

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наумова Наталья Александровна
Должность: Ректор
Дата подписания: 24.08.2026 14:40:04
Уникальный программный ключ:
6b5279da4e034bffa79172803da5b7b559f6c9e2

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

УТВЕРЖДЕНО
на Ученом совете ФГАОУ ВО
«Государственный университет
просвещения»
Протокол № 8 от 27 марта 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

Физика жидких кристаллов

**Научная специальность: 1.3.8. Физика конденсированного
состояния**

Форма обучения: очная

г. Москва

2026 г.

Автор-составитель:
Беляев Виктор Васильевич, доктор технических наук,
заведующий кафедрой теоретической физики
Чаусов Денис Николаевич, доктор физико-математических наук,
заведующий кафедрой теоретической физики

Рабочая программа дисциплины «Физика жидких кристаллов» составлена в соответствии с федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951.

Дисциплина относится к образовательному компоненту и является дисциплиной по выбору.

Рецензент:

Жачкин Владимир Арсеньевич, доктор физ.-мат. наук, профессор,
профессор кафедры общей физики и методики преподавания физики

.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. ОБЪЁМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	4-6
4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУ- ЧАЮЩИХСЯ.....	6-9
5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧ- НОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	10-16
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ....	16-17
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17
8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	17-19

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

1.1. Цель и задачи дисциплины

Целью дисциплины «Физика жидких кристаллов» является изучение современных теорий, важнейших физических открытий, идей, понятий физики жидких кристаллов, особенно в части структура, свойства.

Задачи дисциплины «Физика жидких кристаллов»: изучение понятий, принципов, законов и методов решения физических задач, относящихся к физике жидких кристаллов.

1.2. Планируемые результаты обучения

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные принципы и законы, лежащие в основе физики жидких кристаллов, современные методы, используемые в этой области физики и её математический аппарат.

уметь:

- применять эти методы на практике, в частности, сведения по электрооптическим эффектам при решении соответствующих задач по физике жидких кристаллов, в рамках границ применимости изученных методов;
- методы теорий Майера-Заупе, Майера-Мейера и др. при решении задач;
- пользоваться специальной, научно-технической, учебно-методической и справочной литературой в библиотеках и в интернете.

владеть:

- приёмами решения задач по физике жидких кристаллов, методами измерений и расчётов физических величин, характеризующих жидкие кристаллы, а также соответствующим математическим аппаратом.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина «Физика жидких кристаллов» входит в часть «Дисциплины по выбору» Блока 1 «Дисциплины (модули)». Основу для изучения дисциплины составляют знания, полученные при изучении обязательной дисциплины «Статистическая физика» вариативной части программы. Освоение дисциплины является необходимым для научно-исследовательской работы аспиранта в рамках данной программы подготовки.

Дисциплина «Физика жидких кристаллов» осваивается в 1 семестре и связана с дисциплинами «Статистическая физика», «Физика конденсированного состояния», «Физика диэлектриков» и «Физика полимеров».

3. ОБЪЁМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объём дисциплины

Показатель объема дисциплины	
Объем дисциплины в зачетных единицах	4
Объем дисциплины в академических часах	144
Контактная работа	18
Лекции	12
Практические занятия	6
Самостоятельная работа	90
Контроль	36

Формой промежуточной аттестации являются: зачет с оценкой в первом семестре.

3.2. Содержание дисциплины

По очной и заочной формам обучения

Наименование разделов (тем) дисциплины:

№ п/п	Наименование разделов и тем	Очная и заочная формы обучения			
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Самостоятельная работа	Контроль
1	Тема 1. Жидкие кристаллы, анизотропные жидкости. Химическое строение мезоморфных молекул, гомологические ряды. Жидкокристаллические смеси.	1	1	7	3
2	Тема 2. Ориентационный и трансляционный порядки. Ближний и дальний порядки. Иерархия пространственных масштабов структуры вещества и упорядоченности.	1		7	3
3	Тема 3. Классификация жидких кристаллов. Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы и их классификация. Капеллиты и дискотики. Экзотические мезофазы полярных молекул. Амфифильные молекулы. Мицеллы. Фазы в хиральных жидких кристаллах.	1	1	8	3
4	Тема 4. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Феноменологическая теория Ландау. Статистическая теория фазовых переходов. Флуктуации. Критические индексы.	1		8	3
5	Тема 5. Полимезоморфизм и молекулярные модели мезофаз. Типичные фазовые диаграммы. Экзотические мезофазы. Повторные (реентрантные) фазы и переходы. Молекулярные модели мезофаз.	1	1	8	3
6	Тема 6. Экспериментальные методы исследования структуры мезофаз. Дифракционный структурный анализ. Рентгенография жидкокристаллических систем. Уравнения Лауэ и формула Вульфа-Брэгга. Структурный фактор и парная функция распределения.	1		7	3
7	Тема 7. Экспериментальные методы исследования физических свойств и применение жидких кристаллов. Электрические, оптические, магнитные, реологические и акустические свойства жидких кристаллов и их применение.	1	1	7	3

