



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»  
Материалы микро- и наносистемной техники

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра фундаментальной физики и нанотехнологий

ОДОБРЕНО:

Руководитель ОПГ

 А.И.Александров  
(подпись)

« 1 » сентября 20 22 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**ФИЗИКА ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ**

Уровень высшего образования:	бакалавриат
Квалификация выпускника:	бакалавр
Направление подготовки:	28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»
Направленность (профиль) образовательной программы:	Материалы микро- и наносистемной техники

Иваново



### **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 является дисциплиной по выбору; относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

Успешное освоение данной дисциплины будет способствовать готовности студентов к освоению следующих дисциплин: Материаловедение наноструктурированных материалов, наноматериалы в электронике, методы анализа и контроля наноструктурированных материалов, прохождению учебной и преддипломной практик, научно-исследовательской работе.

Студент, приступающий к изучению дисциплины, должен обладать знаниями, умениями и навыками, полученными ранее в ходе изучения дисциплин Физика, Физика конденсированного состояния вещества (раздел физическая кристаллография).

Для освоения данной дисциплины обучающийся 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: владения математическим аппаратом физики (вычисление производных и интегралов, решение 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 поверхности, компоненты микро- и наносистемной техники, технология компонентов микро-и наносистемной техники, методы анализа и контроля наноструктурированных материалов.

### **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:

а) универсальные (УК):

б) общепрофессиональные (ОПК):

в) профессиональные (ПК):

*ПК-1. Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом знаний теоретических и прикладных основ материаловедения, микромеханики и сопромата*

**3.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения формируемых компетенций**

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



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»  
Материалы микро- и наносистемной техники

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

**Уметь:** понимать, излагать и критически анализировать базовую физическую информацию; пользоваться теоретическими основами, основными понятиями, классификацией ЖК для описания типа мезофазы, ее структуры и физических свойств жидкокристаллических веществ; прогнозировать на основе имеющихся теоретических знаний появление типа мезофазы и наличие определенных физических свойств; использовать полученные теоретические знания для изучения структуры и свойств жидкокристаллических веществ. (ПК-1)

**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-1)

#### 4. Объем и содержание дисциплины

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

##### 4.1. Содержание дисциплины по разделам (темам), соотнесенное 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	Неделя семестра	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	Занятия лабораторного типа	
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,	1,	4		
2	Феноменологические теории жидких кристаллов (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	5	2-4	6	4(лабораторная работа)	Отчеты по лабораторным работам



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»  
Материалы микро- и наносистемной техники

	ЖК.					
3	Дефекты в ЖК: классификация: точечные, дисклинации, стенки, конфокальные домены. Особенности дефектов в различных типах ЖК.	5	5-6	4	4 (лабораторное занятие)	
4	Ориентационные эффекты в ЖК: влияние опорных поверхностей. Твист-структура. Влияние магнитного и электрического полей. Переход Фредерикса.	5	7-8	4	4 (лабораторное занятие)	
5	Диэлектрические свойства жидких кристаллов.	5	9	2	4 (лабораторное занятие))	
6	Неустойчивости в электрических полях	5	10	2	4 (лабораторное занятие)	
7	Оптические и электрооптические свойства ЖК.	5	11-12	4	4 (лабораторное занятие)	
8	Фазовые переходы в ЖК	5	13	2	4 (лабораторное занятие)	
9	Методы исследования физических свойств и структуры жидких кристаллов	5	14	2		Доклады по типам жидкокристаллических структур и применению жидких кристаллов
10	Лиотропные и дискотические ЖК: классификация, структура	5	15-16	4	4 (практическое занятие)	
11	Жидкокристаллические полимеры	5	17	2		
12	Применение жидких кристаллов	5	18	2		
	Контроль	5				Зачет
ИТОГО 108 часов, из них				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.



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»  
Материалы микро- и наносистемной техники

---

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 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.
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 . Флексоэлектрический 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. Электродинамическая 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 лабораторное занятие, задания для самостоятельной работы, задание по подготовке доклада.

Основой самостоятельной деятельности является прежде всего домашняя подготовка к лабораторным 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, лабораторные), выполняют все текущие домашние задания, работают над докладом под руководством преподавателя через очные консультации

При проведении лабораторных занятий используются следующие методы: групповая работа.

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студента предполагает:

1. подготовка к лабораторным 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 лабораторной работе предполагает оформление выполненной во время занятия и полностью рассчитанной лабораторной 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. Акопова, О.Б. Дискотические мезогены : от мономеров к полимерам и дендримерам / О. Б. Акопова, Н. В. Усольцева ; 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



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»  
Материалы микро- и наносистемной техники

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 изданияИздание 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.

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://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

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, выполнения курсовых работ (проектов) с комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.



Основная профессиональная образовательная программа  
28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»  
Материалы микро- и наносистемной техники

Лаборатории, оснащенные лабораторным оборудованием, комплектом специализированной учебной мебели и техническими средствами обучения.

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: персональный компьютер, проектор, экран.

**Автор(ы) рабочей программы дисциплины:** *доцент, кандидат физ.мат. наук, доцент*  
*Пащикова Т.В*

Программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры фундаментальной физики и нанотехнологий 31 августа 2022 г., протокол № 1

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_  
(подпись)

Программа обновлена  
протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Согласовано:

Руководитель ОП \_\_\_\_\_  
(подпись)

**Приложение 1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

**Приложение 2. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.**