

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:

ФИО: Исаев Игорь Магомедович

Должность: Проректор по безопасности и общим вопросам

Дата подписания: 02.08.2023 16:39:45

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)

# Physics of Liquid-crystal Membranes / Физика жидкокристаллических мембран

Закреплена за подразделением

Кафедра теоретической физики и квантовых технологий

Направление подготовки

03.04.02 ФИЗИКА

Профиль

Quantum Physics for Advanced Materials Engineering/ Квантовая физика для  
современной инженерии материалов

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	
	Неделя			
	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

**Physics of Liquid-crystal Membranes / 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\_МФ3-22-3А.plx Quantum Physics for Advanced Materials Engineering/ Квантовая физика для современной инженерии материалов, 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, Quantum Physics for Advanced Materials Engineering/ Квантовая физика для современной инженерии материалов, 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 23.06.2022 г., №7/22

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.03
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>	
2.1.1	Electron Theory of Metals / Электронная теория металлов	
2.1.2	Electronic Properties of Quantum Confined Semiconductor Heterostructures / Электронные свойства квантово-ограниченных полупроводниковых гетероструктур	
2.1.3	Foreign Language (English / Russian) / Иностранный язык (Английский / Русский)	
2.1.4	Scientific research / Научно-исследовательская практика	
2.1.5	Project Management / Управление проектами	
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>	
2.2.1	Master's Thesis / Преддипломная практика	
2.2.2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	

**3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**

<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>	
<b>Знать:</b>	
ОПК-1-31 Теоретические основы физики объемных жидких кристаллов	
ОПК-1-32 Теоретические основы физики жидкокристаллических мембран	
<b>ПК-3: Способен проводить экспериментальные и теоретические исследования физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-3-У1 Применять теорию регулярных растворов для построения фазовых диаграмм многокомпонентных мембран	
ПК-3-У2 Применять методы теории упругости мембран	
<b>ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания в области физики, знания в междисциплинарных областях для решения научно-исследовательских задач, а также владеть основами педагогики, необходимыми для осуществления преподавательской деятельности</b>	
<b>Уметь:</b>	
ОПК-1-У1 Применять метод Гинзбурга-Ландау разложения свободной энергии по ориентационному и трансляционному параметрам порядка	
<b>ПК-3: Способен проводить экспериментальные и теоретические исследования физических процессов, в том числе, в рамках научно-исследовательских, опытно-технологических или опытно-конструкторских работ выполняемых в рамках тематик организаций</b>	
<b>Владеть:</b>	
ПК-3-В2 Иметь опыт расчета энергии деформации различных мембранных структур	
ПК-3-В1 Иметь опыт расчета равновесных составов фаз многокомпонентных мембран	
<b>УК-3: Способен использовать различные методы ясного и недвусмысленного формулирования своих выводов, знаний и обоснований для специализированной и неспециализированной аудиторий в национальном и международном контекстах, организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели</b>	
<b>Владеть:</b>	
УК-3-В1 Иметь опыт анализа фазовых переходов нематик - изотропная жидкость, нематик - смектик А	

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
	<b>Раздел 1. Объемные жидкие кристаллы: классификация, применение, фазовые переходы /Bulk liquid crystals: classification, application, phase transitions</b>							
1.1	Объемные жидкие кристаллы: классификация, описание, применение, фазовые переходы / Bulk liquid crystals: classification, application, phase transitions /Лек/	3	3	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
1.2	Самостоятельная работа по теме "Объемные жидкие кристаллы" /Self-study on the topic "Volumetric liquid crystals". /Ср/	3	12	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
1.3	Семинар. Объемные жидкие кристаллы: классификация, описание, применение, фазовые переходы / Seminar. Bulk liquid crystals: classification, description, application, phase transitions. /Пр/	3	6	ОПК-1-31 УК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
	<b>Раздел 2. Теория упругости объемных жидких кристаллов / Theory of elasticity of bulk liquid crystals</b>							
2.1	Теория упругости объемных жидких кристаллов / Theory of elasticity of bulk liquid crystals /Лек/	3	2	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
2.2	Теория упругости объемных жидких кристаллов /Theory of elasticity of bulk liquid crystals /Пр/	3	4	ОПК-1-31 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
2.3	Теория упругости объемных жидких кристаллов /Theory of elasticity of bulk liquid crystals /Ср/	3	8	ОПК-1-31 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
	<b>Раздел 3. Лиотропные жидкие кристаллы /Lyotropic liquid crystals</b>							
3.1	Лиотропные жидкие кристаллы /Lyotropic liquid crystals /Лек/	3	2	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
3.2	Лиотропные жидкие кристаллы /Lyotropic liquid crystals /Пр/	3	4	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			

