных физических и химических факторов	ОК-1 , ПК-2	Контрольная работа
	2. Уметь анализировать и использовать влияние размерного фактора и наноструктурирования на свойства материалов с целью формирования заданных свойств для инновационных применений	ОК-1 , ПК-2	Реферат
3-й этап Владеть навыками	Владеть знаниями и приемами нанотехнологий, необходимыми для решения научно-инновационных задач в области создания и применения новых полупроводниковых и магнитных материалов	ОК-1 , ПК-2	Контрольная работа Доклад по избранной теме (реферат)

**Система контроля и оценивания успеваемости студента.**

В течение семестра усвоение студентами программы дисциплины проверяется с помощью устного опроса, выполнения контрольной работы и с помощью заслушивания докладов по выполненным рефератам.

**Примерные вопросы для текущего и рубежного контроля:**

***Примерные вопросы к зачету по спецкурсу «Электрические и магнитные свойства наноматериалов. Физика твердого тела»***

1. Введение в нанотехнологии.
2. Атомарная структура нанообъектов.
3. Размерные эффекты.
4. Кристаллические решетки .



5. Наночастицы с гранцентрированной решеткой. Тетраэдрические полупроводниковые структуры.
6. Колебания решетки.
7. Структуры энергетических зон.
8. Диэлектрики, полупроводники и проводники
9. Обратное пространство и решетка
10. Энергетические зоны и щели в полупроводниках
11. Эффективные массы
12. Поверхности Ферми
13. Локализованные частицы и квазичастицы.
14. Доноры, акцепторы и глубоколежащие уровни.
15. Подвижность.
16. Методы изучения свойств наноматериалов
17. Исследование размерных характеристик
18. Определение элементного состава
19. Определение фазового состава
20. Методы изучения поверхности
21. Свойства изолированных наночастиц металлов
22. Электронная структура наночастиц металлов
23. Магнитные кластеры
24. Полупроводниковые наночастицы
25. Влияние размеров частиц на магнитные свойства.
26. Влияние размеров частиц на оптические свойства.
27. Углеродные нанотрубки. Индексы хиральности, угол сворачивания. Методы получения нанотрубок.
28. Электрические свойства нанотрубок.
29. Применение углеродных нанотрубок (Полевая эмиссия и экранирование, компьютеры, химические сенсоры, топливные элементы)
30. Фуллерены. Сверхпроводимость в C<sub>60</sub>.
31. Графен. Электрические свойства. Применение.
32. Электрические свойства наноматериалов
33. Изменение длины свободного пробега электронов в наноматериалах
34. Электропроводность нанокристаллических материалов
35. Работа выхода электрона в нанокристаллических материалах
36. Явление сверхпроводимости в наноматериалах
37. Основы ферромагнетизма
38. Ферромагнитные характеристики наноматериалов
39. Вещество в однодоменном состоянии
40. Суперпарамагнетизм наночастиц
41. Размерная зависимость коэрцитивной силы
42. Размерная зависимость намагниченности насыщения
43. Размерные зависимости температуры Кюри
44. Ферромагнетизм в наноструктурах
45. Влияние наноструктурирования объемного материала на магнитные свойства .
46. Динамика наномагнитов
47. Магнитные частицы в нанопорах
48. Гигантское и колоссальное магнитосопротивление Ферромагнитные жидкости
49. Наноструктурированные кристаллы
50. Кристаллы из металлических наночастиц
51. Упорядоченные решетки наночастиц в коллоидных суспензиях
52. Перспективы практического использования нанотехнологий.
53. Применение наноматериалов в промышленности.

## Текущий контроль

В качестве средства текущего контроля применяется устный опрос в начале и в конце занятия.

### Вопросы для проведения текущего контроля

1. Дайте определение нанотехнологии.
2. Какие объекты считаются наночастицами?
3. Дайте определение квантовой точки.
4. Дайте определение квантовой нити.

5. Дайте определение квантовой ямы.
6. Что называется кластером?
7. Охарактеризуйте понятие магических чисел.
8. Как зависит от размеров наночастиц температура плавления (например, золота)?
9. Охарактеризуйте зависимость химической активности от размеров частиц.
10. Как изменяется электронная структура вещества при уменьшении размеров частиц?
11. Что называется фуллереном? Сколько атомов может быть в молекуле фуллерена?
12. Опишите методы получения фуллеренов.
13. Чем интересны электрические свойства фуллеренов?
14. Перечислите несколько перспективных возможностей практического использования фуллеренов.
15. Охарактеризуйте строение углеродных нанотрубок.
16. Что называют хиральностью нанотрубок?
17. Опишите метод дугового синтеза углеродных нанотрубок.
18. Опишите лазерный синтез углеродных нанотрубок.
19. Чем интересны электрические свойства углеродных нанотрубок?
20. Охарактеризуйте механическую прочность углеродных нанотрубок.
21. Опишите устройство полевого транзистора на основе однослойной УНТ.
23. Перечислите методы получения наночастиц из паровой фазы.
24. Опишите метод испарения-конденсации для получения наночастиц.
25. В чем заключается метод термоллиза для получения наночастиц?
26. Какие методы используются для получения наночастиц в жидких средах?
27. В чем заключается метод ПАВ для получения наночастиц?
28. В чем заключается метод золь-гель технологий для получения наночастиц?
29. Опишите явление самосборки наночастиц в монослой.
30. Дайте определение самоорганизации наноструктур.