8	Тема 8. Гидродинамика. Тензор скоростей деформаций. Уравнение неразрывности. Уравнение Эйлера. Уравнение Навье-Стокса. Коэффициенты сдвиговой и объемной вязкостей. Коэффициенты Лесли. Коэффициенты сдвиговой и объемной вязкостей. Вращательная вязкость. Коэффициенты диффузии и теплопроводности. Распространение акустических волн в изотропных жидкостях.	1		8	3
9	Тема 9. Континуальная теория жидких кристаллов. Теория ориентационной упругости нематических и холестерических жидких кристаллов. Модули ориентационной упругости Франка. Упругие свойства смектиков.	1		8	3
10	Тема 10. Диамагнитные и диэлектрические свойства жидких кристаллов. Ориентирующее влияние электрических и магнитных полей и ограничивающих поверхностей на жидкие кристаллы. Граничные условия и методы ориентации жидких кристаллов. Переходы Фредерикса.	1	1	8	3
11	Тема 11. Теория упругости и гидродинамика смектиков А, В и С. Жидкокристаллические полимеры. Классификация, физические свойства и применение.	1	1	7	3
18	Тема 12. Создание жидкокристаллических материалов с заданными физическими свойствами.	1		7	3
	ИТОГО:	12	6	90	36

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Темы для самостоятельного изучения	Изучаемые вопросы	Количество часов	Формы самостоятельной работы	Методические обеспечения	Формы отчетности
Тема 1. Жидкие кристаллы, анизотропные жидкости.	Химическое строение мезоморфных молекул, гомологические ряды. Жидкокристаллические смеси.	7	Подготовка к семинарским и практическим занятиям, изучение литературы.	Программа курса, учебно-методическое и учебные пособия по дисциплине.	Опрос
Тема 2. Ориентационный	Ближний и дальний порядки.	7	Подготовка к семинарским	Программа курса,	Конспект, опрос

и трансляционный порядок.	Иерархия пространственных масштабов структуры вещества и упорядоченности.		и практическим занятиям, изучение литературы.	учебно-методическое и учебные пособия по дисциплине .	
Тема 3. Классификация жидких кристаллов.	Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы и их классификация. Каламитики и дискотики. Экзотические мезофазы полярных молекул. Амфифильные молекулы. Мицеллы. Фазы в хиральных жидких кристаллах (голубые фазы, TGB etc.).	8	Подготовка к семинарским и практическим занятиям, изучение литературы.	Программа курса, учебно-методическое и учебные пособия по дисциплине .	Конспект , опрос
Тема 4. Фазовые переходы.	Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Феноменологическая теория Ландау. Статистическая теория фазовых переходов. Флуктуации. Критические индексы.	8	Подготовка к семинарским и практическим занятиям, изучение литературы.	Программа курса, учебно-методическое и учебные пособия по дисциплине .	Конспект , опрос
Тема 5. Полиморфизм и молекулярные модели мезофаз.	Типичные фазовые диаграммы. Экзотические мезофазы. Повторные (реэнтрантные) фазы и переходы. Молекулярные модели мезофаз.	8	Подготовка к семинарским и практическим занятиям, изучение литературы.	Программа курса, учебно-методическое и учебные пособия по дисциплине .	Доклад, опрос
Тема 6. Экспериментальные методы исследования структуры мезофаз.	Дифракционный структурный анализ. Рентгенография жидкокристаллических систем. Уравнения Лауэ и формула Вульфа-Брэгга. Структурный фактор и парная функция распределения.	7	Подготовка к семинарским и практическим занятиям, изучение литературы.	Программа курса, учебно-методическое и учебные пособия по дисциплине .	Доклад, опрос
Тема 7.	Электрические,	7	Подготовка к	Программа	Доклад,

