



Основная профессиональная образовательная программа

03.03.02 Физика

Фундаментальная и прикладная физика

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОП

Л.И. Минеев

(подпись)

28 августа 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Физика жидких кристаллов

Уровень высшего образования: бакалавриат

Квалификация выпускника: бакалавр

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль)
образовательной программы: Фундаментальная и прикладная физика



1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) «Физика жидких кристаллов» являются последовательное изложение феноменологической теории, методов, с помощью которых эта теория работает, и применение ее к объяснению интересных и практически важных эффектов в жидких кристаллах. Кроме того, рассматривается структура и статистическая симметрия жидких кристаллов, основы микроскопической теории мезофаз, выработка умения использовать полученные знания для определения типов мезофаз, исследования структуры и свойств жидкокристаллических объектов.

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина входит в вариативную часть базового цикла (Б1.В.14) обязательных дисциплин. Предлагаемая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО 3++ 03.03.02 Физика. Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: «Молекулярная физика», «Электричество и магнетизм», «Физика атома и атомного ядра», «Физическая кристаллография», «Дифракционный анализ».

Для освоения данной дисциплины студент должен:

Знать: основы курсов общей физики, строение твердых и жидких тел, основы общей химии (строение атома, типы химических связей)

Уметь: пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, законами и принципами физики.

Иметь: практический опыт/ Иметь навыки использования математического аппарата физики (вычисление производных и интегралов, решения обыкновенных линейных и дифференциальных уравнений, операции с векторами и матрицами), навыками работы с физическими приборами.

Материал курса может служить ориентиром при изучении ряда специальных дисциплин, таких как физика реального кристалла, физические свойства кристаллов, физическое материаловедение

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

3.1. Компетенции, формированию которых способствует дисциплина (согласно матрице соответствия компетенций и составляющих ОП)

При освоении дисциплины формируются следующие компетенции в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению подготовки:

в) профессиональные (ПК):

- **ПК-5** Способен выявлять актуальные научные проблемы поискового теоретического и экспериментального характера в своей области специализации и решать их под руководством специалистов более высокой квалификации
- **ПК-6** Способен проводить теоретические и экспериментальные исследования, инновационные и опытно-конструкторские разработки в области фундаментальной и прикладной физики в составе исследовательских коллективов
- **ПК-7** Способен разрабатывать методики проведения испытаний, проводить обработку и анализ результатов экспериментов и публично представлять результаты научных исследований в доступной и современной форме

3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать принятые классификации ЖК, феноменологические и микроскопические теории ЖК состояния, физические свойства мезоморфных веществ, методы их исследования и возможные области применения жидких кристаллов. **Иметь** представление об особенностях



жидкокристаллического состояния у различных веществ, методы экспериментальных исследований структуры и свойств жидких кристаллов; (ПК-1)

уметь понимать, излагать и критически анализировать базовую физическую информацию (ПК-5,6,7);

пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, классификацией ЖК для описания типа мезофазы, ее структуры и физических свойств жидкокристаллических веществ ПК-5,6,7);

прогнозировать на основе имеющихся теоретических знаний появление типа мезофазы и наличие определенных физических свойств; (ПК-5,6,7)

использовать полученные теоретические знания для изучения структуры и свойств жидкокристаллических веществ. (ПК-5,6,7)

Иметь практический опыт/Иметь навыки: методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации, поляризационно-микроскопическими и дифракционными методами исследования структуры ЖК объектов, методиками изучения физических свойств ЖК (ПК-5,6,7)

4. Объем и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 академических часов)..

4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотношенное с видами и трудоемкостью занятий лекционно-семинарского типа

Объем иной контактной работы и самостоятельной работы обучающегося по дисциплине указан в учебном плане образовательной программы.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды занятий, их объем (в ак. часах, по очной/заочной форме обучения)		Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам): (зачет, экзамен, курсовая работа, курсовой проект)
			Занятия лекционного типа	Лабораторные занятия	
1	Введение. Жидкокристаллическое состояние вещества. Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы (ЖК). Классификация термотропных жидких кристаллов. Их идентификация. Особенности молекулярной структуры ЖК. Точечная и статистическая симметрия жидких кристаллов.. Межмолекулярные силы.	5,	4	4 (лабораторное занятие)	Отчеты по лабораторным работам
2	Феноменологические теории жидких кристаллов	5	6		



	(теория роев и теория континуума). Теория упругости Статистическая теории упорядочения в нематиках: приближение Онсагера, теория самосогласованного поля Майера-Заупе. Применение теории Майера-Заупе для описания холестерических и смектических ЖК.				
3	Дефекты в ЖК: классификация: точечные, дисклинации, стенки, конфокальные домены. Особенности дефектов в различных типах ЖК.	5	4	4 (лабораторное занятие)	
4	Ориентационные эффекты в ЖК: влияние опорных поверхностей. Твист-структура. Влияние магнитного и электрического полей. Переход Фредерикса.	5	4	4 (лабораторное занятие)	
5	Диэлектрические свойства жидких кристаллов.	5	2	4 (лабораторное занятие)	
6	Неустойчивости в электрических полях	5	2	4 (лабораторная работа)	
7	Оптические и электрооптические свойства ЖК.	5	2	4 (лабораторное занятие)	
8	Фазовые переходы в ЖК	5	2	4 (лабораторное занятие)	
9	Методы исследования физических свойств и структуры жидких кристаллов	5	2	4 (лабораторное занятие)	Доклады по типам жидкокристаллических структур и применению жидких кристаллов
10	Лиотропные и дискотические ЖК: классификация, структура	5	4		
11	Жидкокристаллические полимеры	5	2		
12	Применение жидких кристаллов	5	2		
	Контроль	5			Зачет
36			32		

