

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ БИОМЕДИЦИНЫ  
КАФЕДРА МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО НТС ИФИБ

Протокол № 3.1

от 30.08.2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ НАНОТЕРАНОСТИКИ**

Направление подготовки  
(специальность)

[1] 03.04.02 Физика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/ В	СРС, час.	KCP, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
3	3	108	8	32	0		32	0	Э
Итого	3	108	8	32	0	0	32	0	

## **АННОТАЦИЯ**

В данном курсе рассматриваются существующие варианты применения наноматериалов в клинической практике и биомедицинских исследований. Освещаются методы синтеза различных наноматериалов, их взаимодействие с иммунной системой, механизмы клеточной интернализации и вопросы токсичности наноматериалов. Особое внимание уделено применению наноматериалов для терапии онкологических заболеваний, в том числе рассмотрению принципов действия избранных препаратов на основе наночастиц, одобренных для клинического применения. Практические задания курса подразумевают детальный разбор важных научных публикаций, позволяющих сформировать комплексное представление о механизмах взаимодействия наноматериалов с биологическими системами и способах биомедицинских применений наночастиц. Структура и наполнение курса основаны на избранных главах книги проф. Параса Прасада (prof. Paras N. Prasad) «Введение в наномедицину и нанобиоинженерию» (Introduction to nanomedicine and nanobioengineering, ISBN 978-1-118-09343-6), а также на информации из современных научных работ, опубликованных в ведущих рецензируемых научных журналах, а также на личном опыте автора курса, полученном в ходе его научной деятельности.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Курс направлен на формирование у студентов представления о роли наноматериалов в современной клинической практике и биомедицинских исследованиях. К основным задачам курса относятся: обзор существующих способов применения наноматериалов для терапии и диагностики различных заболеваний, описание методов синтеза наноматериалов и механизмов их взаимодействия с живыми системами.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

Дисциплина "Наноматериалы в биомедицине" входит в блок Профессионального модуля. Навыки, умения и компетенции данной дисциплины дают важные базовые знания, необходимые для успешного освоения сопутствующих и последующих дисциплин программы магистратуры "Биомедицинские нанотехнологии". Осознанное усвоение теоретического и практического материала дисциплины "Наноматериалы в биомедицине" позволит сформировать понимание роли и места наноматериалов в современной клинической практике и биомедицинских исследованиях.

### **3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
--------------------------------	--

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

<b>Задача профессиональной деятельности (ЗПД)</b>	<b>Объект или область знания</b>	<b>Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции</b>
проектный			
Применение результатов научных исследований в инновационной деятельности, участие в формулировке новых задач и разработке новых методических подходов в научно-инновационных исследованиях, разработка проектной документации	Результаты научной деятельности	ПК-2 [1] - Способен принимать участие в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности  Основание: Профессиональный стандарт: 40.011	З-ПК-2[1] - знать современные направления исследований в своей профессиональной области ; У-ПК-2[1] - уметь анализировать и выявлять перспективные направления в разработке новых методов и методических подходов в научно-инновационных исследованиях и инженерно-технологической деятельности ; В-ПК-2[1] - владеть современными методиками и подходами в решении научноинновационных и инженернотехнологических задач в профессиональной сфере

#### **4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

<b>№ п.п</b>	<b>Наименование раздела учебной дисциплины</b>	<b>Недели</b>	<b>Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.</b>	<b>Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)</b>	<b>Максимальный балл за раздел**</b>	<b>Аттестация раздела (форма*, неделя)</b>	<b>Индикаторы освоения компетенции</b>
	<i>3 Семестр</i>						
1	Первый раздел	1-8	4/16/0		25	КИ-8	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
2	Второй раздел	9-15	4/16/0		25	КИ-15	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2
	<i>Итого за 3 Семестр</i>		8/32/0		50		
	<b>Контрольные мероприятия за 3 Семестр</b>				50	Э	З-ПК-2, У-ПК-2, В-ПК-2

