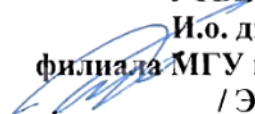


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
ФИЛИАЛ МГУ В Г. ДУБНЕ



УТВЕРЖДАЮ  
И.о. директора  
филиала МГУ в г.Дубне

 / Э.Э. Боос /  
« 14 » 09 2022 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Наименование дисциплины:**

Липидные наноструктуры

---

**Уровень высшего образования:**

Магистратура

---

**Направление подготовки:**

03.04.02 Физика

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Фундаментальная и прикладная ядерная физика

---

**Форма обучения:** Очная форма обучения

---

Дубна 2022 г.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки программы магистратуры 03.04.02 «Физика».

Год (годы) приема на обучение \_\_\_\_\_

**Авторы–составители:**

1. доктор физ.-мат. наук, Киселев Михаил Алексеевич, по совместительству  
доцент физического факультета МГУ

**Руководитель магистерской программы:**

Доктор физ.-мат. наук, академик РАН Г.В. Трубников, по совместительству  
заведующий кафедрой физического факультета МГУ

## **Аннотация к рабочей программе дисциплины «Липидные наноструктуры»**

В курсе содержатся базовые знания о принципах исследования наноструктуры и свойств различных липидных систем на современных нейтронных и синхротронных источниках. В рамках курса студенты познакомятся с основными методами определения наноструктуры биологических объектов при использовании рассеяния нейтронов и рентгеновского синхротронного излучения, а также с современными проблемами биофизики и фармакологии, решаемых методами рассеяния нейтронов и рентгеновского синхротронного излучения. Студенты получат знания о технологиях приготовления липидных систем, применяемых в фармакологии, а также ознакомятся с несколькими современными исследованиями, выполненными в различных европейских центрах.

### **Разделы рабочей программы**

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Формат обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Липидные наноструктуры» реализуется на 1-ом курсе во 1-ом семестре магистратуры и входит в состав вариативной части.

## 2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Базовые знания в области общей и теоретической физики в объеме классических университетских курсов.

## 3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<b>МПК-2</b> Способен ставить, формализовать и решать задачи в области фундаментальной и прикладной ядерной физики	<b>ИМПК-2.4</b> Знает основные и перспективные направления фундаментальной и прикладной ядерной физики	Знать: понятия, связанные с липидами, их особенности, области применения. Уметь: описывать в общем процессы, связанные с липидными наноструктурами. Владеть: знаниями о современных и перспективных методах использования липидных наноструктур.

2. **Форма обучения:** очная.

3. **Язык обучения:** русский.

4. **Содержание дисциплины**

*Тема 1. Липиды.*

Функциональная роль липидов в клетке и их многообразие, липиды как основа построения переносчиков лекарств и пищевых добавок, измеряемые параметры липидных наноструктур. Методы исследования липидных наноструктур: нейтронные и синхротронные источники, плотность длины рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей, дифракция, малоугловое рассеяние, рефлектометрия.

*Тема 2. Липидные наноструктуры.*

Мицеллы, критическая концентрация мицеллообразования, бислоя, условия образования бислоя, радиус кривизны, многослойные везикулы и липосомы, однослойные везикулы, самосборка липидной мембраны, мицелло-везикулярный переход. Фосфолипиды и их

физико-химические свойства: фазовая диаграмма, термотропные фазовые переходы, лиотропные фазовые переходы.

*Тема 3. Структура и свойства липидной матрицы верхнего слоя кожи.*

Церамиды, наноструктура нативной матрицы, наноструктура и свойства модельных мембран, дифракция нейтронов на ориентированных многослойных мембранах, переносчики лекарств через кожу, кремы и мази на основе церамидов Свободная и связанная вода в липидных наноструктурах: свойства связанной воды в обратных мицеллах, фазовые переходы свободной и связанной воды при охлаждении липосом, охлаждение биоматерии и криопротекторы, ламеллярная и латеральная дифракция на синхротронных источниках в реальном времени, диметилсульфоксид и его уникальные свойства.

*Тема 4. Переносчики лекарств.*

Наночастицы и нанокапсулы, методы исследования наноструктуры наночастиц и нанокапсул на нейтронных и синхротронных источниках, везикулярные переносчики лекарств, метод разделенных форм-факторов для исследования наноструктуры и свойств везикул, трансдермальные везикулярные переносчики лекарств, деформация формы везикул в сильных магнитных полях. Вариация контраста при рассеянии нейтронов и рентгеновских лучей: использование D2O в малоугловом рассеянии нейтронов, использование водных растворов дисахаридов в малоугловом рассеянии синхротронного излучения в рентгеновском диапазоне, влияние водных растворов дисахаридов на структуру и свойства липидных наносистем.

