

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"**

Кафедра физики фазовых переходов

Авторы-составители: **Макаров Дмитрий Владимирович**

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ
Код УМК 94075

Утверждено
Протокол №11
от «07» июня 2021 г.

Пермь, 2021

1. Наименование дисциплины

Физика жидких кристаллов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика
направленность Программа широкого профиля

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Физика жидких кристаллов** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

ОПК.6 Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

Индикаторы

ОПК.6.7 Применяет на практике опыт разработки алгоритмов и компьютерных программ в сфере своей профессиональной деятельности

ПК.1 Способен планировать и проводить теоретические (аналитические и имитационные) исследования и (или) научные эксперименты в избранной предметной области

Индикаторы

ПК.1.2 Осуществляет построение математических моделей для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях

4. Объем и содержание дисциплины

Направления подготовки	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	4
Объем дисциплины (ак.час.)	144
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	56
Проведение лекционных занятий	42
Проведение практических занятий, семинаров	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	88
Формы текущего контроля	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (3)
Формы промежуточной аттестации	Экзамен (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Физика жидких кристаллов

Общие сведения о жидких кристаллах

Классификация жидких кристаллов. Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы. Нематики, холестерики, смектики - их структура, свойства, характер упорядочения.

Континуальная теория Озеена - Франка

Свободная энергия ориентационных деформаций. Упругие модули. Типы деформаций. Условия равновесия деформированного состояния жидкого кристалла.

Молекулярный диамагнетизм. Восприимчивость. Магнитная длина когерентности. Переход Фредерикса. Переходы Фредерикса в нематиках и холестериках в условиях слабого поверхностного сцепления.

Флуктуации директора в нематическом жидком кристалле. Корреляция компонент директора в нематическом жидком кристалле. Корреляционная длина флуктуаций.

Переход холестерик - нематик в магнитном поле.

Теория Ландау - де Жена

Скалярные и тензорные параметры порядка. Теория Ландау - де Жена фазового перехода нематический жидкий кристалл - изотропная жидкость. Причины одноосности нематической фазы. Анализ термодинамического потенциала.

Теория среднего поля Майера - Заупе

Гамильтониан Майера - Заупе. Приближение среднего поля. Свободная энергия. Уравнения самосогласования. Ориентационное упорядочение нематического жидкого кристалла и фазовый переход в изотропную жидкость в модели Майера - Заупе.

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Ландау, Л.Д. Курс теоретической физики. Статистическая физика : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 616 с. — ISBN 978-5-9221-0054-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/619858>
2. Симоненко, Г. В. Компьютерное моделирование характеристик быстродействующих классических модуляторов на основе жидких кристаллов / Г. В. Симоненко. — Саратов : Издательство Саратовского университета, 2018. — 135 с. — ISBN 978-5-292-04513-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <https://www.iprbookshop.ru/83562>
3. Захлевных А. Н. Физика фазовых переходов в жидких кристаллах:учебно-методическое пособие/А. Н. Захлевных.-Пермь,2007, ISBN 5-7944-0891-X.-127.-Библиогр.: с. 121-126
4. Блинов Л. М. Жидкие кристаллы:структура и свойства/Л. М. Блинов.-Москва:URSS,2013, ISBN 978-5-397-03468-5.-480.-Библиогр. в конце гл.

Дополнительная:

1. Галяметдинов, Ю. Г. Металлсодержащие жидкие кристаллы : монография / Ю. Г. Галяметдинов, А. А. Князев, Н. М. Селиванова. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2018. — 268 с. — ISBN 978-5-7882-2412-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <https://www.iprbookshop.ru/94994>
2. Чандрасекар С. Жидкие кристаллы/С. Чандрасекар ; пер. с англ. Л. Г. Шалтыко ; под ред. А. А. Веденова, И. Г. Чистякова.-Москва:Мир,1980.-344.-Библиогр. в конце глав
3. Клеман М.,Лаврентович О. Д. Основы физики частично упорядоченных сред: жидкие кристаллы, коллоиды, фрактальные структуры, полимеры и биологические объекты/М. Клеман, О. Д. Лаврентович ; ред.: С. А. Пикин, В. Е. Дмитриенко ; пер. с англ. Е. Б. Логинова [и др.].-Москва:Физматлит,2007, ISBN 978-5-9221-0699-3.-680.-Библиогр. в подстроч. примеч.
4. Де Жен П. Физика жидких кристаллов/П. де Жен ; ред. А. С. Сонин ; пер. А. А. Веденов.- Москва:Мир,1977.-400.-Библиогр. в конце глав
5. Ландау Л. Д.Теоретическая физика.учебное пособие для студентов физических специальностей университетов Т. 7.Теория упругости/Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; ред. Л. П. Питаевский.-5-е изд., стер.-Москва:ФИЗМАТЛИТ,2003, ISBN 5-9221-0122-6.-264
6. Дмитриев, А. В. Основы статистической физики материалов : учебник / А. В. Дмитриев. — Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. — 672 с. — ISBN 5-211-04830-X. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13062>