#### **Критерии оценивания устного ответа.**

Ответ засчитывается, если он дан по существу вопроса и в основном содержит необходимую информацию. Допускаются небольшие ошибки или незнание некоторых деталей.

Если ответ не засчитывается, студент должен представить на следующем занятии подробный письменный ответ на заданный вопрос.

#### **Рубежный контроль.**

##### **Критерии оценивания контрольной работы.**

- Оценка «зачтено» ставится, если студент выполнил 50 % заданий и более.
- Оценка «не зачтено» ставится, если студент выполнил менее 50 % заданий.

##### **Описание контрольной работы.**

Контрольная работа состоит из пяти заданий. Время выполнения – 45 минут.

##### **Варианты контрольной работы**

###### **Вариант 1.**

1. Охарактеризуйте электронную структуру углеродных нанотрубок.
2. Дайте определение самоорганизации наноструктур.
3. Опишите явление суперпарамагнетизма наночастиц
4. Как зависит от размеров наночастиц намагниченность насыщения?

5. В чем причина зависимости ширины запрещенной зоны от размеров наночастиц?

*Вариант 2.*

1. Чем интересны электрические свойства углеродных нанотрубок?
2. Приведите примеры размерных электрических эффектов в наноматериалах.
3. Опишите метод контроля элементного состава наночастиц
4. Опишите устройство полевого транзистора на основе однослойной УНТ.
5. Как зависит от размеров наночастиц температура Кюри ферромагнетика?

**Примерные темы рефератов и докладов:**

1. Гигантское магнитосопротивление
2. Ферромагнитные жидкости.
3. Полевые транзисторы на нанотрубках
4. Формирование полупроводниковых и металлических нановолокон и спиралей.
5. Электрические свойства квантовых точек
6. Электрические свойства нанотрубок
7. Электрические свойства графена
8. Электрический датчик давления из графена
9. Суперпарамагнетизм наночастиц
10. Сверхрешетки из квантовых точек – новые возможности для приложений.
11. Природные нанокристаллы.
12. Сверхпроводимость в фуллеренах.
13. Колоссальное магнетосопротивление в наноструктурах.
14. ДНК как сдублированная нанопроволока.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

#### Основная литература:

1. Ч. Пул, Ф. Оуэнс . Нанотехнологии. — 5-е изд., испр. и доп. — М. : Техносфера, 2010 .— 336 с. (в библ. БашГУ 14 экз.)
2. [Рыжонков, Д. И.](#) Наноматериалы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури .— 5-е изд., эл. — Москва : Лаборатория знаний, 2017 .— 368 с. — (Нанотехнологии) .— Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань" .— ISBN 978-5-00101-474-4 .— <URL:<https://e.lanbook.com/book/94117>>.

#### Дополнительная литература:

3. [Старостин, Виктор Васильевич.](#) Материалы и методы нанотехнологий : учеб. пособие / В. В. Старостин ; под общ. ред. Л. Н. Патрикеева .— 2-е изд. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013 .— 431 с. : ил. — (Нанотехнологии) .— Библиогр.: с. 424-426 .— ISBN 978-5-9963-0346-5 : 253 р.( в библ. БашГУ 5 экз. )  
[Старостин, В. В.](#) Материалы и методы нанотехнологий [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Старостин .— 4-е изд.(эл.) .— СПб. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015 .— 434 с. — (Нанотехнологии) .— Доступ к тексту электронного издания возможен через Электронно-библиотечную систему издательства "Лань" .— ISBN 978-5-9963-2601-3 .— <URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?p11\\_id=63589](http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_id=63589)>.
4. Гусев, Александр Иванович. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А. И. Гусев .— Изд. 2-е, испр. — М. : Физматлит, 2009 .— 416 с. (5 экз.)

### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. — Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://elib.bashedu.ru/>

2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн. - Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. —<https://biblioclub.ru/>

3. Электронная библиотечная система издательства .Лань. — Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. — <https://e.lanbook.com/>

4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа: № 318 (физмат корпус)	Лекции и семинарские занятия	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран Программное обеспечение: 1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 104 от 17.06.2013 г. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Лицензия OLP NL Academic Edition, бессрочная. Договор № 114 от 12.11.2014 г.
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
 ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 ФИЗИКО - ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины « Электрические и магнитные свойства наноматериалов. Физика  
 твердого тела» на 2 семестр  
 (наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	58.7
лекций	26
практических/ семинарских	32
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,7
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	13.3
Учебных часов на подготовку к зачету (Контроль)	0

Форма контроля:  
 зачет 2 семестр  
 реферат 2 семестр

№ п.п.	Тема и содержание	Форма изучения материалов:				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов (СРС)	Форма текущего контроля успеваемости
		лекции, практические семинарские лабораторные самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)	занятия, занятия, работы,	занятия, работы,	самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)			
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<b>Модуль 1. Физика твердого тела</b>							
1	Введение в нанотехнологии. Атомарная структура нанообъектов. Размерные эффекты. Кристаллические решетки . Наночастицы с гранецентрированной решеткой. Тетраэдрические полупроводниковые структуры. Колебания решетки.	2	2		1	Пул (2.1) Гусев	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос КР
2	Структуры энергетических зон. Диэлектрики, полупроводники и проводники Обратное пространство и решетка Энергетические зоны и щели в полупроводниках Эффективные массы Поверхности Ферми	2	4		1	Пул ( 2.2)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям.	Устный опрос КР
3	Локализованные частицы и квазичастицы. Доноры, акцепторы и глубоколежащие уровни. Подвижность.	2	2		1	Пул (2.3)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям	Устный опрос КР
4	Методы изучения свойств наноматериалов Исследование размерных характеристик Определение элементного состава Определение фазового состава Методы изучения поверхности	2	4		1	Рыж (5.1-5.4)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.	Устный опрос ,

	<b>Модуль 2. Электрические и магнитные свойства наноматериалов</b>							
5	Свойства изолированных наночастиц металлов Электронная структура наночастиц металлов Магнитные кластеры Полупроводниковые наночастицы Влияние размеров частиц на магнитные свойства. Влияние размеров частиц на оптические свойства.	2	4		1	Пул (4.2-4.3)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям	Устный опрос
6	Углеродные нанотрубки. Индексы хиральности, угол сворачивания. Методы получения нанотрубок. Электрические свойства нанотрубок. Применение углеродных нанотрубок (Полевая эмиссия и экранирование, компьютеры, химические сенсоры, топливные элементы) Фуллерены. Сверхпроводимость в C60 Графен. Электрические свойства. Применение.	2	2		1	Пул 5.4.3. Пул 5.5. Пул 5.3.5.	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям	Устный опрос КР
7	Электрические свойства наноматериалов Изменение длины свободного пробега электронов в наноматериалах Электропроводность нанокристаллических материалов Работа выхода электрона в нанокристаллических материалах Явление сверхпроводимости в наноматериалах	4	2		1	Рьж (4.5)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме.  Выполнение домашних заданий по практическим занятиям	Устный опрос КР
8	Основы ферромагнетизма Ферромагнитные характеристики наноматериалов Вещество в однодоменном состоянии Суперпарамагнетизм наночастиц Размерная зависимость коэрцитивной силы Размерная зависимость намагниченности насыщения Размерные зависимости температуры Кюри	4	4		2	Пул (7.1) Рьж (4.6)		
9	Ферромагнетизм в наноструктурах Влияние наноструктурирования объемного материала на магнитные свойства .	2	4		2.3	Пул (7.2 - 7.7).	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение	Устный опрос



	Динамика наномагнитов Магнитные частицы в нанопорах Гигантское и колоссальное магнитосопротивление Ферромагнитные жидкости						домашних заданий по практическим занятиям	
10	Наноструктурированные кристаллы Кристаллы из металлических наночастиц Упорядоченные решетки наночастиц в коллоидных суспензиях	2	2		1	Пул (6.2.4. , 6.2.5)	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям	Устный опрос КР
11	Перспективы практического использования нанотехнологий. Применение наноматериалов в промышленности.	2	2		1	Рыж (6.1) Пул (13.1-13.3) Стар.	Домашняя проработка лекций и изучение литературы по теме. Выполнение домашних заданий по практическим занятиям	Устный опрос Реферат
	Всего часов:	26	32		13.3			
	ФКР:	0.7 часов						
	<b>ИТОГО :</b>	<b>72 часа</b>						

**Примечание 1.** Сокращение в таблице: КР – контрольная работа.