4.2. Развернутое описание содержания дисциплины по разделам (темам)

Разделы курса

1. Введение. Жидкокристаллическое состояние вещества. Структура и классификация жидких кристаллов.



2. Феноменологические теории жидких кристаллов. Теория упругости. Микроскопическая теория Майера-Заупе.

3. Дефекты в жидких кристаллах.
4. Ориентационные эффекты в ЖК:
5. Диэлектрические свойства
6. Неустойчивости в электрических полях.
7. Оптические и электрооптические свойства ЖК.
8. Фазовые переходы
9. Лиотропные ЖК. Дискотические ЖК
10. Жидкокристаллические полимеры.
11. Физические методы исследования ЖК
12. Применение жидких кристаллов.

Краткое содержание разделов

1. Введение. Жидкокристаллическое состояние вещества. Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы (ЖК). Классификация термотропных жидких кристаллов. Их идентификация. Особенности молекулярной структуры ЖК. Точечная симметрия жидких кристаллов. Статистическая симметрия. Межмолекулярные силы.
2. Феноменологические теории жидких кристаллов (теория роев и теория континуума). Теория упругости. Тензорный параметр порядка. Основные уравнения гидродинамики ЖК. Статистическая теория упорядочения в нематиках: приближение Онсагера, теория самосогласованного поля Майера-Заупе. Применение теории Майера-Заупе для описания холестерических и смектических ЖК.
3. Дефекты в ЖК: классификация: точечные, дисклинации, стенки, конфокальные домены. Особенности дефектов в различных типах ЖК.
4. Ориентационные эффекты в ЖК: влияние опорных поверхностей. Твист-структура. Влияние магнитного и электрического полей. Тензорное описание магнитных и электрических свойств. Переход Фредерикса, стационарный случай, динамика эффекта Фредерикса. Влияние течения.
5. Диэлектрические свойства: Диэлектрическая проницаемость и электропроводность. Флексозлектрический эффект. Сегнетоэлектричество.
6. Неустойчивости в электрических полях. Домены Капустина-Вильямса, шевронная структура в нематиках. Критическое поле и его зависимость от частоты. Неустойчивости в холестериках и смектиках.
7. Оптические и электрооптические свойства ЖК. Ориентационные электрооптические эффекты: S-эффект, В-эффект, Т-эффект, обратный Т-эффект. Электрогидродинамическая неустойчивость в нематических ЖК, Динамическое рассеяние света (ДРС). Особенности электрооптических эффектов в холестерических и смектических ЖК, эффект ДРС с памятью.
8. Фазовые переходы: фазовый переход нематик – изотропная жидкость, смектик А – нематик.
9. Методы исследования жидких кристаллов.
10. Лиотропные ЖК: классификация, структура. Дискотические жидкие кристаллы
11. Жидкокристаллические полимеры: строение, особенности, связанные с наличием основной цепи макромолекулы, свойства.
12. Основные области применения жидких кристаллов.

5. Образовательные технологии

Основные технологии: модульного обучения, проблемного обучения, технология выбора, информационно-коммуникационные.



Все содержание состоит из двенадцати модулей, каждый из которых включает в себя лекции и практические занятия, задания для самостоятельной работы, задание по подготовке доклада.

Основой самостоятельной деятельности является прежде всего домашняя подготовка к практическим занятиям и обработка результатов лабораторного эксперимента, а также подготовка доклада по одной из выбранных тем. Студентам предоставляется выбор тематики и характера выполнения проекта.

Изучение курса строится по следующей стратегии: студенты посещают все аудиторные занятия (лекции, практические), выполняют все текущие домашние задания, работают над докладом под руководством преподавателя через очные консультации

При проведении практических занятий используются следующие методы: групповая работа.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студента предполагает:

1. подготовка к практическим занятиям, обработка результатов лабораторного эксперимента (учебно-методические разработки практических занятий выдаются в электронном виде каждому студенту, а также есть в свободном доступе в электронной библиотеке ИВГУ);
2. подготовка самостоятельного доклада по одной из предлагаемых тем,

7. Характеристика оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Отчет по практической работе предполагает оформление выполненной во время занятия и полностью рассчитанной практической работы с окончательными результатами в виде графиков, таблиц и рассчитанных величин, а также теоретический отчет по вопросам, которые даются к каждой лабораторной работе для домашней подготовки.

