

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 02.08.2023 12:38:00

Уникальный программный ключ:

d7a26b9e8ca85e98ac3de2ab454b4659d961f749

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

Рабочая программа дисциплины (модуля)

Физика жидкокристаллических мембран

Закреплена за подразделением

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Квантовое материаловедение

Квалификация

Магистр

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

4 ЗЕТ

Часов по учебному плану

144

Формы контроля в семестрах:

в том числе:

экзамен 3

аудиторные занятия

51

курсовая работа 3

самостоятельная работа

66

часов на контроль

27

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	3 (2.1)		Итого	
	19			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	17	17	17	17
Практические	34	34	34	34
Итого ауд.	51	51	51	51
Контактная работа	51	51	51	51
Сам. работа	66	66	66	66
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	144	144

Программу составил(и):

кфмн, Доцент, Акимов Сергей Александрович

Рабочая программа

Физика жидкокристаллических мембран

Разработана в соответствии с ОС ВО:

Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования - магистратура Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по направлению подготовки 03.04.02 ФИЗИКА (приказ от 02.04.2021 г. № 119 о.в.)

Составлена на основании учебного плана:

03.04.02 ФИЗИКА, 03.04.02-МФ3-22-2.plx Квантовое материаловедение, утвержденного Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" в составе соответствующей ОПОП ВО 22.09.2022, протокол № 8-22

Утверждена в составе ОПОП ВО:

03.04.02 ФИЗИКА, Квантовое материаловедение, утвержденной Ученым советом ФГАОУ ВО НИТУ "МИСиС" 22.09.2022, протокол № 8-22

Рабочая программа одобрена на заседании

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Протокол от 22.06.2021 г., №11/21

Руководитель подразделения Д.ф.-м.н., профессор Мухин Сергей Иванович

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ

1.1	Ознакомление специалистов с современными экспериментальными и теоретическими достижениями в физике объемных жидких кристаллов и липидных жидкокристаллических мембран и их подготовка к решению сложных задач в области создания и исследования свойств новых биосовместимых материалов.
-----	--

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Блок ОП:		Б1.В.ДВ.07
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:	
2.1.1	Квантовая физика твердого тела	
2.1.2	Квантово-механическое моделирование материалов	
2.1.3	Лабораторный практикум по квантовой фотонике и криптографии	
2.1.4	Методы исследования материалов	
2.1.5	Неравновесная квантовая механика одноэлектронных устройств	
2.1.6	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности. Научно-исследовательская практика	
2.1.7	Спектроскопические методы анализа материалов	
2.1.8	Технологии получения материалов	
2.1.9	Введение в современные квантовые технологии ч.1	
2.1.10	Нелинейная физика	
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:	
2.2.1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	
2.2.2	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы	

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ

ПК-1: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов научных исследований в области квантовой физики	
Знать:	
ПК-1-31 Теоретические основы физики поверхностных явлений	
ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики, демонстрировать продвинутые навыки работы в лабораториях / мастерских, способность разрабатывать и проводить экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы	
Знать:	
ОПК-2-31 Теоретические основы физики объемных жидких кристаллов; Теоретические основы физики жидкокристаллических мембран	
ПК-1: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов научных исследований в области квантовой физики	
Уметь:	
ПК-1-У1 Применять методы теории упругости мембран	
ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики, демонстрировать продвинутые навыки работы в лабораториях / мастерских, способность разрабатывать и проводить экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы	
Уметь:	
ОПК-2-У1 Применять метод Гинзбурга-Ландау разложения свободной энергии по ориентационному и трансляционному параметрам порядка; Применять теорию регулярных растворов для построения фазовых диаграмм многокомпонентных мембран	
ПК-1: Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов научных исследований в области квантовой физики	
Владеть:	
ПК-1-В1 Иметь опыт расчета энергии деформации различных мембранных структур	

ОПК-2: Способен в сфере своей профессиональной деятельности осуществлять моделирование, анализ и эксперименты в целях проведения детального исследования, организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую деятельность для поиска, выработки и принятия решений в области физики, демонстрировать продвинутые навыки работы в лабораториях / мастерских, способность разрабатывать и проводить экспериментальные исследования, критически оценивать данные и делать выводы