Экспериментальные методы исследования физических свойств и применение жидких кристаллов.	оптические, магнитные, реологические и акустические свойства жидких кристаллов и их применение.		семинарским и практическим занятиям, изучение литературы.	курса, учебно-методическое и учебные пособия по дисциплине .	опрос
Тема 8. Гидродинамика ЖК.	Тензор скоростей деформаций. Уравнение неразрывности. Уравнение Эйлера. Уравнение Навье-Стокса. Коэффициенты сдвиговой и объемной вязкостей. Коэффициенты Лесли. Коэффициенты сдвиговой и объемной вязкостей. Вращательная вязкость. Коэффициенты диффузии и теплопроводности. Распространение акустических волн в изотропных жидкостях.	8	Подготовка к семинарским и практическим занятиям, изучение литературы.	Программа курса, учебно-методическое и учебные пособия по дисциплине .	Доклад, опрос
Тема 9. Континуальная теория жидких кристаллов.	Теория ориентационной упругости нематических и холестерических жидких кристаллов. Модули ориентационной упругости Франка. Упругие свойства смектиков.	8	Подготовка к семинарским и практическим занятиям, изучение литературы.	Программа курса, учебно-методическое и учебные пособия по дисциплине .	Опрос
Тема 10. Диаманитные и диэлектрические свойства жидких кристаллов.	Ориентирующее влияние электрических и магнитных полей и ограничивающих поверхностей на жидкие кристаллы. Граничные условия и методы ориентации жидких кристаллов.	8	Подготовка к семинарским и практическим занятиям, изучение литературы.	Программа курса, учебно-методическое и учебные пособия по дисциплине .	Конспект , опрос

	Переходы Фредерикса.				
Тема 11. Теория упругости и гидродинамика смектиков А, В и С. Жидкокристаллические полимеры.	Жидкокристаллические полимеры. Классификация, физические свойства и применение.	7	Подготовка к семинарским и практическим занятиям, изучение литературы.	Программа курса, учебно-методическое и учебные пособия по дисциплине.	Конспект, опрос
Тема 12. Создание жидкокристаллических материалов с заданными физическими свойствами.	Материалы с заданным температурным интервалом, рабочими напряжениями, углами обзора, временами переключения и другими свойствами.	7	Подготовка к семинарским и практическим занятиям, изучение литературы.	Программа курса, учебно-методическое и учебные пособия по дисциплине.	Конспект, опрос

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примеры домашних заданий

1. Рассчитать величину воздушного зазора ЖК ячейки по экстремумам спектральной зависимости пропускания пустой ячейки.
2. ЖК ячейку можно рассматривать как плоский конденсатор, обкладками которого служат стеклянные подложки, покрытые с внутренней стороны прозрачным проводящим электродом и ориентирующим слоем. Рассчитать емкость такого конденсатора.
3. Рассчитать параметр ориентационного порядка нематического жидкого кристалла по данным измерений двулучепреломления ЖК.
4. Рассчитать параметр ориентационного порядка нематического жидкого кристалла по данным измерений колебательных спектров нематического ЖК в интервале 3000–1000 см⁻¹, выполненных с помощью метода поляризационной инфракрасной спектроскопии.
5. Определить величину максимальной фазовой задержки и порог электрооптического S-эффекта по измерениям модуляции интенсивности света в слое жидкого кристалла под действием электрического поля.
6. Получить зависимость оптической анизотропии от длины волны по данным измерений оптического пропускания гомогенно ориентированной ЖК ячейки в зависимости от напряжения для нескольких длин волн.
7. Рассчитать фазовую задержку, угол преднаклона директора и энергии сцепления по измерениям зависимости пропускания от напряжения для ЖК ячеек с НЖК или с НЖК, допированным наночастицами.
8. По низкочастотным диэлектрическим спектрам ЖК, полученных с помощью импеданс спектроскопии определить диэлектрическую проницаемость и

диэлектрическую анизотропию ЖК и рассчитать концентрацию мобильных ионов и средний коэффициент их диффузии.

9. Определить оптический порог твист-эффекта и рассчитать контрастное отношение и динамический диапазон твист-ячейки по измерению оптического пропускания твист-ячейки в зависимости от амплитуды приложенного напряжения.
10. По данным измерения времени оптического отклика ЖК при приложении напряжения электрического поля определить время естественной релаксации ЖК и описать его с использованием формул, содержащих данные о физических свойствах ЖК.

