

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 /  
«01» сентября 2024 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины:**

Методы исследования липидных наноструктур

---

**Уровень высшего образования:**

Магистратура

---

**Направление подготовки:**

03.04.02 Физика

---

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Фундаментальная и прикладная ядерная физика

---

**Форма обучения:** Очная форма обучения

---

Дубна 2024 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**

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 получают знания о технологиях приготовления липидных систем, применяемых в фармакологии, а также ознакомятся с несколькими современными исследованиями, выполненными в различных европейских центрах. Курс является Дисциплиной по выбору и теоретическим базисом к Научно-исследовательской практике и Научно-исследовательской работе.

### 1. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина реализуется на 1-ом курсе во 2-ом семестре и входит в состав вариативной части, является дисциплиной по выбору.

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

Курсы математического анализа, линейной алгебры и дифференциальных уравнений, методов математической физики, разделы оптика и атомная физика из курса общей физики, электродинамика, термодинамика и статистическая физика, квантовая механика из курса теоретической физики, физика атомного ядра и частиц, молекулярная физика в объеме классических университетских курсов.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Компетенции	Результаты обучения
МПК-1	<p><u>Знать</u> основные разделы и направления в области фундаментальной и прикладной ядерной физики.</p> <p><u>Уметь</u> структурировать явления фундаментальной и прикладной ядерной физики, создавать или подбирать физическую модель для их описания.</p> <p><u>Владеть</u> методами оценки границы применимости физических моделей, определять их недостатки и несоответствия</p>

4. Объем дисциплины (модуля) составляет 2 з.е., в том числе: 34 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем, 38 академических часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

№ темы	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
--------	---	---

		Всего часов	Лекции	Семинары	Учебно-практические занятия (лабораторные или практические занятия)	Самостоятельная работа	
1	Липиды. Функциональная роль липидов в клетке и их многообразии, 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.	16	4	4		8	Оп
2	Липидные наноструктуры Мицеллы, критическая концентрация мицеллообразования, бислои, 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.	16	4	4		8	КР
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	16	4	4		8	КР

	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						
4	Переносчики лекарств Наночастицы и нанокapsулы, методы исследования наноструктуры наночастиц и нанокapsул 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.	18	5	5		8	Оп
	Промежуточная аттестация	6				6	Экзамен
<b>ИТОГО:</b>		<b>72</b>	<b>17</b>	<b>17</b>		<b>38</b>	

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

### 6.1. Типовые задания и иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения:

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 периодом 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  $\text{D}_2\text{O}$  в  $\text{H}_2\text{O}$ , при которой плотность длины рассеяния нейтрона будет равняться нулю.

#### **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: церамиды, 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 церамидов.
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.

## **6.2. Шкала и критерии оценивания**

Результат освоения дисциплины	Критерии оценивания знаний, умений и навыков			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено
Знания	Отсутствие знаний	В целом успешные, но не систематические знания	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы знания	Успешные и систематические знания
Умения	Отсутствие умения применять фундаментальных и актуальных проблем.	В целом успешное, но не систематическое умение применять знания	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы умение применять знания	Успешное и систематическое умение применять знания
Навыки	Отсутствие/фрагментарные навыки в решении задач	В целом успешные, но не систематические навыки в решении задач	В целом успешно, но содержащее отдельные пробелы навыки в решении задач	Успешные и систематические навыки в решении задач

## **7. Ресурсное обеспечение**

### Основная литература

1. В.Л.Аксенов, А.М.Балагуров. Основы нейтронографии. М.: МГУ, 2023
2. \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.
3. Д.И. Свергун, Л.А. Фейгин. «Рентгеновское и нейтронное малоугловое рассеяние». Москва, Наука, 1986

#### Дополнительная литература

4. J. Fitter, T. Gutberlet, J. Katsaras. «Neutron scattering in biology. Techniques and Applications». Springer, 2006.
5. 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.
6. В.А. Твердислов, А.Н. Тихонов, Л.В. Яковенко. «Физические механизмы функционирования биологических мембран», МГУ, 1987.
7. 2.Ю.А. Овчинников. «Биоорганическая химия». М: Просвещение, 1987.
8. New insights into structure and hydration of stratum corneum lipid model membrane by neutron diffraction. European Biophys. J. 34 (2005) 1030–1040.
9. What can we learn about the lipid vesicle structure from the small angle neutron scattering experiment? European Biophys. J. 35 (2006) 477-493.
10. Комбинированное применение нейтронного и синхротронного излучения для исследования влияния диметилсульфоксида на структуру и свойства везикул из дипальмитоилфосфатидилхолина. Кристаллография 52 (2007) 554-559.
11. 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. Программный продукт Java 8 (64-bit)Oracle Corporation
2. Программный продукт Dev-C++ Bloodshed Software
3. Операционная система Microsoft Windows 10 Educationакадемическая лицензия
4. Программный продукт Microsoft ProjectProfessional 2013 академическая лицензия
5. Программный продукт Microsoft VisioProfessional 2013 академическая лицензия
6. Программный продуктMicrosoft VisualStudioProfessional 2013 -  
RUS [Русский(Россия)] академическая лицензия

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

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 обычной

аудитории при наличии: работающих электрических розеток, компьютера, проектора, экрана, учебной доски.

**8. Язык преподавания:** русский