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

<https://2012books.lardbucket.org/books/introduction-to-chemistry-general-organic-and-biological/s11-solids-liquids-and-gases.html> This is “Solids, Liquids, and Gases”, chapter 8 from the book Introduction to Chemistry: General, Organic, and Biological

<https://www.ilcsoc.org/> ILCS The International Liquid Crystal Society

<https://polit.ru/article/2010/12/10/bobrovsky/> Публичные лекции Полит.ру. Алексей Бобровский. Жидкие кристаллы и ЖК-полимеры

https://tvkultura.ru/video/show/brand_id/20898/episode_id/156422/video_id/156422/viewtype Academia. Алексей Бобровский. "Необыкновенные превращения ЖК-полимеров"

https://www.youtube.com/watch?v=Idvp8Pwe9_g Научные истории. Выпуск 3. Жидкие кристаллы и ЖК-полимеры

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Физика жидких кристаллов** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы;
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (student.psu.ru).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для лекционных и практических занятий требуется аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется аудитория, оснащенная компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», с обеспеченным доступом в электронную информационно-образовательную среду университета. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Физика жидких кристаллов**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.6

Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ОПК.6.7 Применяет на практике опыт разработки алгоритмов и компьютерных программ в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>Уметь: визуализировать решения, описывающие ориентационную структуру жидких кристаллов. Владеть: навыками численного расчёта полей директора и параметров порядка жидких кристаллов.</p>	<p align="center">Неудовлетворител Не умеет визуализировать решения, описывающие ориентационную структуру жидких кристаллов. Не владеет навыками численного расчёта полей директора и параметров порядка жидких кристаллов.</p> <p align="center">Удовлетворительн Демонстрирует частично сформированное умение визуализировать решения, описывающие ориентационную структуру жидких кристаллов. Демонстрирует частично сформированное владение навыками численного расчёта полей директора и параметров порядка жидких кристаллов.</p> <p align="center">Хорошо Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение визуализировать решения, описывающие ориентационную структуру жидких кристаллов. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение навыками численного расчёта полей директора и параметров порядка жидких кристаллов.</p> <p align="center">Отлично Умеет визуализировать решения, описывающие ориентационную структуру жидких кристаллов. Владеет навыками численного расчёта полей директора и параметров порядка жидких кристаллов.</p>

ПК.1

Способен планировать и проводить теоретические (аналитические и имитационные) исследования и (или) научные эксперименты в избранной предметной области

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p>ПК.1.2 Осуществляет построение математических моделей для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях</p>	<p>Знать: классификацию жидких кристаллов, феноменологические и микроскопические теории жидкокристаллического состояния вещества. Уметь: использовать феноменологические и микроскопические теории для описания структуры и физических свойств жидкокристаллических веществ. Владеть: методами описания ориентационной упорядоченности.</p>	<p>Неудовлетворител Не знает классификацию жидких кристаллов, феноменологические и микроскопические теории жидкокристаллического состояния вещества. Не умеет использовать феноменологические и микроскопические теории для описания структуры и физических свойств жидкокристаллических веществ. Не владеет методами описания ориентационной упорядоченности.</p> <p>Удовлетворительн Демонстрирует частично сформированные знание феноменологических и микроскопических теорий жидкокристаллического состояния вещества. Демонстрирует частично сформированное умение использовать феноменологические и микроскопические теории для описания структуры и физических свойств жидкокристаллических веществ. Демонстрирует частично сформированное владение методами описания ориентационной упорядоченности.</p> <p>Хорошо Знает классификацию жидких кристаллов. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы знание феноменологических и микроскопических теорий жидкокристаллического состояния вещества. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы умение использовать феноменологические и микроскопические теории для описания структуры и физических свойств жидкокристаллических веществ. Демонстрирует сформированное, но содержащее отдельные пробелы владение методами описания ориентационной упорядоченности.</p> <p>Отлично</p>