Темы рефератов

1. Симметрия и законы сохранения в физике жидких кристаллов.
2. Сегнетоэлектрические жидкие кристаллы.
3. Электреты.
4. Пьезоэлектрики.
5. Аморфное состояние вещества.
6. Классификация жидких кристаллов.
7. Ближний и дальний порядок в жидких кристаллах.
8. Дефекты в жидких кристаллах.
9. Жидкие кристаллы в электрических и магнитных полях.
10. Лиотропные жидкие кристаллы.
11. Динамика жидких кристаллов.
12. Ультразвуковые методы исследования жидких кристаллов.
13. Математическое моделирование мезофаз.

Вопросы на экзамене

1. Молекулярно-кинетическая теория жидкости и скорость звука.
2. Термодинамическая теория релаксации в жидкости. Релаксационные модели.
3. Структурная релаксация, релаксация сдвиговой и объемной вязкости, термическая релаксация.
4. Дисперсия скорости и релаксационное поглощение акустических волн, время релаксации и его связь с молекулярными характеристиками жидкости.
5. Критическое состояние системы жидкость-пар. Скорость звука и поглощение вблизи критической точки.
6. Фазовый переход жидкость – твердое тело. Скорость поглощения акустических волн в области плавления.
7. Жидкие кристаллы, типы кристаллов и особенности их структуры, термодинамические характеристики. Дальний и ближний порядок.
8. Дефекты и текстуры в жидких кристаллах. Динамические и вязко-упругие свойства жидких кристаллов.
9. Природа мезофазного состояния. Основные применения жидких кристаллов.
10. Распространение акустических волн в жидких кристаллах, скорость и поглощение волн. Релаксационные явления в жидких кристаллах. Теория акустической релаксации.
11. Фазовые превращения в жидких кристаллах и акустические параметры. Влияние магнитных, электрических полей и давление на структуру жидких кристаллов, их акустические параметры.
12. Распространение ультразвука в ориентированных жидких кристаллах. Физические основы акустического метода исследования упругих (релаксационных) свойств жидких кристаллов.
13. Диэлектрическая релаксация в жидких кристаллах. Молекулярно-статическая трактовка времени дебаевской релаксации.

5.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценивание степени освоения обучающимися дисциплины осуществляется на основе положения «Положение о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости аспирантов МГОУ», утверждённого решением Учёного совета МГОУ от 20 февраля 2012 г. протокол № 4.

Сопоставимость рейтинговых показателей аспиранта по разным дисциплинам и Балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости аспирантов обеспечивается принятием единого механизма оценки знаний аспирантов, выраженного в баллах, согласно которому 100 баллов – это полное усвоение знаний по учебной дисциплине, соответствующее требованиям учебной программы.

Максимальный результат, который может быть достигнут аспирантом по каждому из Блоков рейтинговой оценки – 100 баллов.

Шкала соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам: 100 – 81 баллов – «отлично» (5); 80 – 61 баллов – «хорошо» (4); 60 – 41 баллов – «удовлетворительно» (3); до 40 баллов – «неудовлетворительно».

Ответ обучающегося на экзамене или зачёте оценивается в баллах с учётом шкалы соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам.

Оценка по 5-балльной системе		Оценка по 100-балльной системе
5	Зачтено	81 – 100
4	Зачтено	61 – 80
3	Зачтено	41 – 60
2	Не зачтено	0 – 40

В зачётно-экзаменационную ведомость выставляются оценки по пятибалльной шкале и рейтинговые оценки в баллах.

При получении аспирантом на экзамене или зачёте неудовлетворительной оценки в ведомость выставляется рейтинговая оценка в баллах (<40 баллов), соответствующая фактическим знаниям (ответу) аспиранта.

Критерии оценки знаний аспирантов в рамках каждой учебной дисциплины или групп дисциплин вырабатываются преподавателями согласованно на кафедрах Университета исходя из требований образовательных стандартов.

Процедура оценивания знаний и умений состоит из следующих составных элементов:

- 1) учёт посещаемости лекционных и практических занятий осуществляется по ведомости, представленной ниже в форме таблицы;
- 2) текущий контроль.

Требования к реферату

По дисциплине «Физика жидких кристаллов» аспиранты выполняют и защищают по одному реферату в 1 семестре. Тему реферата аспирант выбирает самостоятельно. При выполнении реферата аспирант использует все возможные ресурсы: учебную, научную, справочную литературу, сеть «Интернет» и др. Реферат оформляется в виде публикации в электронном виде, распечатывается на бумаге формата А4.