Владеть:

ОПК-2-В1 Иметь опыт анализа фазовых переходов нематик - изотропная жидкость, нематик - смектик А; Иметь опыт расчета равновесных составов фаз многокомпонентных мембран

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	Раздел 1. Объемные жидкие кристаллы: классификация, описание, применение, фазовые переходы							
1.1	Объемные жидкие кристаллы: классификация, описание, применение, фазовые переходы. /Лек/	3	3	ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1			
1.2	Самостоятельная работа по теме "Объемные жидкие кристаллы". /Ср/	3	12	ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
1.3	Семинар. Объемные жидкие кристаллы: классификация, описание, применение, фазовые переходы. /Пр/	3	6	ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
	Раздел 2. Теория упругости объемных жидких кристаллов							
2.1	Теория упругости объемных жидких кристаллов /Лек/	3	2	ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1			
2.2	Теория упругости объемных жидких кристаллов /Пр/	3	4	ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
2.3	Теория упругости объемных жидких кристаллов /Ср/	3	8	ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
	Раздел 3. Лиотропные жидкие кристаллы							
3.1	Лиотропные жидкие кристаллы /Лек/	3	2	ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2 Э1			
3.2	Лиотропные жидкие кристаллы /Пр/	3	4	ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
3.3	Лиотропные жидкие кристаллы /Ср/	3	7	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
	Раздел 4. Теория упругости жидкокристаллических мембран							
4.1	Теория упругости жидкокристаллических мембран /Лек/	3	2	ОПК-2-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			

4.2	Теория упругости жидкокристаллических мембран /Пр/	3	4	ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
4.3	Теория упругости жидкокристаллических мембран /Ср/	3	8	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
	Раздел 5. Альтернативные теории упругости липидных мембран							
5.1	Альтернативные теории упругости липидных мембран /Лек/	3	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
5.2	Альтернативные теории упругости липидных мембран /Пр/	3	4	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
5.3	Альтернативные теории упругости липидных мембран /Ср/	3	8	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
	Раздел 6. Фазовые равновесия в многокомпонентных мембранах							
6.1	Фазовые равновесия в многокомпонентных мембранах /Лек/	3	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
6.2	Фазовые равновесия в многокомпонентных мембранах /Пр/	3	2	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
6.3	Фазовые равновесия в многокомпонентных мембранах /Ср/	3	8	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
	Раздел 7. Кинетика мембранных процессов и фазовых переходов в многокомпонентных мембранах							
7.1	Кинетика мембранных процессов и фазовых переходов в многокомпонентных мембранах /Лек/	3	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
7.2	Кинетика мембранных процессов и фазовых переходов в многокомпонентных мембранах /Пр/	3	4	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
7.3	Кинетика мембранных процессов и фазовых переходов в многокомпонентных мембранах /Ср/	3	8	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
	Раздел 8. Компоненты граничного потенциала мембран в растворе электролита							
8.1	Компоненты граничного потенциала мембран в растворе электролита /Лек/	3	2	ПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
8.2	Компоненты граничного потенциала мембран в растворе электролита /Пр/	3	4	ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			
8.3	Компоненты граничного потенциала мембран в растворе электролита /Ср/	3	7	ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2			

	Раздел 9. Контрольная работа							
9.1	Контрольная работа /Пр/	3	2	ОПК-2-31 ОПК-2-У1 ОПК-2-В1 ПК-1-31 ПК-1-У1 ПК-1-В1				P1