\* – сокращенное наименование формы контроля

\*\* – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

<b>Обозначение</b>	<b>Полное наименование</b>
КИ	Контроль по итогам
Э	Экзамен

## **КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН**

<b>Недели</b>	<b>Темы занятий / Содержание</b>	<b>Лек., час.</b>	<b>Пр./сем., час.</b>	<b>Лаб., час.</b>
	<i>3 Семестр</i>	8	32	0
<b>1-8</b>	<b>Первый раздел</b>	4	16	0
1 - 2	<b>Обзор курса. Базовые сведения из молекулярной и клеточной биологии.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Обзор курса.</li> <li>• Содержание курса.</li> <li>• Масштабы и иерархия живых объектов.</li> <li>• Водородная связь. Гидрофильность и гидрофобность.</li> <li>• Строение и свойства важнейших биологических макромолекул.</li> <li>• Клетка и основные органеллы.</li> <li>• Клетки крови человека.</li> </ul>	Всего аудиторных часов 1      0      0 Онлайн 0      0      0		
3 - 4	<b>Виды наноматериалов, применяемых в биомедицине, и их синтез.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Наночастицы в биомедицине. Преимущества, требования и важные параметры.</li> <li>• Типы наночастиц, применяемых в биомедицине.</li> <li>• Методы синтеза наночастиц. Подходы «сверху-вниз» и «снизу-вверх».</li> </ul>	Всего аудиторных часов 1      5      0 Онлайн 0      0      0		
5 - 6	<b>Биотаргетинг. Механизмы клеточной интернализации наноматериалов.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Биотаргетинг.</li> <li>• Пассивный таргетинг.</li> <li>• Активный таргетинг.</li> <li>• Механизмы клеточной интернализации наноматериалов.</li> </ul>	Всего аудиторных часов 0      6      0 Онлайн 0      0      0		
7 - 8	<b>Наноматериалы для терапии рака.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Методы терапии рака с использованием наноматериалов.</li> <li>• Химиотерапия с использованием наноматериалов на примере Doxil®.</li> <li>• Множественная лекарственная устойчивость и её преодоление с использованием наноматериалов.</li> <li>• Гипертермические методы с использованием наноматериалов.</li> </ul>	Всего аудиторных часов 2      5      0 Онлайн 0      0      0		
<b>9-15</b>	<b>Второй раздел</b>	4	16	0
9 - 10	<b>Формирование протеиновой «короны» на поверхности</b>		Всего аудиторных часов	

	<b>наночастиц</b> В крови множество различных протеинов быстро адсорбируются на поверхности наночастиц, формируя так называемую протеиновую корону, оказывающую критически важное воздействие на последующее взаимодействие наночастиц с организмом.	0	3	0
	<b>Онлайн</b>			
	0	0	0	
10 - 11	<b>Покрытие наночастиц защитным биополимером на примере ПЭГа</b> Покрытие поверхности наночастиц гидрофильным полимером полиэтиленгликолем (ПЭГ) является самым популярным и одним из самых эффективных доступных способов «спрятать» наночастицы от иммунной системы и, таким образом, увеличить эффективность доставки наночастиц к таргетным тканям и клеткам.	Всего аудиторных часов		
		0	3	0
	<b>Онлайн</b>			
	0	0	0	
11 - 12	<b>Анализ эффективности методов доставки наночастиц в солидные опухоли</b> Эффективная и избирательная доставка наночастиц к злокачественным новообразованиям для улучшения возможностей диагностики и терапии рака является краеугольным камнем всей наномедицины. Анализ научной литературы, посвященной этой теме в период с 2006 по 2016 показал, что медианная эффективность доставки наночастиц в опухоль составляет 0.7% введённой дозы.	Всего аудиторных часов		
		0	2	0
	<b>Онлайн</b>			
	0	0	0	
12 - 13	<b>Клинические испытания фотогипертермии с сенсибилизацией термического воздействия золото-кремниевыми наночастицами</b> Клинические испытания фотогипертермии с сенсибилизацией термического воздействия золото-кремниевыми наночастицами	Всего аудиторных часов		
		2	2	0
	<b>Онлайн</b>			
	0	0	0	
13 - 14	<b>Таргетная доставка противораковых препаратов</b> Методы адресной доставки для лечения рака активно развиваются последние несколько десятилетий. Однако, несмотря на большое количество успешных доклинических исследований, только 15 нанопрепаратов были одобрены для клинического использования, и ни один из них не использует механизм активного таргетинга.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
	<b>Онлайн</b>			
	0	0	0	
14 - 15	<b>Отлов наночастиц иммунной системой. Проблема фагоцитов. Статистика в биомедицинских исследованиях</b> Макрофаги – одни из первых клеток, которые начинают взаимодействовать с наночастицами и они определяют характер воспалительного и иммунного отклика организма на введённые наночастицы. Базовые сведения из математической статистики, используемые в биомедицинских исследованиях.	Всего аудиторных часов		
		1	3	0
	<b>Онлайн</b>			
	0	0	0	

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал

ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

## 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В учебном плане дисциплины 16 часов выделено на лекции (с визуализацией), с использованием слайдов 8 часов - на практические занятия. В середине семестра проводится контрольная работа. В ходе практических занятий каждый студент должен выступить с докладом.