Защита реферата осуществляется в виде краткой презентации темы работы: цели, основных положений, результатов исследований, выводов и списка используемых источников. Презентация выполняется в формате PowerPoint или PDF. На защите аспирант должен ответить на несколько вопросов на понимание темы работы.

Баллы за реферат:

- 0 – 4: аспирант показывает полное незнание темы выполненной работы;

5 – 8: аспирант в целом показывает незнание темы работы, однако высказывает отдельные правильные ответы или соображения;

9 – 12: аспирант в целом показывает понимание темы работы, но в ответах имеется много ошибок, недостатков и недочётов;

13 – 16: аспирант показывает понимание темы работы, а в ответах может быть до трёх негрубых ошибок, недостатков и недочётов.

17 – 20: аспирант показывает хорошее знание темы работы, а ответы не содержат негрубых ошибок, недостатков и недочётов.

Требования к экзамену

Для допуска к экзамену нужно выполнить все домашние задания, пройти все опросы, а также защитить один реферат по выбору аспиранта. На экзамене аспирант должен ответить на два теоретических вопроса.

Баллы за каждый вопрос на экзамене:

0 – 6: аспирант не ответил на вопрос;

7 – 12: аспирант в целом не ответил на вопрос, но подход к ответу правильный;

13 – 18: аспирант в целом ответил на вопрос, но в ответе имеются ошибки, недостатки или недочёты;

19 – 25: аспирант правильно ответил на вопрос, а в ответе могут быть несущественные недочёты или ошибки.

Баллы за экзамен складываются из баллов за ответ на каждый вопрос:

0 – 20 баллов – «неудовлетворительно»; 21 – 30 баллов – «удовлетворительно»; 31 – 40 баллов – «хорошо»; 41 – 50 баллов – «отлично».

Итоговая оценка складывается из оценок за посещение занятий, за опросы, за домашние задания, за реферат, а также за экзамен с оценкой не менее «удовлетворительно». Максимальная итоговая оценка – 100 баллов.

Московский государственный областной университет Ведомость учёта текущей успеваемости Физико-математический факультет

Направление подготовки: 03.06.01 – Физика

Профиль: 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния»

Дисциплина: Физика жидких кристаллов

Группа № _____

Преподаватель: _____

№ п/п	Фамилия И.О.	Сумма баллов, набранных в семестре				Подпись преподавателя	Сумма баллов за экзамен до 50 баллов	Общая сумма баллов	Итоговая оценка (зачёт или не-зачёт)	Подпись преподавателя
		Посещение до 10 баллов	Опросы до 10 баллов	Дом. задания до 10 баллов	Защита реферата до 20 баллов					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.										
2.										
3.										

Посещение занятий

Критерии оценивания	Баллы
Аспирант посетил 0 – 30% всех занятий	0 – 1
Аспирант посетил 31 – 50% всех занятий	2 – 4
Аспирант посетил 51 – 75% всех занятий	5 – 7
Аспирант посетил 76 – 100% всех занятий	8 – 10

Опросы

Критерии оценивания	Баллы
Аспирант правильно ответил на 0 – 30% всех заданных вопросов	0 – 1
Аспирант правильно ответил на 31 – 50% всех заданных вопросов	2 – 4
Аспирант правильно ответил на 51 – 75% всех заданных вопросов	5 – 7
Аспирант правильно ответил на 76 – 100% всех заданных вопросов	8 – 10

Домашние задания

Критерии оценивания	Баллы
Аспирант правильно выполнил 0 – 30% всех домашних заданий	0 – 1
Аспирант правильно выполнил 31 – 50% всех домашних заданий	2 – 4
Аспирант правильно выполнил 51 – 75% всех домашних заданий	5 – 7
Аспирант правильно выполнил 76 – 100% всех домашних заданий	8 – 10

Критерии оценивания и баллы за реферат представлены выше.