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	экзамен	ОПК-2-31;ПК-1-31	<ol style="list-style-type: none"> 1) Классификация объемных жидких кристаллов. Выражение Франка для энергии деформаций. 2) Теория среднего поля Майера-Заупе. Фазовый переход нематик — изотропная жидкость. 3) Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы. Фазовые диаграммы липид-вода. 4) Строение бислоевых липидных мембран. Функции и особенности строения биологических мембран. 5) Методы формирования бислоевых мембран в модельных системах. Свойства липидных монослоев, сформированных на границе вода-воздух. 6) Спонтанная кривизна монослоя. Методы измерения спонтанной кривизны. 7) Основные деформации: поперечный изгиб, наклон, растяжение/сжатие. Общее выражение Хэмма-Козлова для энергии деформаций. 8) Методы измерения модулей упругости. 9) Локальная объемная несжимаемость мембран. Изменение толщины монослоя при деформациях. 10) Равновесие мембраны Мюллера-Рудина с липидным резервуаром. 11) Энергия деформаций в простейших случаях: цилиндр, сфера, наклонная плоскость, тороидальная поверхность. 12) Энергия контакта двух плоских бислоев разной толщины; зависимость от латерального натяжения мембраны. 13) Феноменологическая модель Флори: углеводородные цепи липидов, как длинные гидрофобные полимеры. 14) Взаимодействие мембранных включений, опосредованное деформациями мембраны. Влияние граничных условий. 15) Пора в липидном бислое. Методы применения приближения малых деформаций для описания сильнодеформированных мембранных структур. 16) Топологические перестройки мембран: процессы слияния и деления. Роль этих процессов в жизнедеятельности клеток и вирусов. 17) Зависимость энергии двух плоских гидрофобных участков, разделенных тонким слоем воды, от толщины слоя. 18) Промежуточные структуры, формирующиеся в процессе слияния мембран. 19) Жизненный цикл оболочечных вирусов. Сборка и стабилизация розетки белков слияния за счет деформаций мембраны. 20) Катеноидальная микротрубка. Формирование цилиндрической липидной нанотрубки. 21) Равновесный радиус нанотрубки и критический радиус ее деления. 22) Определение механических параметров мембраны с помощью липидной нанотрубки. 23) Деление клеточных мембран, опосредованное белком динамином. Основные модели работы белка.

			<p>24) Зависимость энергии тонкого гидрофобного цилиндра, заполненного водой, от его радиуса.</p> <p>25) Иерархия липид-белковых структур в биологических мембранах. Роль рафтов в процессах жизнедеятельности клеток.</p> <p>26) Свойства липидных рафтов в модельных мембранах. Методы исследования рафтов.</p> <p>27) Применение флуоресцентной микроскопии для исследования рафтов.</p> <p>28) Атомная силовая и сканирующая зондовая микроскопии.</p> <p>29) Определение механических параметров рафтов.</p> <p>30) Фазовые диаграммы двух-, трех- и многокомпонентных мембран.</p> <p>31) Свободная энергия участка двухкомпонентной мембраны в рамках теории регулярных растворов.</p> <p>32) Проблема стабильности малых доменов. Возможные механизмы стабилизации малых доменов.</p> <p>33) Основные стадии фазового перехода в многокомпонентной мембране.</p> <p>34) Методы измерения линейного натяжения границы рафтов.</p> <p>35) Связь величины линейного натяжения с амплитудой тепловых флуктуаций формы границы доменов</p> <p>36) Механическая модель, основанная на гидрофобном несоответствии.</p> <p>37) Модель Гугенгейма химической компоненты линейного натяжения границы рафта.</p> <p>38) Явление смачивания в трехмерных системах. Каталог Лифшица смачивающих пленок.</p> <p>39) Смачивание белков липидами. Энтропийная модель граничной энергии.</p> <p>40) Смачивание белков липидами. Механическая модель граничной энергии.</p> <p>41) Бислойная структура рафтов. Измерение энергии сопряжения монослоев в экспериментах с заряженным липидом.</p> <p>42) Фазовая диаграмма мембраны, содержащей небислоиные липиды со спонтанной кривизной противоположного знака. Рифление мембраны.</p> <p>43) Структура двойного электрического слоя.</p> <p>44) Методы измерения компонентов мембранного потенциала.</p> <p>45) Электрофорез. Уравнение Смолуховского.</p> <p>46) Метод компенсации внутримембранного поля.</p> <p>47) Электропорация. Электрический пробой мембраны.</p> <p>48) Методы измерения поверхностного натяжения мембраны и линейного натяжения кромки поры в бислое.</p> <p>49) Ионные каналы. Работа Na^+, K^+-АТФазы</p>
--	--	--	--