Зачет проводится в письменной форме по вопросам, заранее данным студентам для домашней подготовки, которые охватывают все разделы изученного курса.

Оценка «не зачтено» ставится при условии невыполнения лабораторного практикума и частичных ответов на два вопроса зачетного билета.

Оценка «зачтено» ставится при условии выполнения лабораторного практикума и полных ответов на два вопроса зачетного билета.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная учебная литература:

1. Сырбу, С.А. Основы термодинамики жидких кристаллов : учебное пособие / С. А. Сырбу ; Иван. гос. ун-т .— Иваново : ИВГУ, 2009 .— 90 с .— ISBN 978-5-7807-0737-0
2. Успехи в изучении жидкокристаллических материалов / Иван. гос. ун-т; под ред. Н. В. Усольцевой .— Иваново : ИВГУ, 2007 .— 100 с .— ISBN 5-7807-0655-7
3. Жидкие кристаллы : дискотические мезогены / Иван. гос. ун-т; под ред. докт. хим. наук, проф. Н. В. Усольцевой .— Иваново : ИВГУ, 2004 .— 545 с. — ISBN 5-7807-0458-9
4. Усольцева, Н.В. Жидкие кристаллы : лиотропный мезоморфизм : учебное пособие / Н. В. Усольцева ; Иван. гос. ун-т .— Иваново : ИВГУ, 2011 .— 315 с : ил .— ISBN 978-5-7807-0857- 5



5. Аكوпова, О.Б. Дискотические мезогены : от мономеров к полимерам и дендримерам / О. Б. Аكوпова, Н. В. Усолицева ; Иван. гос. ун-т. — Иваново : ИвГУ, 2010. — 106 с : ил. — ISBN 978-5-7807-0885-8
6. Федоров, М.С. Жидкокристаллические материалы : учебное пособие / М. С. Федоров ; Иван. гос. ун-т. — Иваново : ИвГУ, 2018. — 117 с : ил. — Печатная версия электронного издания Издание на др. носителе: Жидкокристаллические материалы [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. С. Федоров ; Иван. гос. ун-т. — Иваново : ИвГУ, 2018. — 117 с : ил. — ISBN 978-5-7807-1286-5.
7. Физические свойства жидких кристаллов : методические указания к лабораторному практикуму : для студентов физического факультета специализации "Физическое материаловедение". Работы 1-6 / Иван. гос. ун-т ; сост. Н. В. Каледенкова. — Иваново : ИвГУ, 2012. — 60 с : ил. — Печатная версия электронного издания Издание на др. носителе: Физические свойства жидких кристаллов [Электронный ресурс] : . — Иваново : , 2012. — с. — ISBN

Дополнительная учебная литература:

1. А.С.Сонин. Введение в физику жидких кристаллов. М.: Наука. 1983.
2. Л.М.Блинов Жидкие кристаллы. Структура и свойства. М.: Книжный дом «Либроком», 2013. 480 с.
3. П. Де Жен. Физика жидких кристаллов. М.: Мир.1977.
4. И.Г.Чистяков. Жидкие кристаллы. М.: Наука. 1966.
5. Г.Браун, Дж.Уолкен. Жидкие кристаллы и биологические структуры. М.: Мир. 1982
6. Жидкокристаллические полимеры. Под ред. Н.А.Платэ. М.:Химия.1988
7. Л.М.Блинов. Электро и магнитооптика жидких кристаллов. М.: Наука. 1978.
8. А.П.Капустин. Электрооптические и акустические свойства жидких кристаллов. М.: наука.1973.
9. Н.А.Платэ, В.П.Шибяев. Гребнеобразные полимеры и жидкие кристаллы. М.: Химия. 1980
10. С.М.Аракелян, Ю.С.Чилингарян. Нелинейная оптика жидких кристаллов. М.: Наука. 1984.

Информационно-справочные системы и(или) профессиональные базы данных при реализации дисциплины не используются.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

Система электронной поддержки образовательного процесса «Мой университет»
<https://uni.ivanovo.ac.ru>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru;
<http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/ebs-universitetskaya-biblioteka>

Электронная библиотека ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/polnotekstovye-resursy/elibnew>

Электронный каталог НБ ИвГУ <http://lib.ivanovo.ac.ru/index.php/ek>

Программное обеспечение: операционная система Microsoft Windows, пакет офисных программ Microsoft Office и(или) LibreOffice, интернет-браузер Microsoft Edge и(или) Yandex Browser.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории:

- для проведения занятий лекционного типа с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории;
- для проведения занятий семинарского типа, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации с комплектом специализированной учебной мебели и техническими



средствами обучения;

- учебная лаборатория физики жидких кристаллов.

Помещение для самостоятельной работы, оснащенное комплектом специализированной учебной мебели, компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ЭИОС.

Демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия для занятий лекционного типа, обеспечивающие тематические иллюстрации: *презентации по изучаемым темам*

Автор(ы) рабочей программы дисциплины: доцент, канд. физ.-мат. наук, доцент Пашкова Т.В.

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий « 28 » августа 2024 г., протокол № 1