

**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  $\chi_a$ . 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.