3.3	Лиотропные жидкие кристаллы /Lyotropic liquid crystals /Cp/	3	7	ОПК-1-31 УК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
	<b>Раздел 4. Теория упругости жидкокристаллических мембран /Theory of elasticity of liquid crystal membranes</b>							
4.1	Теория упругости жидкокристаллических мембран /Theory of elasticity of liquid crystal membranes /Лек/	3	2	ПК-3-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
4.2	Теория упругости жидкокристаллических мембран /Theory of elasticity of liquid crystal membranes /Пр/	3	4	ПК-3-У2 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
4.3	Теория упругости жидкокристаллических мембран /Theory of elasticity of liquid crystal membranes /Cp/	3	8	ПК-3-У2 ПК-3-В2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
	<b>Раздел 5. Альтернативные теории упругости липидных мембран /Alternative theories of lipid membrane elasticity</b>							
5.1	Альтернативные теории упругости липидных мембран /Alternative theories of lipid membrane elasticity /Лек/	3	2	ОПК-1-32 ПК-3-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
5.2	Альтернативные теории упругости липидных мембран /Alternative theories of lipid membrane elasticity /Пр/	3	4	ОПК-1-32 ПК-3-У2	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
5.3	Альтернативные теории упругости липидных мембран /Alternative theories of lipid membrane elasticity /Cp/	3	8	ПК-3-У2 ПК-3-В2 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
	<b>Раздел 6. Фазовые равновесия в многокомпонентных мембранах /Phase equilibria in multicomponent membranes</b>							
6.1	Фазовые равновесия в многокомпонентных мембранах /Phase equilibria in multicomponent membranes /Лек/	3	2	ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
6.2	Фазовые равновесия в многокомпонентных мембранах /Phase equilibria in multicomponent membranes /Пр/	3	4	ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			

6.3	Фазовые равновесия в многокомпонентных мембранах / Phase equilibria in multicomponent membranes /Ср/	3	8	ОПК-1-У1 ПК-3-У1 ПК-3-В1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
	<b>Раздел 7. Кинетика мембранных процессов и фазовых переходов в многокомпонентных мембранах /Kinetics of membrane processes and phase transitions in multicomponent membranes</b>							
7.1	Кинетика мембранных процессов и фазовых переходов в многокомпонентных мембранах /Kinetics of membrane processes and phase transitions in multicomponent membranes /Лек/	3	2	ОПК-1-32	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
7.2	Кинетика мембранных процессов и фазовых переходов в многокомпонентных мембранах /Kinetics of membrane processes and phase transitions in multicomponent membranes /Пр/	3	4	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
7.3	Кинетика мембранных процессов и фазовых переходов в многокомпонентных мембранах /Kinetics of membrane processes and phase transitions in multicomponent membranes /Ср/	3	8	ОПК-1-31	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
	<b>Раздел 8. Компоненты граничного потенциала мембран в растворе электролита /Components of the boundary potential of membranes in an electrolyte solution</b>							
8.1	Компоненты граничного потенциала мембран в растворе электролита /Components of the boundary potential of membranes in an electrolyte solution /Лек/	3	2	ОПК-1-32 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
8.2	Компоненты граничного потенциала мембран в растворе электролита /Components of the boundary potential of membranes in an electrolyte solution /Пр/	3	2	ОПК-1-32 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			

8.3	Компоненты граничного потенциала мембран в растворе электролита /Components of the boundary potential of membranes in an electrolyte solution /Ср/	3	5	ОПК-1-31 ПК-3-У1	Л1.1 Л1.2Л2.1 Л2.2Л3.1			
	<b>Раздел 9. Выполнение курсовой работы /Completion of course work</b>							
9.1	Выполнение курсовой работы /Completion of course work /Ср/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 ОПК-1-У1 ПК-3-В1 ПК-3-В2 УК-3-В1	Л3.1			
	<b>Раздел 10. Контрольная работа / Control paper</b>							
10.1	Контрольная работа / Control paper /Пр/	3	2	ОПК-1-31 ОПК-1-32 УК-3-В1 ПК-3-В1 ПК-3-В2	Л3.1			

