

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**

Физика гетерогенных и гранулированных систем М2.ДВ.1

Направление подготовки: 011200.68 - Физика

Профиль подготовки: Физика атомов и молекул

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Таюрский Д.А.

**Рецензент(ы):**

Нигматуллин Р.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**

изучение современных методов исследования гетерогенных и гранулированных систем с точки зрения их приложений в нанотехнологиях и в науке о сложности

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "М2.ДВ.1 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.68 Физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе, 3 семестр.

Дисциплина входит в блок профессиональных дисциплин. Для ее успешного освоения необходимы знания курса статистической физики и квантовой механики

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

физику гетерогенных и гранулированных систем

2. должен уметь:

пользоваться современными методами теоретического описания свойств гетерогенных и гранулированных систем

3. должен владеть:

современными методами статистической физики

к применению полученных знаний для описания реальных физических систем

### **4. Структура и содержание дисциплины/ модуля**

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 3 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. Физика поверхностей жидкостей и твердых тел, поверхностные и межфазные явления гетерогенных системах. Характеристики свободной поверхности жидкостей (поверхности раздела жидкость-пар или газ): поверхностная энергия и поверхностное натяжение, методы их оценки, кривизна поверхности и капиллярные силы, адсорбционные слои и поверхностно-активные вещества, электрические и электро-химические потенциалы, электронная структура и работа выхода электронов.	3	1	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	
2.	Тема 2. Структура и свойства свободной поверхности твердых тел (поверхности раздела твердое тело ? газ или пар): поверхностная энергия и методы ее оценки, геометрическая и электронная структура, особенности электронной структуры поверхности металлов, полупроводников и диэлектриков, несовершенства и неоднородности поверхности, поверхностные группы и поверхностная подвижность, реакции на поверхности, эпитаксия, удельная поверхность и пористость, физическая и химическая адсорбция газов и паров, типы адсорбционных слоев, капиллярная конденсация, методы оценки структуры поверхности, величины удельной поверхности и пористости твердых тел. Поверхности раздела конденсированных фаз (межфазные поверхности).	3	2-4	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	
3.	Тема 3. Твердотельные гетероструктуры Полупроводниковый гетеропереход. Размерное квантование и квантово-размерные структуры. Типы квантоворазмерных структур. Размерное квантование электронной подсистемы квантовых точек. Низкоразмерные магнитные системы. Особенности фундаментальных свойств магнетиков в тонкоплёночном состоянии. Спонтанная намагниченность тонких плёнок в теориях молекулярного поля и спиновых волн. Роль поверхности и размерного фактора в формировании магнитной анизотропии. Влияние толщины плёнок на структуру доменов и доменных границ.	3	5-7	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	
4.	Тема 4. Магнитные свойства многослойных плёнок. Влияние контактного обмен- ного взаимодействия на спонтанную намагниченность, динамические и гистерезисные свойства. Косвенное обменное взаимодействие в плёнках с немагнитными прослойками. Переход металл-сверхпроводник. Гетероструктуры ?нормальный металл-сверхпроводник?. Магнитоэлектрические явления в многослойных плёнках. Гигантское магнитосопротивление в магнитных сверхрешётках и сэндвичах. Баллистиче- ское магнитосопротивление. Гигантский магнитный импеданс.	3	8-9	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. Физические свойства гранулированных систем. Статистическая механика гранулированных систем, упаковка и роль трения. Движение системы гранул. Причины образования гранулированного структурного состояния. Нестабильности и формирование упорядоченных структур в вибрирующих гранулированных системах. Разделение по размерам. Самоорганизация.	3	10-11	0	0	0	
6.	Тема 6. Термодинамика гранулированных систем. Макроскопическое усреднение. Компьютерное моделирование гранулярных систем. Моделирование структур методом Монте-Карло. Моделирование потоков методами молекулярной динамики.	3	12	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	
7.	Тема 7. Гранулированные структуры магнитных частиц Свойства изолированных магнитных частиц. Состояния однодоменности и абсолютной однодоменности. Суперпарамагнетизм. Особенности гистерезисных свойств мелких частиц. Ансамбли частиц. Корреляционные эффекты. Перемагничивание цепочки сфер. Суперпарамагнетизм и гигантское магнитосопротивление в системе магнитных гранул. Гранулированные сверхпроводники. Их свойства и методы описания.	3	13	0	0	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	3		0	0	0	зачет
	Итого			0	0	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Физика поверхностей жидкостей и твердых тел, поверхностные и межфазные явления гетерогенных системах. Характеристики свободной поверхности жидкостей (поверхности раздела жидкость-пар или газ): поверхностная энергия и поверхностное натяжение, методы их оценки, кривизна поверхности и капиллярные силы, адсорбционные слои и поверхностно-активные вещества, электрические и электро-химические потенциалы, электронная структура и работа выхода электронов.**