**7. Объем дисциплины**

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах					Самостоятельная работа студентов
		Общая трудоемкость	в том числе ауд.занятий			Учебно-практические занятия	
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров		
Липидные наноструктуры	2	72	36	18	18	36	

**8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий**

Изучение курса «Липидные наноструктуры» включает в себя лекции, на которых рассматривается теоретическое содержание курса; семинарские занятия, предусматривающие углубленное изучение и обсуждение вопросов, обозначенных в темах дисциплины; самостоятельную работу, заключающуюся в подготовке к лекционным и семинарским занятиям. Темы, рассматриваемые на лекциях и изучаемые самостоятельно, закрепляются на семинарских занятиях, по вопросам, вызывающим затруднения, проводятся консультации.

№ тем ы		Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Са мо ст оя те ль на я ра бо та	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Вс его ча со в	Л е к ц и и	С е м и н а р ы	Учебно- практичес кие занятия (лаборато рные или практичес кие занятия)			
1	Липиды	17	4	5		8	Оп	
2	Липидные наноструктуры	17	4	5		8	КР	
3	Структура и свойства липидной матрицы верхнего слоя кожи	16	5	4		7	КР	
4	Переносчики лекарств	16	5	4		7	Оп	
	Промежуточная аттестация	<b>6</b>				<b>6</b>	экзамен	
<b>ИТОГО:</b>		<b>72</b>	<b>1 8</b>	<b>1 8</b>		<b>36</b>		

ДЗ- домашнее задание, Оп- опрос, КР- контрольная работа, Т- тестирование

### 9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль по дисциплине «Липидные наноструктуры» осуществляется на лекциях и семинарских занятиях и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Липидные наноструктуры» проводится в первом семестре в форме экзамена.

Результаты сдачи экзамена оцениваются по шкале «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично». Оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» означают успешное прохождение промежуточной аттестации.

### 10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
<b>Оценочные средства текущего контроля</b>		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Собеседование (в форме беседы, дискуссии по теме)	Средство контроля, организованное как свободная беседа, дискуссия по тематике изучаемой дисциплины, рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по всем изученным разделам, темам; свободного использования терминологии для аргументированного выражения собственной позиции.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины
Тестирование	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний аспиранта по изученной теме.	Образцы тестов
<b>Оценочные средства промежуточной аттестации</b>		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к экзамену
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков по для оценивания и анализа различных фактов и явлений в своей профессиональной области.	Требования к порядку проведения собеседования

## 11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
ЗНАТЬ: понятия, связанные с липидами, их особенности, области применения	Отсутствие знаний понятий, связанных с липидами, их особенностей, областей применения	В целом успешные, но не систематически знания понятий, связанных с липидами, их особенностей, областей применения	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания понятий, связанных с липидами, их особенностей, областей применения	Успешные и систематические знания понятий, связанных с липидами, их особенностей, областей применения

УМЕТЬ: описывать в общем процессы, связанные с липидными наноструктура ми	Отсутствие умения описывать в общем процессы, связанные с липидными наноструктурам и	В целом успешное, но не систематическо е умение описывать в общем процессы, связанные с липидными наноструктура ми	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы умение описывать в общем процессы, связанные с липидными наноструктура ми	Успешное и систематическое умение описывать в общем процессы, связанные с липидными наноструктурам и
ВЛАДЕТЬ: знаниями о современных и перспективных методах использования липидных наноструктур	Отсутствие/фра гментарное владение знаниями о современных и перспективных методах использования липидных наноструктур	В целом успешное, но не систематическо е владение знаниями о современных и перспективных методах использования липидных наноструктур	В целом успешно е, но содержащее отдельные пробелы владение знаниями о современных и перспективных методах использования липидных наноструктур	Успешное и систематическое владение знаниями о современных и перспективных методах использования липидных наноструктур

## 12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

### *Материалы текущего контроля успеваемости обучающихся*

*Задачи можно найти по адресу:*

#### **Пример:**

##### Вопросы по теории:

1. Амфифильные молекулы.
2. Малоугловое рассеяние нейтронов и рентгеновских лучей на сферических частицах. Контраст. .
3. Морфология липидных агрегатов.
4. Дифракция нейтронов и рентгеновских лучей.
5. Рефлектометрия рентгеновских лучей от тонких пленок.

##### Задачи:

1. Рассчитать положения дифракционных пиков от многослойной липидной мембраны с периодов повторяемости 6 нм.
2. Рассчитать пространственное разрешение дифракционного эксперимента на многослойной липидной мембране, если положение последнего (пятого) дифракционного пика соответствует значению вектора рассеяния  $5 \text{ нм}^{-1}$ .



3. Определить необходимый интервал обратного пространства для измерения кривой малоуглового рассеяния от сферической частицы радиуса 25 нм с ядром радиуса 10 нм.
4. Рассчитать концентрацию D<sub>2</sub>O в H<sub>2</sub>O, при которой плотность длины рассеяния нейтрона будет равняться нулю.

### **13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

Экзамен состоит из двух частей.

Первая письменная, в виде теста: студенты группы прежде чем получить билет должны в течение 10 мин экзамена ответить на 10 вопросов по материалу сдаваемого курса.

Вторая часть устная – ответ на вопросы.