5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Семестровая Контрольная работа	ОПК-2-У1;ОПК-2-В1;ПК-1-У1;ПК-1-В1;ПК-1-31;ОПК-2-31	<p>Примеры задач:</p> <p>1. Образец объемного нематического жидкого кристалла расположен между двумя поверхностями сильного сцепления с параллельной ориентацией директора. Расстояние между пластинами равно d. Одну из пластин повернули на угол α. Найти распределение директора между пластинами.</p> <p>2. Две плоские бислойные липидные мембраны, исходно расположенные на расстоянии $D = 3$ нм, слились с образованием тороидальной поры слияния. Считая толщину монослоя равной $h = 2$ нм, толщину зоны полярных голов липида равной $rh = 0,5$ нм, модуль изгиба монослоя мембраны равным $B = 10$ кВТ, вычислить энергию изгиба тороидальной поры слияния, радиус которой в самом узком месте составляет $R = 1$ нм.</p>

5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)

Пример экзаменационного билета в Приложении.

Билет 1.

1. Методы формирования бислойных мембран в модельных системах. Свойства липидных монослоев, сформированных на границе вода-воздух.
2. Зависимость энергии тонкого гидрофобного цилиндра, заполненного водой, от его радиуса.

Билет 2.

1. Иерархия липид-белковых структур в биологических мембранах. Роль рафтов в процессах жизнедеятельности клеток.
2. Основные стадии фазового перехода в многокомпонентной мембране.

5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)

Оценка «отлично» или «хорошо» ставится, если студент полно излагает изученный материал, обнаруживает понимание специфики вопроса, дает правильное определение основных понятий речевой коммуникации; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка; владеет навыками языкового анализа. Ответ не содержит фактические ошибки.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если студент дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, т.е. обнаруживает понимание специфики вопроса, но при ответе не демонстрирует достаточной обоснованности суждений, и/или отчасти подменяет рассуждения пересказом текста, и/или допускает одну фактическую ошибку.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если студент обнаруживает незнание большей части материала, неверно отвечает на вопрос, даёт ответ, который содержательно не соотносится с поставленной задачей, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно излагает материал.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Де Ж. П., Сонин А. С.	Физика жидких кристаллов	Электронная библиотека	Москва: Мир, 1977
Л1.2	Перевалов В. С.	Сборник курсовых заданий по теоретической механике: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Московский государственный горный университет, 2003

6.1.2. Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л2.1	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П.	Т. 10: Физическая кинетика	Библиотека МИСиС	, 1979
Л2.2	Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.	Т.5: Статистическая физика	Библиотека МИСиС	, 1964

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Жидкие кристаллы	http://kuto1.narod.ru/KAFSGUPS/3.pdf
----	------------------	---

6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft Office
П.2	LMS Canvas
П.3	MS Teams

6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	— Научная электронная библиотека eLIBRARY https://elibrary.ru/
И.2	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science https://apps.webofknowledge.com
И.3	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus https://www.scopus.com/
И.4	— наукометрическая система InCites https://apps.webofknowledge.com
И.5	— научные журналы издательства Elsevier https://www.sciencedirect.com/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Ауд.	Назначение	Оснащение
------	------------	-----------

Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Любой корпус Мультимедийная	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа и/или для проведения практических занятий:	комплект учебной мебели до 36 мест для обучающихся, мультимедийное оборудование, магнитно-маркерная доска, рабочее место преподавателя, ПКс доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus
Читальный зал электронных ресурсов		комплект учебной мебели на 55 мест для обучающихся, 50 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Canvas, лицензионные программы MS Office, MS Teams, ESET Antivirus.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Обучение организуется в соответствии с настоящей программой. При самостоятельной работе можно использовать электронную версию конспекта.

Освоение каждого раздела курса необходимо начинать с изучения лекционного материала: конспекта лекции, рекомендуемой литературы. Критерием успешного освоения лекционного материала для каждого студента могут служить результаты самоконтроля. Если студент оказывается способным справиться с большинством предлагаемых в каждом разделе дисциплины контрольных вопросов, тестов и задач, значит, процесс освоения материала идет успешно.