

Рабочая программа дисциплины

1. Численные методы в физике наноструктур

2. Лекторы.

2.1. к.ф.-м.н., старший преподаватель, Поляков Олег Петрович, кафедра общей физики физического факультета МГУ, opolyakov@physics.msu.ru, 8-495-9391489.

3. Аннотация дисциплины.

Данный специальный курс представляет собой обзор процессов самоорганизации в неравновесных нелинейных системах. Изучение таких процессов строится на наиболее значимых с точки зрения физики примерах: фазовых переходах второго рода для термодинамических и магнитных систем, а также процессов установления турбулентного движения в гидродинамических системах. Также изучаются динамические, нестационарные процессы влияния внешних осциллирующих магнитных полей на намагниченность нано- и микрочастиц. Формулируются и обосновываются с физической точки зрения различные критические параметры, позволяющие описать возникновение тех или иных режимов динамики в указанных системах.

4. Цели освоения дисциплины.

Владение современными профессиональными знаниями в области физики коллективных явлений в системах, обладающих высокой чувствительностью к симметрии, а также к малым изменениям различных параметров их характеризующих. Изучение различных математических моделей коллективных явлений, позволяющих осуществить прогноз установившейся динамики явлений в указанных системах.

5. Задачи дисциплины.

Овладение профессиональными знаниями в области физики коллективных явлений в неравновесных системах различной природы. Изучение теоретических основ общих методов анализа коллективных явлений. Получение практических навыков исследования базовых систем.

6. Компетенции.

7.1. Компетенции, необходимые для освоения дисциплины.

М-ПК-1

7.2. Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины.

М-ОНК-1, М-ОНК-2, М-ИК-3, М-ПК-1, М-ПК-2, М-ПК-3, М-СПК-6, М-СПК-7, М-СПК-14

7. Требования к результатам освоения содержания дисциплины

В результате освоения дисциплины студент должен знать общие методы исследования коллективных явлений в неравновесных системах; уметь анализировать коллективные явления теоретическими методами; владеть навыками работы с базовыми методами исследования коллективных явлений; иметь опыт деятельности в нахождении и определении физических величин, определяющих установившуюся динамику неравновесных систем.

8. Содержание и структура дисциплины.

Вид работы	Семестр	Всего
	4	
Общая трудоёмкость, акад. часов	108	108
Аудиторная работа:	30	30
Лекции, акад. часов	15	15
Семинары, акад. часов	15	15
Лабораторные работы, акад. часов	-	-
Самостоятельная работа, акад. часов	78	78
Вид итогового контроля (зачёт, зачёт с оценкой, экзамен)	экзамен	экзамен

N раз- дела	Наименование раздела Разделы могут объединять несколько лекций	Трудоёмкость (академических часов) и содержание занятий Распределение общей трудоёмкости по семестрам указано в рабочих планах (приложение 7)			Форма текущего контроля	
		Аудиторная работа				Самостоятельная работа
		Лекции	Семинары	Лабораторные работы		
1	Фазовые переходы (ФП) как примеры процессов самоорганизации.	1 час. Типы ФП. Определение ФП по Эренфесту. Примеры ФП 2-го рода. Точка Кюри.	1 час. Параметр порядка η . Скачок теплоемкости при ФП 2-го рода.		5 часов. Работа с лекционным материалом: расчет параметра порядка фазовых переходов.	ДЗ, Об, Оп
		1 час. Геометрическая интерпретация потенциалов Гиббса (G) и Гельмгольца (A) для ФП 1-го и 2-го рода.	1 час. Получение $A(V)$ из $G(P)$ с помощью геометрического построения.		5 часов. Работа с лекционным материалом: получение $G(P)$ из $A(V)$ с помощью геометрического построения.	
		1 час. Термодинамический квадрат, получение с его помощью термодинамических потенциалов, а также соотношений Максвелла.	1 час Получение с помощью термодинамического квадрата выражений, связывающих макропараметры термодинамической системы и первые частные производные термодинамических потенциалов.		5 часов. Работа с лекционным материалом: получение различных термодинамических потенциалов, соотношений Максвелла для m/d систем	
2	Аналогия между жидкостями и магнетиками.	1 час. Теплоемкость магнитных систем: C_M, C_H . Изотермическая восприимчивость χ магнитных систем.	1 час. Критические показатели α, β для жидких и магнитных систем.		5 часов. Работа с лекционным материалом: определение C_M, C_H для различных модельных систем	ДЗ, Об, Оп
		1 час. Критические показатели γ, δ, ν для жидких и магнитных систем.	1 час Корреляционная функция плотности для жидкой системы.		5 часов. Работа с лекционным материалом: вычисление критических показателей.	