**Тема 2. Структура и свойства свободной поверхности твердых тел (поверхности раздела твердое тело ? газ или пар): поверхностная энергия и методы ее оценки, геометрическая и электронная структура, особенности электронной структуры поверхности металлов, полупроводников и диэлектриков, несовершенства и неоднородности поверхности, поверхностные группы и поверхностная подвижность, реакции на поверхности, эпитаксия, удельная поверхность и пористость, физическая и химическая адсорбция газов и паров, типы адсорбционных слоев, капиллярная конденсация, методы оценки структуры поверхности, величины удельной поверхности и пористости твердых тел. Поверхности раздела конденсированных фаз (межфазные поверхности).**

**Тема 3. Твердотельные гетероструктуры Полупроводниковый гетеропереход. Размерное квантование и квантово-размерные структуры. Типы квантоворазмерных структур. Размерное квантование электронной подсистемы квантовых точек. Низкоразмерные магнитные системы. Особенности фундаментальных свойств магнетиков в тонкоплёночном состоянии. Спонтанная намагниченность тонких плёнок в теориях молекулярного поля и спиновых волн. Роль поверхности и размерного фактора в формировании магнитной анизотропии. Влияние толщины плёнок на структуру доменов и доменных границ.**

**Тема 4. Магнитные свойства многослойных плёнок. Влияние контактного обменного взаимодействия на спонтанную намагниченность, динамические и гистерезисные свойства. Косвенное обменное взаимодействие в плёнках с немагнитными прослойками. Переход металл-сверхпроводник. Гетероструктуры ?нормальный металл-сверхпроводник?. Магнитоэлектрические явления в многослойных плёнках. Гигантское магнитосопротивление в магнитных сверхрешётках и сэндвичах. Баллистическое магнитосопротивление. Гигантский магнитный импеданс.**

**Тема 5. Физические свойства гранулированных систем. Статистическая механика гранулированных систем, упаковка и роль трения. Движение системы гранул. Причины образования гранулированного структурного состояния. Нестабильности и формирование упорядоченных структур в вибрирующих гранулированных системах. Разделение по размерам. Самоорганизация.**

**Тема 6. Термодинамика гранулированных систем. Макроскопическое усреднение. Компьютерное моделирование гранулярных систем. Моделирование структур методом Монте-Карло. Моделирование потоков методами молекулярной динамики.**

**Тема 7. Гранулированные структуры магнитных частиц Свойства изолированных магнитных частиц. Состояния однодоменности и абсолютной однодоменности. Суперпарамагнетизм. Особенности гистерезисных свойств мелких частиц. Ансамбли частиц. Корреляционные эффекты. Перемагничивание цепочки сфер. Суперпарамагнетизм и гигантское магнитосопротивление в системе магнитных гранул. Гранулированные сверхпроводники. Их свойства и методы описания.**

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

Интернет-технологии, проектное обучение

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

**Тема 1. Физика поверхностей жидкостей и твердых тел, поверхностные и межфазные явления гетерогенных системах. Характеристики свободной поверхности жидкостей (поверхности раздела жидкость-пар или газ): поверхностная энергия и поверхностное натяжение, методы их оценки, кривизна поверхности и капиллярные силы, адсорбционные слои и поверхностно-активные вещества, электрические и электро-химические потенциалы, электронная структура и работа выхода электронов.**