Экзамен

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
<i>Отлично</i>	Полные и точные ответы на все вопросы. Свободное владение основными терминами и понятиями курса. Последовательное и логичное изложение материала курса. Законченные выводы и обобщения по теме вопросов. Исчерпывающие ответы на вопросы.	41 – 50
<i>Хорошо</i>	Ответы на вопросы содержат от одной до трёх негрубых ошибок. Уверенное владение терминами и понятиями курса. Изложение материала курса почти всегда логично и последовательно. Выводы и обобщения по теме вопросов содержат до трёх логически незаконченных положений. Ответы на вопросы в основном исчерпывающие.	31 – 40
<i>Удовлетворительно</i>	Ответы на вопросы в целом правильные, но содержат более трёх ошибок, в том числе грубых. Владение терминами и понятиями курса неуверенное. Изложение материала часто нелогично и не всегда последовательно. Выводы и обобщения по теме вопросов содержат более трёх логически незаконченных положений. Ответы на вопросы неполные.	21 – 30
<i>Неудовлетворительно</i>	Правильные ответы на менее половины вопросов. Отсутствие владения основными понятиями курса. Материал изложен нелогично, непоследовательно и неправильно. Выводы и обобщения по теме вопросов почти всегда содержат логически незаконченные темы.	0 – 20

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература

1. Блинов Л.М. Жидкие кристаллы: Структура и свойства Изд. стереотип. URSS. 2018. 482 с. ISBN 978-5-397-06367-8.
2. Блинов Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1978.
3. Беляев В.В., Чилая Г.С. Жидкие кристаллы в начале XXI века. М.: ИИУ МГОУ, 2017. 142 с.
4. Cognard J. Alignment of Nematic Liquid Crystals and Their Mixtures, Molecular Crystals and Liquid Crystals, Suppl. 1 (Gordon and Breach, London, 1982).
5. Беляев В.В. Influence of molecular structure of nematic liquid crystals on viscosity coefficients and their temperature dependence (монография). Physical Properties of Liquid Crystals: Nematics. Eds. D.A. Dunmur, A. Fukuda, G.R. Luckhurst. London, IEE. 2000, - P.414-425.
6. Беляев В.В. Вязкость нематических жидких кристаллов (монография). М., Физматлит. 2001, С.1-224.
7. Беляев В.В., Соломатин А.С., Чаусов Д.Н., Кузнецов М.М. Методика экспериментально-расчетного определения поверхностного угла наклона в жидкокристаллических ячейках с однородным и неоднородным распределением директора. Методические рекомендации по предмету «Специальный физический практикум». – М. : ИИУ МГОУ, 2015. – 32 с.
8. Беляев В.В., Соломатин А.С., Чаусов Д.Н., Кузнецов М.М. Методика экспериментально-расчетного определения полярной энергии сцепления жидкого кристалла с ориентирующей пленкой в жидкокристаллических ячейках с однородным и неоднородным распределением директора. Методические рекомендации по предмету «Специальный физический практикум». – М. : ИИУ МГОУ, 2015. – 32 с.
9. I.W. Hamley, Introduction to Soft Matter, J. Wiley & Sons, 2004.
10. М. Клеман, О.Д. Лаврентович. Основы физики частично упорядоченных сред. М. Физматлит. 2007.
11. А.А. Веденов. Физика растворов. М. Наука, 1984.
12. Бараш Ю.С. Силы Ван-дер-Ваальса. М.: Наука ГРФМЛ, 1988. 5. Б. В. Дерягин, Н.В. Чураев, В.М. Муллер. Поверхностные силы. М. Наука, 1985.
13. Де Жен П. Физика жидких кристаллов. Мир, М., 1977. Стр. 5 из 10
14. С.А. Пикин, Л.М. Блинов Жидкие кристаллы. Библиотечка «Квант», выпуск 20. М. Наука, 1982.
15. С.А. Пикин. Структурные превращения в жидких кристаллах. М. Наука, 1981.
16. А.Ю. Гросберг, А.Р. Хохлов. Статистическая физика полимеров. М. Наука. 1989.
17. А.Ю. Гросберг, А.Р. Хохлов. Физика в мире полимеров. Библиотечка «Квант», выпуск 74. М. Наука, 1989.
18. Левшин Л.В., Салецкий А.М. Оптические методы исследования молекулярных систем.
19. Коншина Е.А. Основы физики жидкокристаллических систем. Учебное пособие. СПб: НИУ ИТМО, 2013.- 130с.
20. Амосова Л.П., Коншина Е.А., Костомаров Д.С., Федоров М.А. Электроуправляемое двулучепреломление в нематических жидких кристаллах. Учебное пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010.– 63 с.
- 21.

6.2. Дополнительная литература

1. Bruce J. Berne, Robert Pecora. Dynamic Light Scattering: With Applications to Chemistry, Biology, and Physics, Wiley, 2000
2. Wolfgang Schèartl, Wolfgang Scharlt, Light Scattering from Polymer Solutions and

Nanoparticle Dispersions, Springer, 2007.