### 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 /Exam	ОПК-1-31;ОПК-1-32	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Классификация объемных жидких кристаллов. Выражение Франка для энергии деформаций.</li> <li>2) Теория среднего поля Майера-Заупе. Фазовый переход нематик — изотропная жидкость.</li> <li>3) Термотропные и лиотропные жидкие кристаллы. Фазовые диаграммы липид-вода.</li> <li>4) Строение бислоевых липидных мембран. Функции и особенности строения биологических мембран.</li> <li>5) Методы формирования бислоевых мембран в модельных системах. Свойства липидных монослоев, сформированных на границе вода-воздух.</li> <li>6) Спонтанная кривизна монослоя. Методы измерения спонтанной кривизны.</li> <li>7) Основные деформации: поперечный изгиб, наклон, растяжение/сжатие. Общее выражение Хэмма-Козлова для энергии деформаций.</li> <li>8) Методы измерения модулей упругости.</li> <li>9) Локальная объемная несжимаемость мембран. Изменение толщины монослоя при деформациях.</li> <li>10) Равновесие мембраны Мюллера-Рудина с липидным резервуаром.</li> <li>11) Энергия деформаций в простейших случаях: цилиндр, сфера, наклонная плоскость, тороидальная поверхность.</li> <li>12) Энергия контакта двух плоских бислоев разной толщины; зависимость от латерального натяжения мембраны.</li> <li>13) Феноменологическая модель Флори: углеводородные цепи липидов, как длинные гидрофобные полимеры.</li> <li>14) Взаимодействие мембранных включений, опосредованное деформациями мембраны. Влияние граничных условий.</li> <li>15) Пора в липидном бислое. Методы применения приближения малых деформаций для описания сильнодеформированных мембранных структур.</li> <li>16) Топологические перестройки мембран: процессы слияния и деления. Роль этих процессов в жизнедеятельности клеток и вирусов.</li> </ol>

		<p>17) Зависимость энергии двух плоских гидрофобных участков, разделенных тонким слоем воды, от толщины слоя.</p> <p>18) Промежуточные структуры, формирующиеся в процессе слияния мембран.</p> <p>19) Жизненный цикл оболочечных вирусов. Сборка и стабилизация розетки белков слияния за счет деформаций мембраны.</p> <p>20) Катеноидальная нанотрубка. Формирование цилиндрической липидной нанотрубки.</p> <p>21) Равновесный радиус нанотрубки и критический радиус ее деления.</p> <p>22) Определение механических параметров мембраны с помощью липидной нанотрубки.</p> <p>23) Деление клеточных мембран, опосредованное белком динамином. Основные модели работы белка.</p> <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 небислойные 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 <math>Na^+, K^+</math>-АТФазы</p> <p>/</p> <p>1) Classification of bulk liquid crystals. Frank's expression for the strain energy.</p> <p>2) Meyer-Saupe mean field theory. Phase transition nematic - isotropic liquid.</p> <p>3) Thermotropic and lyotropic liquid crystals. Phase diagrams of lipid-water.</p>
--	--	--