		<i>1 час. Парная корреляционная функция.</i>	<i>1 час. Критический показатель η. Дополнительные критические показатели Θ, Δ.</i>		<i>5 часов. Работа с лекционным материалом: расчет парной корреляционной функции.</i>	
3	Движение вязкой жидкости.	<i>1 час. Уравнение Навье-Стокса, тензор напряжений, сила действующая на единицу площади, уравнение непрерывности.</i>	<i>1 час. Движение жидкости между вращающимися цилиндрами.</i>		<i>5 часов. Работа с лекционным материалом: преобразование уравнения Навье-Стокса для различных систем координат.</i>	ДЗ, Об, Оп
		<i>1 час. Закон подобия. Число Рейнольдса.</i>	<i>1 час. Условие устойчивости для бесконечно большого и конечного чисел Рейнольдса.</i>		<i>5 часов. Работа с лекционным материалом: исследование устойчивости, получение чисел Рейнольдса.</i>	
		<i>1 час. Исследование устойчивости движения на примере развития турбулентности в потоке жидкости.</i>	<i>1 час. Влияние диссипации на устойчивость движения жидкости.</i>		<i>5 часов. Работа с лекционным материалом: анализ развития турбулентного движения.</i>	
4	Теория сильно нелинейных, открытых, диссипативных систем.	<i>1 час. Качественная теория сильно нелинейных, открытых, диссипативных систем на примере динамики математического маятника: аттрактор, репеллер.</i>	<i>1 час. Качественная теория сильно нелинейных, открытых, диссипативных систем на примере динамики математического маятника: сепаратриса.</i>		<i>5 часов. Работа с лекционным материалом: построение аттракторов для различных режимов динамики математического маятника.</i>	ДЗ, Об, Оп

		<p><i>1 час.</i> Мультипликатор, бифуркация, седловая траектория. Странный аттрактор.</p>	<p><i>1 час.</i> Размерность странного аттрактора. Ляпуновские характеристические показатели.</p>		<p><i>5 часов.</i> Работа с лекционным материалом: анализ бифуркационных диаграмм, расчет Ляпуновских характеристических показателей.</p>	
		<p><i>1 час.</i> Отображение Пуанкаре. Переход к хаосу (турбулентности) путем удвоения периода.</p>	<p><i>1 час.</i> Бифуркация удвоения периода.</p>		<p><i>5 часов.</i> Работа с лекционным материалом: анализ перехода к хаосу путем удвоения периода .</p>	

		<i>1 час. Универсальность и масштабная инвариантность сценария перехода к хаосу (турбулентности) через удвоения периода . Константа Фенгенбаума.</i>	<i>1 час. Переход к хаосу (турбулентности) через перемежаемость.</i>		<i>6 часов. Работа с лекционным материалом: расчет константы Фенгенбаума, анализ перехода к хаосу через перемежаемость.</i>	
5	Нелинейная динамика вектора намагниченности микро и нано-частиц..	<i>1 час. Особенности динамики вектора намагниченности.</i>	<i>1 час. Хаотическая динамика вектора намагниченности в средах с одноосной анизотропией</i>		<i>6 часов. Работа с лекционным материалом: анализ особенностей хаотической динамики вектора намагниченности в средах с одноосной анизотропией.</i>	ДЗ, Об, Оп
		<i>1 час. Особенности динамики двух взаимодействующих магнитных диполей.</i>	<i>1 час. Нелинейная динамика системы двух взаимодействующих магнитных диполей во внешнем переменном магнитном поле</i>		<i>6 часов. Работа с лекционным материалом: анализ нелинейной динамики системы двух взаимодействующих магнитных диполей во внешнем переменном магнитном поле.</i>	

Предусмотрены следующие формы текущего контроля успеваемости:

- Домашнее задание (ДЗ),
- Обсуждение (Об),
- Опрос (Оп).

9. Место дисциплины в структуре ООП ВПО

1. Обязательная дисциплина.
2. Вариативная часть, профессиональный блок.
3. Дисциплина является теоретическим базисом к овладению современными методами численного расчета физических свойств наноструктур. Дисциплина дополняет дисциплины из ООП, посвященные квантовой физике, физике конденсированного состояния, физике магнитных явлений.
 - 3.1. Дисциплины и практики, которые должны быть освоены для начала освоения данной дисциплины:
 - дисциплины "Математический анализ", "Линейная алгебра", "Дифференциальные уравнения", "Интегральные уравнения и вариационное исчисление" из блока Б-ОН базовой части ООП ВПО,
 - дисциплины "Введение в квантовую физику", "Методы математической физики", "Квантовая теория" из блока Б-ПРОФ базовой части ООП ВПО.
 - 3.2. Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:

Научно-исследовательская работа из блока "Научно-исследовательская работа" и выпускная квалификационная работа по направлению "Физика" из блока "Итоговая государственная аттестация".