#### ***Материалы промежуточной аттестации обучающихся***

##### Вопросы к экзамену:

1. Функциональная роль липидов в клетке и их многообразие.
2. Липиды как основа построения переносчиков лекарств и пищевых добавок, измеряемые параметры липидных наноструктур.
3. Методы исследования липидных наноструктур: нейтронные и синхротронные источники, плотность длины рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей.
4. Методы исследования липидных наноструктур: дифракция, малоугловое рассеяние, рефлектометрия.
5. Липидные наноструктуры: мицеллы, критическая концентрация мицеллообразования, бислои, условия образования бислоя, радиус кривизны.
6. Многослойные везикулы и липосомы, однослойные везикулы, самосборка липидной мембраны, мицелло-везикулярный переход.
7. Фосфолипиды и их физико-химические свойства: фазовая диаграмма, термотропные фазовые переходы, лиотропные фазовые переходы.
8. Структура и свойства липидной матрицы верхнего слоя кожи: керамида, наноструктура нативной матрицы, наноструктура и свойства модельных мембран.
9. Дифракция нейтронов на ориентированных многослойных мембранах.
10. Переносчики лекарств через кожу, кремы и мази на основе керамидов.
11. Свободная и связанная вода в липидных наноструктурах: свойства связанной воды в обратных мицеллах.
12. Фазовые переходы свободной и связанной воды при охлаждении липосом.
13. Охлаждение биоматерии и криопротекторы.
14. Ламеллярная и латеральная дифракция на синхротронных источниках в реальном времени.
15. Диметилсульфоксид и его уникальные свойства.
16. Переносчики лекарств: наночастицы и нанокапсулы.
17. Методы исследования наноструктуры наночастиц и нанокапсул на нейтронных и синхротронных источниках.
18. Везикулярные переносчики лекарств, метод разделенных форм-факторов для исследования наноструктуры и свойств везикул.
19. Трансдермальные везикулярные переносчики лекарств.
20. Деформация формы везикул в сильных магнитных полях.

21. Вариация контраста при рассеянии нейтронов и рентгеновских лучей: использование D<sub>2</sub>O в малоугловом рассеянии нейтронов.
22. Использование водных растворов дисахаридов в малоугловом рассеянии синхротронного излучения в рентгеновском диапазоне.
23. Влияние водных растворов дисахаридов на структуру и свойства липидных наносистем.
24. Везикулярные переносчики лекарств на основе соевых фосфолипидов.
25. Критические малые везикулы как наиболее эффективные переносчики лекарств.

#### **14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы**

##### Основная литература

1. М.А. Киселев. Методы исследования липидных наноструктур на нейтронных и синхротронных источниках. Учебное пособие. Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, кафедра нейтронографии, Москва, 2014.
2. Д.И. Свергун, Л.А. Фейгин. «Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние». Москва, Наука, 1986

##### Дополнительная литература

1. J. Fitter, T. Gutberlet, J. Katsaras. «Neutron scattering in biology. Techniques and Applications». Springer, 2006.
2. Chapter "Physics of Biological Membrane: An Interdisciplinary Approach to Research and Education" in New Trends in Physics Education Research. 277-296 (2018). Series: Education in a Competitive and Globalizing World. BISAC: EDU029030.
3. В.А. Твердислов, А.Н. Тихонов, Л.В. Яковенко. «Физические механизмы функционирования биологических мембран», МГУ, 1987.
4. 2.Ю.А. Овчинников. «Биоорганическая химия». М: Просвещение, 1987.
5. New insights into structure and hydration of stratum corneum lipid model membrane by neutron diffraction. European Biophys. J. 34 (2005) 1030–1040.
6. What can we learn about the lipid vesicle structure from the small angle neutron scattering experiment? European Biophys. J. 35 (2006) 477-493.
7. Комбинированное применение нейтронного и синхротронного излучения для исследования влияния диметилсульфоксида на структуру и свойства везикул из дипальмитоилфосфатидилхолина. Кристаллография 52 (2007) 554-559.
8. Structural characterization of Biomaterials by means of Small Angle X-rays and Neutron Scattering (SAXS and SANS), and Light Scattering experiments. Review. Molecules (MDPI) 2020, 25, 5624; doi:10.3390/molecules25235624, www.mdpi.com/journal/molecules

При реализации дисциплины может быть использовано следующее программное обеспечение:

1. Операционная система Astra Linux ( <https://astralinux.ru/> ) или аналог, с офисным пакетом.

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

1. <http://www.edu.ru> – портал Министерства образования и науки РФ
2. <http://www.ict.edu.ru> – система федеральных образовательных порталов «ИКТ в образовании»
3. <http://www.openet.ru> - Российский портал открытого образования
4. <http://www.mon.gov.ru> - Министерство образования и науки Российской Федерации

5. <http://www.fasi.gov.ru> - Федеральное агентство по науке и инновациям

**Материально-техническое обеспечение**

В соответствии с требованиями п. 5.3. образовательного стандарта МГУ по направлению подготовки 03.04.02 «Физика», курс может быть прочитан в поточной аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.