- |  |  |  |
|--|--|--|
|  |  | <p>4) The structure of bilayer lipid membranes. Functions and features of the structure of biological membranes.</p> <p>5) Methods for the formation of bilayer membranes in model systems. Properties of lipid monolayers, formed at the water-air interface.</p> <p>6) Spontaneous curvature of the monolayer. Methods for measuring spontaneous curvature.</p> <p>7) Basic deformations: transverse bending, tilt, tension/compression. General Hamm-Kozlov expression for strain energy.</p> <p>8) Methods for measuring the moduli of elasticity.</p> <p>9) Local volumetric incompressibility of membranes. Change in the thickness of the monolayer under deformations.</p> <p>10) Equilibrium of the Müller-Rudin membrane with a lipid reservoir.</p> <p>11) Strain energy in the simplest cases: cylinder, sphere, inclined plane, toroidal surface.</p> <p>12) Contact energy of two planar bilayers of different thicknesses; dependence on the lateral tension of the membrane.</p> <p>13) Flory's phenomenological model: hydrocarbon chains of lipids as long hydrophobic polymers.</p> <p>14) Interaction of membrane inclusions mediated by membrane deformations. Influence of boundary conditions.</p> <p>15) Pore in the lipid bilayer. Methods for applying the small strain approximation to describe highly deformed membrane structures.</p> <p>16) Topological rearrangements of membranes: processes of fusion and fission. The role of these processes in life cells and viruses.</p> <p>17) Dependence of the energy of two flat hydrophobic regions separated by a thin layer of water on the thickness of the layer.</p> <p>18) Intermediate structures formed during membrane fusion.</p> <p>19) Life cycle of enveloped viruses. Assembly and stabilization of the fusion protein rosette through deformations membranes.</p> <p>20) Catenoidal microtube. Formation of a cylindrical lipid nanotube.</p> <p>21) The equilibrium radius of the nanotube and the critical radius of its fission.</p> <p>22) Determination of the mechanical parameters of the membrane using a lipid nanotube.</p> <p>23) Division of cell membranes mediated by the protein dynamin. Basic models of how proteins work.</p> <p>24) Dependence of the energy of a thin hydrophobic cylinder filled with water on its radius.</p> <p>25) Hierarchy of lipid-protein structures in biological membranes. The role of rafts in life processes cells.</p> <p>26) Properties of lipid rafts in model membranes. Raft research methods.</p> <p>27) The use of fluorescence microscopy for the study of rafts.</p> <p>28) Atomic force and scanning probe microscopy.</p> <p>29) Determination of mechanical parameters of rafts.</p> <p>30) Phase diagrams of two-, three- and multicomponent membranes.</p> <p>31) Free energy of a section of a two-component membrane in the framework of the theory of regular solutions.</p> <p>32) The problem of stability of small domains. Possible mechanisms for stabilization of small domains.</p> <p>33) The main stages of the phase transition in a multicomponent membrane.</p> <p>34) Methods for measuring the linear tension of the raft boundary.</p> <p>35) Relationship between the magnitude of linear tension and the amplitude of thermal fluctuations in the shape of the domain boundary</p> <p>36) Mechanical model based on hydrophobic mismatch.</p> <p>37) Guggenheim model of the chemical component of the linear tension of the raft boundary.</p> <p>38) The phenomenon of wetting in three-dimensional systems. Lifshitz's catalog of wetting films.</p> <p>39) Wetting of proteins with lipids. Entropy model of boundary energy.</p> |
|--|--|--|

			<p>40) Wetting of proteins with lipids. Mechanical model of boundary energy.</p> <p>41) Bilayer structure of rafts. Measurement of the conjugation energy of monolayers in experiments with charged lipid.</p> <p>42) Phase diagram of a membrane containing non-bilayer lipids with a spontaneous curvature of the opposite sign. Membrane corrugation.</p> <p>43) The structure of the double electric layer.</p> <p>44) Methods for measuring the components of the membrane potential.</p> <p>45) Electrophoresis. Smoluchowski's equation.</p> <p>46) Method of intramembrane field compensation.</p> <p>47) Electroporation. Electrical breakdown of the membrane.</p> <p>48) Methods for measuring the surface tension of the membrane and the linear tension of the pore edge in the bilayer.</p> <p>49) Ionic channels. The work of <math>\text{Na}^+</math>, <math>\text{K}^+</math>-ATPase</p>
<p><b>5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (модулю, практике, НИР) - эссе, рефераты, практические и расчетно-графические работы, курсовые работы, проекты и др.</b></p>			<p>Примеры задач контрольной работы (компетенции УК-7.3-У1, ПК-1.1-У1, УК-7.1-У1, УК-7.3-В1, ПК-1.1-В1, УК-7.1-В1)</p> <p>1. A sample of bulk liquid crystal is situated between to plates of tight coupling inducing parallel orientation of director. The distance between the plates is <math>d</math>. One of the plates is rotated by the angle <math>\alpha</math>. Determine the distribution of the director between the plates.</p> <p>2. Two flat bilayer lipid membranes, initially located at a distance of <math>D = 3</math> nm, merged to form a toroidal fusion pore. Assuming the thickness of the monolayer to be <math>h = 2</math> nm, the thickness of the zone of the polar heads of the lipid equal to <math>r_h = 0.5</math> nm, and the splay modulus of the membrane monolayer equal to <math>B = 10</math> kBT, calculate the bending energy of the toroidal pore of fusion, the radius of which at the narrowest point is <math>R = 1</math> nm.</p> <p>Примеры тем курсовых работ (компетенции УК-7.3-У1, ПК-1.1-У1, УК-7.1-У1, УК-7.3-В1, ПК-1.1-В1, УК-7.1-В1):</p> <p>1. Fluctuations in liquid crystals.</p> <p>2. Hydration forces in processes of membrane interaction.</p>
<p><b>5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (описание билетов, тестов и т.п.)</b></p>			<p>Экзаменационное задание 1.</p> <p>1. Методы формирования бислойных мембран в модельных системах. Свойства липидных монослоев, образующихся на границе вода-воздух.</p> <p>2. Зависимость энергии тонкого гидрофобного цилиндра, наполненного водой, от его радиуса.</p> <p>Экзаменационное задание 2.</p> <p>1. Иерархия липидно-белковых структур в биологических мембранах. Роль рафтов в процессах жизнедеятельности клеток.</p> <p>2. Основные этапы фазового перехода в многокомпонентной мембране. /</p> <p>Пример экзаменационного билета в Приложении.</p> <p>Exam task 1.</p> <p>1. Methods for the formation of bilayer membranes in model systems. Properties of lipid monolayers formed at the water-air interface.</p> <p>2. Dependence of the energy of a thin hydrophobic cylinder filled with water on its radius.</p> <p>Exam task 2.</p> <p>1. Hierarchy of lipid-protein structures in biological membranes. The role of rafts in the vital processes of cells.</p> <p>2. The main stages of the phase transition in a multicomponent membrane.</p>