10. Образовательные технологии

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы и дающие наиболее эффективные результаты освоения дисциплины:

- дискуссии,
- консультации
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ,

11. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Текущая аттестация проводится еженедельно. Критерии формирования оценки – посещаемость занятий, активность студентов на лекциях и семинарах, восприятие излагаемого материала, выполнение домашних заданий.

Полный перечень вопросов к зачету:

1. Фазовые переходы (ФП) как примеры процессов самоорганизации. Типы ФП. Определение ФП по Эренфесту.
2. Примеры ФП 2-го рода. Точка Кюри. Параметр порядка η . Скачок теплоемкости при ФП 2-го рода.
3. Геометрическая интерпретация потенциалов Гиббса (G) и Гельмгольца (A) для ФП 1-го и 2-го рода.
4. Получение $A(V)$ из $G(P)$ с помощью геометрического построения.
5. Аналогия между жидкостями и магнетиками.
6. Термодинамический квадрат, получение из него т/д потенциалов, соотношений Максвелла, а также выражений, связывающих макропараметры т/д системы и первые частные производные т/д потенциалов.
7. Теплоемкость магнитной системы CM , CH , изотермическая восприимчивость χ .

8. Критические показатели α , β , γ , δ , ν для жидких и магнитных систем.
9. Корреляционная функция плотности для жидкой системы. Парная корреляционная функция.
10. Критический показатель η . Дополнительные критические показатели $\Theta\Delta$.
11. Неравенства связывающие критические показатели: неравенство Рашбрука, неравенство Куперсмита, неравенство Гриффитса.
12. Движение вязкой жидкости: уравнение Навье-Стокса, тензор напряжений, сила действующая на единицу площади, уравнение непрерывности. Движение жидкости между вращающимися цилиндрами.
13. Закон подобия. Число Рейнольдса. Условие устойчивости для бесконечно большого и конечного чисел Рейнольдса. Влияние диссипации на устойчивость движения жидкости.
14. Качественная теория сильно нелинейных, открытых, диссипативных систем на примере динамики математического маятника (аттрактор, репеллер, сепаратриса и т.д.).
15. Исследование устойчивости движения на примере развития турбулентности в потоке жидкости. Мультипликатор, бифуркация, седловая траектория, странный аттрактор.
16. Размерность странного аттрактора. Ляпуновские характеристические показатели. Отображение Пуанкаре.
17. Переход к хаосу (турбулентности) путем удвоения периода. Отображение Пуанкаре. Бифуркация удвоения периода.
18. Универсальность и масштабная инвариантность сценария перехода к хаосу (турбулентности) через удвоения периода (константа Фенгенбаума).
19. Переход к хаосу (турбулентности) через перемежаемость.
20. Особенности хаотической динамики вектора намагниченности в средах с од-ноосной анизотропией
21. Нелинейная динамика системы двух взаимодействующих магнитных диполей во внешнем переменном магнитном поле

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Курс теоретической физики. Т.1-3,5,8-10. физматлит. 2001-2005 г.
2. Г.Стенли «Фазовые переходы и критические явления» Пер. С.В. Вонсовского. М.:Мир. 1973. (Stanley H.E. Introduction to phase transitions, and critical phenomena 1971)

Дополнительная литература

1. Квасников И.А. Теория равновесных систем (том 1). Термодинамика

2. Берже П., Помо И., Видаль К. «Порядок в хаосе. О детерминистском подходе к турбулентности» (1991)
3. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах. М.: Мир, 1991. 240 с.
4. Филиппов Б.Н., Танкеев А.П. Динамические эффекты в ферромагнетиках с доменной структурой. М.Наука. 1987. 217 с.

Периодическая литература

1. O.P. Polyakov, D.V. Vagin. Control of chaotic and deterministic magnetization dynamics regimes by means of sample shape varying. *Journal of Applied Physics*. 2009. V. 105. № 3. pp. 033914.
2. O.P. Polyakov, D.V. Vagin. Effect of sample shape on nonlinear magnetization dynamics under an external magnetic field. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 2008. V. 320. № 24. pp. 3394-3399.
3. F.V. Lisovski and O.P. Polyakov. Fractal structure of the phase equilibrium curve of a system of two oscillating magnetic moments. *JETP Letters*, 1998, V.68, Issue 8, pp.679-684.
4. O.P. Polyakov The new type of nonequilibrium phase transition in differing nature systems with low-coupled magnetic moments. / *Kinetic and thermodynamics for chemistry and biochemistry*. Vol. 2. Ed. by Eli M. Pearce. Nova Science Publisher. New York. 2009. pp. 45-50.

13. Материально-техническое обеспечение

В соответствии с требованиями п.5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки «Физика».

Лекции по дисциплине проводятся в аудитории им. А.Н. Матвеева (комн. 4-30) физического факультета. Лекционная аудитория обеспечена проекционным оборудованием и компьютером.