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)
ПК-2	З-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	У-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15
	В-ПК-2	Э, КИ-8, КИ-15

### Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко иочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту,

75-84		C	если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
70-74		D	
65-69			Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64	3 – «удовлетворительно»	E	
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ**

Для подготовки к полусеместровому контролю необходимо пользоваться слайдами лекций, а также материалами, указанными в конце каждой из лекций в разделе "Библиография"

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

Курс нацелен на формирование у студентов представления о роли наноматериалов в современной клинической практике и биомедицинских исследованиях. К основным задачам курса относятся: обзор существующих способов применения наноматериалов для терапии и диагностики различных заболеваний, описание методов синтеза наноматериалов и механизмов их взаимодействия с живыми системами.

В учебном плане дисциплины 16 часов выделено на лекции, 8 часов - на практические занятия.

В ходе лекций изучаются следующие темы:

1) Базовые сведения из молекулярной и клеточной биологии (масштабы и иерархия живых объектов; водородная связь, гидрофильность и гидрофобность; строение и свойства важнейших биологических макромолекул; клетка и основные органеллы; клетки крови человека).

2) Виды наноматериалов, применяемых в биомедицине, и их синтез (наночастицы в биомедицине, пеймущества, требования и важные параметры; типы наночастиц, применяемых в биомедицине; методы синтеза наночастиц, подходы «сверху-вниз» и «снизу-вверх»).

3) Биотаргетинг. Механизмы клеточной интернализации наноматериалов (Биотаргетинг, пассивный таргетинг, активный таргетинг, механизмы клеточной интергализации).

4) Наноматериалы для терапии рака (методы терапии рака с использованием наноматериалов; химиотерапия с использованием наноматериалов на примере Doxil®; множественная лекарственная устойчивость и её преодоление с использованием наноматериалов; гипертермические методы с использованием наноматериалов).

В ходе практических занятий студенты выступают с докладами на следующие темы:

1) Формирование протеиновой «короны» на поверхности наночастиц (в крови множество различных протеинов быстро адсорбируются на поверхности наночастиц, формируя так называемую протеиновую корону, оказывающую критически важное воздействие на последующее взаимодействие наночастиц с организмом).

2) Покрытие наночастиц защитным биополимером на примере ПЭГа (покрытие поверхности наночастиц гидрофильным полимером полиэтиленгликолем (ПЭГ) является самым популярным и одним из самых эффективных доступных способов «спрятать» наночастицы от иммунной системы и, таким образом, увеличить эффективность доставки наночастиц к таргетным тканям и клеткам).

3) Анализ эффективности методов доставки наночастиц в солидные опухоли (эффективная и избирательная доставка наночастиц к злокачественным новообразованиям для улучшения возможностей диагностики и терапии рака является краеугольным камнем всей наномедицины. Анализ научной литературы, посвященной этой теме в период с 2006 по 2016 показал, что медианская эффективность доставки наночастиц в опухоль составляет 0.7% введенной дозы).

4) Клинические испытания фотогипертермии с сенсибилизацией термического воздействия золото- кремниевыми наночастицами.

5) Таргетная доставка противораковых препаратов (методы адресной доставки для лечения рака активно развиваются последние несколько десятилетий. Однако, несмотря на большое количество успешных доклинических исследований, только 15 нанопрепараторов были

одобрены для клинического использования, и ни один из них не использует механизм активного таргетинга).

6) Отлов наночастиц иммунной системой. Проблема фагоцитов (макрофаги – одни из первых клеток, которые начинают взаимодействовать с наночастицами и они определяют характер воспалительного и иммунного отклика организма на введённые наночастицы).

7) Статистика в биомедицинских исследованиях (базовые сведения из математической статистики, используемые в биомедицинских исследованиях).

Автор(ы):

Захаркив Анастасия Юрьевна