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

Оценка «отлично» или «хорошо» ставится, если студент полностью излагает изученный материал, выявляет понимание специфики вопроса, дает правильное определение основных понятий речевого общения; раскрывает понимание материала, может обосновывать свои суждения, применять знания на практике, приводить необходимые примеры, самостоятельно составленные; представляет материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка; владеет навыками языкового анализа. Ответ не содержит фактических ошибок.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если учащийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, т. е. выявляет понимание специфики вопроса, но при ответе не демонстрирует достаточную обоснованность суждений и / или частично заменяет рассуждение пересказом. текста и / или допускает одну фактическую ошибку.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если ученик обнаруживает незнание большей части материала, неверно отвечает на вопрос, дает ответ, не соответствующий поставленной задаче, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающих их смысл, и случайным образом представляет материал.

The mark "excellent" or "good" is given if the student fully sets out the studied material, reveals an understanding of the specifics of the question, gives the correct definition of the basic concepts of speech communication; reveals an understanding of the material, can justify his judgments, apply knowledge in practice, give the necessary examples, independently compiled; presents the material consistently and correctly from the point of view of the norms of the literary language; possesses the skills of language analysis.

The answer does not contain factual errors.

The mark "satisfactory" is given if the student gives an answer that satisfies the same requirements, i.e. reveals an understanding of the specifics of the question, but when answering does not demonstrate sufficient validity of judgments, and / or partially replaces reasoning with a retelling of the text, and / or makes one factual error.

The grade "unsatisfactory" is given if a student discovers ignorance of most of the material, answers the question incorrectly, gives an answer that does not correspond to the task at hand, makes mistakes in the formulation of definitions and rules that distort their meaning, and randomly presents the material.

### 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

##### 6.1.3. Методические разработки

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л3.1	Логинова Н. П., Климова М. В.	Курсовые и дипломные работы: структура, оформление, порядок защиты: учебно-методическое пособие	Электронная библиотека	Елец: Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина, 2010

#### 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Э1	Жидкие кристаллы	<a href="http://kuto1.narod.ru/KAFSGUPS/3.pdf">http://kuto1.narod.ru/KAFSGUPS/3.pdf</a>
----	------------------	---

#### 6.3 Перечень программного обеспечения

П.1	Microsoft PowerPoint
-----	----------------------

#### 6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных

И.1	— Научная электронная библиотека eLIBRARY <a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
И.2	— аналитическая база (индексы цитирования) Web of Science <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.3	— аналитическая база (индексы цитирования) Scopus <a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>

И.4	— наукометрическая система InCites <a href="https://apps.webofknowledge.com">https://apps.webofknowledge.com</a>
И.5	— научные журналы издательства Elsevier <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>

### 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
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.
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

### 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.