3. J.L. Koenig, Spectroscopy of Polymers, Elsevier, 1999.

4. J.L. Koenig, Infrared and Raman spectroscopy of polymers, iSmithers Rapra Publishing, 2001.

5. Peter Wilhelm, Modern Polymer Spectroscopy, John Wiley & Sons Fundamentals of Soft Matter Science", Linda S. Hirst, CRC Press 2012

6. Intermolecular and Surface Forces: With Applications to Colloidal and Biological Systems J. Israelachvili, 3rd ed. Academic Press 2010

7. Structured Fluids: Polymers, Colloids, Surfactants", Thomas A. Witten, Oxford University Press, 2004

8. Soft Condensed Matter, R.A.L. Jones, Oxford University Press Inc. 2002 9. Introduction to Soft Matter: Polymers, Colloids, Amphiphiles and Liquid Crystals I.W. Hamley, John Wiley & Sons, Inc. 2000

Периодическая литература – научные и научно-популярные статьи, посвященные исследованию люминесценции сложных органических и биологических систем с использованием спектроскопических методов.

1. Беляев В.В. Жидкокристаллические дисплеи. Технологии настоящего и будущего. Часть 2. Новые технологии и области применения ЖК-дисплеев. Электроника: Наука, технология, бизнес #10/2015.
2. Беляев В.В. Жидкокристаллические дисплеи. Технологии настоящего и будущего. Ч. 1. От пикселя до гибкой подложки // Электроника: наука, технология, бизнес. 2015. Т. 8. № 148. С. 36–47.
3. Беляев В.В. Международная конференция по жидким кристаллам. Экзотика и реальность. Электроника: Наука, технология, бизнес. 2015. №1 (141). с.90-97.
4. Беляев В.В. Физические методы измерения коэффициентов вязкости нематических жидких кристаллов (статья). Успехи физических наук. М., 2001, Т.171. - №3. - С.267-298.

6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. <https://dxdy.ru/> – Научный форум dxdy
 2. <http://online.mephi.ru/local/staticpage/view.php?page=open-courses> – Образовательный портал НИЯУ МИФИ
 3. <https://www.youtube.com/channel/UCimGOl6wSQWDbBFoVMQGzMg/featured> – НАУКА 0+ Лекторий МГУ
 4. <https://lectoriy.mipt.ru/course/> – Лекторий МФТИ
 5. https://www.youtube.com/channel/UCglW_rYzVGwnzUsWDxbyS_w – Лекции по теоретической физике Новосибирского университета
 6. <http://nuclphys.sinp.msu.ru/> – Ядерная физика в Интернете
 7. https://elementy.ru/catalog/t2/Fizika/g31/elektronnye_biblioteki – Каталог «Наука в Рунете»
 8. <https://b-ok.xyz/> – Поисковая база литературы
 9. <http://physiclib.ru/> – Библиотека по физике
 10. <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics.htm> – Мир математических уравнений «Eq-World»
 11. <http://ois.org.ua/spravka/mat/index.htm> – Электронная библиотека по высшей физике
 12. <http://djvu-inf.narod.ru/nplib.htm> – DjVu библиотека по физике и математике
 13. <https://school.mephi.ru/netclass/physics/library> – Сетевая школа НИЯУ МИФИ
- Электронно-библиотечные системы (ЭБС МГОУ)
14. <https://dlib.eastview.com/> – «ИВИС». Ресурсы East View Publication;
 15. <http://znanium.com/> – Znanium.com;
 16. <http://biblioclub.ru/> – Университетская библиотека он-лайн;

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Методические рекомендации по проведению лекционных занятий на физико-математическом факультете, по очной и заочной форме обучения. / Бугримов А.Л., Грань Т.Н., Холина С.А. / М.: МГОУ, 2018.
2. Методические рекомендации по проведению лабораторных работ и практических занятий на физико-математическом факультете, по очной и заочной форме обучения. / Бугримов А.Л., Грань Т.Н., Холина С.А. / М.: МГОУ, 2018.
3. Методические рекомендации об организации выполнения и защиты курсовой работы на физико-математическом факультете, по очной и заочной форме обучения. / Бугримов А.Л., Грань Т.Н., Холина С.А. / М.: МГОУ, 2018.

Аспирантам предлагается использовать указанную литературу и ресурсы сети "Интернет" для более прочного усвоения учебного материала, изложенного на лекциях, а также для изучения материала, запланированного для самостоятельной работы.

