

Краткая неофициальная версия программы учебной дисциплины

Название дисциплины	Физика частично упорядоченных сред
Автор(ы) программы	д.ф.-м.н. Долганов Павел Владимирович
Курс	4 курс
Модули	1 и 2
Объём курса	2 часа лекций и 1 час семинаров в неделю
Элементы контроля	Контроль работы на занятиях, домашнее задание, устный экзамен

1. Аннотация курса

В курсе лекций изучаются конденсированные среды, занимающие по своему упорядочению промежуточное положение между обычными кристаллами и изотропными жидкостями. Примерами таких частично упорядоченных сред являются жидкие кристаллы, пластические кристаллы, полимеры, коллоиды. Излагаются микроскопические и феноменологические подходы к рассмотрению различных явлений в данной области физики. Описываются экспериментальные методы исследования частично упорядоченных сред, а также существующие в настоящее время и потенциально возможные практические приложения.

2. Программа курса

1. Классификация частично упорядоченных конденсированных сред. Ключевые свойства структур, особенности межчастичных взаимодействий в конденсированных средах.
2. Параметр порядка, способы измерения степени ориентационного упорядочения в органических средах.
3. Фазовые переходы в частично упорядоченных конденсированных средах. Переходы с изменением структуры в частично упорядоченных средах. Связь симметрии с возможными типами переходов. Пространство параметра порядка. Спонтанное нарушение симметрии. Голдстоуновские моды в различных системах.
4. Фазовые переходы II рода. Различные подходы к описанию фазовых переходов. Теория Ландау – Гинзбурга – де Жена.
5. Фазовые переходы I рода в частично упорядоченных средах. «Слабые» фазовые переходы I рода. Метастабильные состояния. Трикритическая точка. Переходы во внешнем поле. Образование зародышей. Критический радиус.
6. Молекулярно-статистические теории упорядочения. Переход нематик – изотропная жидкость. Теория Онсагера. Теория самосогласованного поля Майера – Заупе.
7. Модель Изинга. Структуры, образованные в результате конкурирующих взаимодействий, фрустрации.

8. Хиральность. Особенности структуры и упорядочения, связанные с нарушением зеркальной симметрии.
9. Полимеры. Фрактальная размерность полимеров. Биополимеры. Амфифильные молекулы. Мицеллы, лиотропные жидкие кристаллы.
10. Поведение жидкокристаллических термотропных и полимерных структур во внешнем поле. Эффект Фредерикса. Электрооптика частично упорядоченных сред. Жидкокристаллический дисплей. Раскрутка спиральных органических структур внешним полем.
11. Поведение жидкокристаллических термотропных и полимерных структур во внешнем поле. Эффект Фредерикса. Электрооптика частично упорядоченных сред. Жидкокристаллический дисплей. Раскрутка спиральных органических структур внешним полем.
12. Дефекты с нарушением трансляционного или ориентационного упорядочения в конденсированных средах. Топологические характеристики дефектов. Точечные топологические дефекты. Топологический заряд. Взаимодействие топологических дефектов.
13. Линейные дефекты. Дисклинации. Доменные стенки. Дислокации в частично упорядоченных средах. Структуры с ориентационно упорядоченными связями. Переходы Костерлица-Таулесса, дислокационное плавление.
14. Влияние поверхности на структуру и фазовые переходы. Системы ограниченной геометрии. Поверхностное и объёмное плавление, поверхностная и объёмная кристаллизация. Послойные переходы утоньшения. Стабильность тонких пленок.
15. Фотонные кристаллы. Примеры фотонных кристаллов, фотонные кристаллы в живой природе. Взаимодействие света с пространственно модулированной структурой. Дисперсия фотонов. Запрещенные фотонные зоны.
16. Взаимодействие и самоорганизация частиц в частично упорядоченной среде. Топологические диполи и квадруполь. Образование упорядоченных структур из частиц.

3. Элементы контроля и правила оценивания

Элементы контроля

Контроль работы на занятиях в формате решения задач и оцениваемой активности на семинаре.

Домашнее задание, 12-14 задач по пройденному материалу

Устный экзамен в формате ответа по билетам

Оценка за курс складывается из трех элементов:

1. Работа на семинарах (20%)
2. Выполнение домашнего задания (30%)
3. Устный экзамен (50%)

Устный экзамен является блокирующим элементом (неудовлетворительная оценка за экзамен означает неудовлетворительную оценку за курс в целом).

Сдача домашнего задания предполагается на 12 неделе. При сдаче задания после этого срока оценка за данный элемент снижается.

4. Примеры заданий элементов контроля

Пример задачи для решения на семинаре

Найти поляризационное отношение люминесценции красителя, растворенного в одноосном нематике, для компонент, поляризованных параллельно и перпендикулярно директору. Параметр ориентационного упорядочения дипольного момента в поглощении и люминесценции равен ориентационному параметру порядка нематика S . Рассмотреть случай поляризации возбуждающего излучения параллельно директору.

Пример задачи из домашнего задания

Неполярный смектический С жидкий кристалл помещён в магнитное поле H , параллельное плоскости слоёв. Внутрислоевые ориентационные упругие константы смектика K_S и K_B , диамагнитная анизотропия χ_a . Найти структуру доменной стенки в поле. Что изменится, если упругие константы K_S и K_B будут равны друг другу?

Пример экзаменационного билета

1. Влияние поверхности на структуру и фазовые переходы. Поверхностное плавление, поверхностная кристаллизация.
2. Холестерический жидкий кристалл во внешнем поле. Раскрутка спирали в поле.

5. Рекомендованная литература и ссылки по теме

5.1. Основной список

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. Т.5, ч.1. Теоретическая физика. Наука, 1995 – 606 с.
2. Д. В. Сивухин, Оптика, М.: Физматлит, 2005. – 792 с.
3. П.-Ж. де Жен, Физика жидких кристаллов, пер. с англ. М.: Мир, 1977. – 400 с.

5.2. Дополнительный список

1. М. Клеман, О. Д. Лаврентович. Основы физики частично упорядоченных сред, пер. с англ., М.: Физматлит, 2007. – 680 с.
2. Л.М. Блинов. Жидкие кристаллы. Структура и свойства. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 480 с.
3. В.Ф. Шабанов, С.Я. Ветров, А.В. Шабанов, Оптика реальных фотонных кристаллов. Жидкокристаллические дефекты, неоднородности. – Новосибирск: Издательство СО РАН, 2005. – 209 с.

4. Н. В. Карлов, Н. А. Кириченко, Колебания, волны, структуры. М.: Физматлит, 2001. – 496 с.
5. А.Ю. Гросберг, А.Р. Хохлов, Физика в мире полимеров. М.: Наука, 1989. – 208 с.