**Тема 2. Структура и свойства свободной поверхности твердых тел (поверхности раздела твердое тело ? газ или пар): поверхностная энергия и методы ее оценки, геометрическая и электронная структура, особенности электронной структуры поверхности металлов, полупроводников и диэлектриков, несовершенства и неоднородности поверхности, поверхностные группы и поверхностная подвижность, реакции на поверхности, эпитаксия, удельная поверхность и пористость, физическая и химическая адсорбция газов и паров, типы адсорбционных слоев, капиллярная конденсация, методы оценки структуры поверхности, величины удельной поверхности и пористости твердых тел. Поверхности раздела конденсированных фаз (межфазные поверхности).**

**Тема 3. Твердотельные гетероструктуры Полупроводниковый гетеропереход. Размерное квантование и квантово-размерные структуры. Типы квантоворазмерных структур. Размерное квантование электронной подсистемы квантовых точек. Низкоразмерные магнитные системы. Особенности фундаментальных свойств магнетиков в тонкоплёночном состоянии. Спонтанная намагниченность тонких плёнок в теориях молекулярного поля и спиновых волн. Роль поверхности и размерного фактора в формировании магнитной анизотропии. Влияние толщины плёнок на структуру доменов и доменных границ.**

**Тема 4. Магнитные свойства многослойных плёнок. Влияние контактного обменного взаимодействия на спонтанную намагниченность, динамические и гистерезисные свойства. Косвенное обменное взаимодействие в плёнках с немагнитными прослойками. Переход металл-сверхпроводник. Гетероструктуры ?нормальный металл-сверхпроводник?. Магнитоэлектрические явления в многослойных плёнках. Гигантское магнитосопротивление в магнитных сверхрешётках и сэндвичах. Баллистическое магнитосопротивление. Гигантский магнитный импеданс.**

**Тема 5. Физические свойства гранулированных систем. Статистическая механика гранулированных систем, упаковка и роль трения. Движение системы гранул. Причины образования гранулированного структурного состояния. Нестабильности и формирование упорядоченных структур в вибрирующих гранулированных системах. Разделение по размерам. Самоорганизация.**

**Тема 6. Термодинамика гранулированных систем. Макроскопическое усреднение. Компьютерное моделирование гранулярных систем. Моделирование структур методом Монте-Карло. Моделирование потоков методами молекулярной динамики.**

**Тема 7. Гранулированные структуры магнитных частиц Свойства изолированных магнитных частиц. Состояния однодоменности и абсолютной однодоменности. Суперпарамагнетизм. Особенности гистерезисных свойств мелких частиц. Ансамбли частиц. Корреляционные эффекты. Перемагничивание цепочки сфер. Суперпарамагнетизм и гигантское магнитосопротивление в системе магнитных гранул. Гранулированные сверхпроводники. Их свойства и методы описания.**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Список вопросов

### **7.1. Основная литература:**

1. А.В. Федоров, Физика и технология гетероструктур, оптика квантовых наноструктур. Учебное пособие. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2009. 196 С.
2. А. Милнс, Д. Фойхт. Гетеропереходы и переходы металл-полупроводник. Мир. Москва. 1975.
3. М. Херман. Полупроводниковые сверхрешетки. Мир. Москва. 1989.
4. А.Я. Шик, Л.Г. Бакуева, С.Ф. Мусихин, С.А. Рыков. Физика низкоразмерных систем. Наука. СПб. 2001.
5. А.И. Гусев. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. Физматлит. Москва. 2005.
6. A. Mehta, Granular Physics, Cambridge University Press, 2007. 305 P.

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

- Chandrasekhar, V. in Superconductivity: Vol. 1: Conventional and High Temperature Superconductors (eds Bennemann, K. H. & Ketterson, J. B.) 279-313 (Springer, 2008).
2. H. Zabel, S.D. Bader, Magnetic Heterostructures: Advances And Perspectives In Spinstructures And Spintransport (Springer Tracts In Modern Physics) , Springer, 2007. 363 P.
  3. Mitra Dutta, Michael A. Stroscio, Advanced Semiconductor Heterostructures, World Scientific Publishing Company, 2003. 1171 P.

### 7.3. Интернет-ресурсы:

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

Освоение дисциплины "Физика гетерогенных и гранулированных систем" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

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

Автор(ы):

Таюрский Д.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Нигматуллин Р.Р. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.