Целью самостоятельной работы, т.е. работы, выполняемой аспирантами во внеаудиторное время по заданию и под руководством преподавателя, является глубокое понимание и усвоение курса лекций и практических занятий, подготовка к выполнению контрольных работ, к сдаче зачёта, овладение профессиональными умениями и навыками деятельности, опытом творческой, исследовательской деятельности.

Для успешной подготовки необходимо проделать следующую работу:

- изучить теоретический материал, относящийся к каждому из разделов;
- выработать устойчивые навыки в решении типовых практических заданий.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В университете обучающимся обеспечен доступ: к современным профессиональным базам данных и информационным справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам (электронным библиотекам) и к электронной информационно-образовательной среде МГОУ. Электронно-библиотечная система (электронная библиотека) и электронная информационно-образовательная среда обеспечивают возможность доступа обучающегося из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), и отвечает техническим требованиям организации, как на территории организации, так и вне её.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МГОУ и ЭБС.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечиваются электронными и (или) печатными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Для проведения лекционных и практических занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации используются аудитории, оборудованные персональным компьютером, меловой и/или интерактивной доской, а также мультимедийным проектором.

Каждый обучающийся обеспечен доступом к электронно-библиотечной системе, содержащей издания по дисциплине.

Обеспеченность необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения:

Microsoft Windows

Учебно-научные лаборатории, удовлетворяющие требованиям:

Ауд.	Название лаборатории	
108	Лаборатория диэлектрической спектроскопии	Установка для исследования диэлектрических свойств жидкостей и жидких кристаллов в диапазоне сверхвысоких частот при различных температурах. Волноводная линия. Измеритель импеданса ВМ 508. Вольтметр универсальный В7-16а. Генератор Г4-83. Генератор Г3-30. Генератор Г3-117. Установка для исследования диэлектрических свойств жидкостей и жидких кристаллов на низких частотах во вращающемся магнитном поле. Измерительная установка для исследования низкочастотных свойств жидких кристаллов на основе измерительного моста WK DC-100. Генератор сигналов низкочастотный Г3-117. Осциллограф С1-93. Генератор сигналов высокочастотный Г4-18. Источник питания Б5-47. Частотомер ЧЗ-35А. Вольтметр UT60А. Вольтметр ВЗ-41. Осциллограф С1-75. Осциллограф С1-81. Вольтметр-электрометр универсальный В7-30. Компьютер с измерительным интерфейсом.
102,105	Лаборатория теоретической и прикладной нанотехнологии	Установка для исследования диэлектрических свойств жидких кристаллов в постоянном магнитном поле в зависимости от температуры и давления на основе измерительного моста WK DC-100. Компьютер Установка для исследования диэлектрических свойств жидкостей и жидких кристаллов в цилиндрическом электрическом поле и вращающемся магнитном поле в широком диапазоне температур Установка для исследования вращательной вязкости жидкостей и жидких кристаллов в широком диапазоне температур на основе ротационного вискозиметра Haake Viscotester E и термостата на эффекте Пельте с диапазоном температур от -40 до +60 градусов. Установка для исследования низкочастотных акустических свойств жидкостей и жидких кристаллов в постоянном магнитном поле на основе ячейки с пьезопреобразователями. Установка для исследования оптических свойств жидких кристаллов на основе лазера с высокой степенью

		поляризации с вращающейся и температурной приставками, а также приставкой для измерения дифракции на полимерных пленках. Установка на основе спектрофотометра УСФ-1 для определения динамических оптических характеристик микроскопических объектов, образующихся в эмульсиях жидких кристаллов и неньютоновских жидкостей. Установка на основе цифрового поляризационного микроскопа для измерения размеров микроскопических объектов, образующихся в эмульсиях жидких кристаллов и неньютоновских жидкостей.
101	Лаборатория молекулярной акустики	Установка для исследования жидкостей и жидких кристаллов методом импульсной ультразвука в диапазоне от 1 МГц до 50 МГц в зависимости от температуры на основе: цифрового осциллографа LeCroy Wave Surfer 62Xs. Компьютер. Установка для исследования свойств жидкостей и жидких кристаллов акустическим методом во вращающемся магнитном поле в зависимости от давления и температуры на основе цифрового осциллографа LeCroy Wave Surfer 62Xs. Генератор высокочастотный цифровой Г4-158. Генератор импульсов Г5-56. Гидропресс МП-50. Источник питания АИП Б5.30/10.