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		<p style="text-align: center;">Отлично</p> <p>Знает классификацию жидких кристаллов, феноменологические и микроскопические теории жидкокристаллического состояния вещества.</p> <p>Умеет использовать феноменологические и микроскопические теории для описания структуры и физических свойств жидкокристаллических веществ.</p> <p>Владеет методами описания ориентационной упорядоченности.</p>

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Экзамен

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 48 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 48 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
Входной контроль	Общие сведения о жидких кристаллах Входное тестирование	Основы теоретической механики, молекулярной физики, электродинамики. Основные сведения из векторного и тензорного анализа.
ПК.1.2 Осуществляет построение математических моделей для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях	Континуальная теория Озеена - Франка Письменное контрольное мероприятие	Классификация жидких кристаллов. Потенциал Озеена - Франка. Упругие модули. Типы деформаций. Условия равновесия. Магнитная длина когерентности. Переход Фредерикса. Переход холестерик-нематик
ОПК.6.7 Применяет на практике опыт разработки алгоритмов и компьютерных программ в сфере своей профессиональной деятельности	Континуальная теория Озеена - Франка Письменное контрольное мероприятие	Классификация жидких кристаллов. Потенциал Озеена - Франка. Упругие модули. Типы деформаций. Условия равновесия. Магнитная длина когерентности. Переход Фредерикса. Переход холестерик-нематик.
ПК.1.2 Осуществляет построение математических моделей для описания и исследования процессов и явлений в соответствующих научных областях	Теория среднего поля Майера - Заупе Итоговое контрольное мероприятие	Микроскопический и макроскопический тензоры ориентации, параметр порядка, основы теории Ландау-де Жена, основы теории Майера-Заупе

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.6.7 Применяет на практике опыт разработки алгоритмов и компьютерных программ в сфере своей профессиональной деятельности	Теория среднего поля Майера - Заупе Письменное контрольное мероприятие	Классификация жидких кристаллов, микроскопический и макроскопический тензоры ориентации, параметр порядка, основы теории Ландау- де Жена, основы теории Майера Заупе.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Общие сведения о жидких кристаллах

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **.5 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания входного контроля оценивается по следующей схеме: верный ответ - 1 балл; неверный ответ - 0 баллов. Всего 6 заданий.	6

Континуальная теория Озеена - Франка

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **13.3**

Показатели оценивания	Баллы
Расчетное задание 1: верное решение задания - 3 балла; в решении есть незначительные ошибки - 2 балла; частичное решение задания - 1 балл; неверное решение задания - 0 баллов.	3
Расчетное задание 2: верное решение задания - 3 балла; в решении есть незначительные ошибки - 2 балла; частичное решение задания - 1 балл; неверное решение задания - 0 баллов.	3
Расчетное задание 3: верное решение задания - 3 балла; в решении есть незначительные ошибки - 2 балла; частичное решение задания - 1 балл; неверное решение задания - 0 баллов.	3
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Континуальная теория Озеена - Франка

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания контрольной работы оценивается по следующей схеме: верный ответ - 1 балл; неверный ответ - 0 баллов. Всего 12 заданий.	12
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (20%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Теория среднего поля Майера - Заупе

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **20**

Проходной балл: **10**

Показатели оценивания	Баллы
Расчетное задание 1: верное решение задания - 3 балла; в решении есть незначительные ошибки - 2 балла; частичное решение задания - 1 балл; неверное решение задания - 0 баллов.	3
Расчетное задание 2: верное решение задания - 3 балла; в решении есть незначительные ошибки - 2 балла; частичное решение задания - 1 балл; неверное решение задания - 0 баллов.	3
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (20%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

Теория среднего поля Майера - Заупе

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания контрольной работы оценивается по следующей схеме: верный ответ - 1 балл; неверный ответ - 0 баллов. Всего 12 заданий.	12
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0