

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Общая биофизика

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

30.05.02 - Медицинская биофизика

Направленность образовательной программы

Медицинская биофизика

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.34 Общая биофизика относится к обязательной части образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен использовать и применять фундаментальные и прикладные медицинские, естественнонаучные знания для постановки и решения стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Обладает фундаментальными и прикладными знаниями в области медицинских и естественнонаучных дисциплин ОПК-1.2: Критически рассматривает возможные варианты решения задач профессиональной деятельности ОПК-1.3: Умеет грамотно применять знания в области медицинских и естественнонаучных дисциплин для решения стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Обладает фундаментальными и прикладными знаниями в области биофизики ОПК-1.2: Умеет критически рассматривать возможные варианты решения задач профессиональной деятельности в области биофизики. ОПК-1.3: Умеет грамотно применять знания в области биофизики для решения стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности.	Контрольная работа Тест	Зачёт: Контрольные вопросы Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-12: Способность анализировать, оценивать, подбирать оптимальные технологии и оформлять отчетные материалы по результатам исследований, научно-исследовательской работы и научно-исследовательских	ПК-12.1: Владеет знаниями в области современных технологий и правил оформления отчетных материалов ПК-12.2: Умеет анализировать, оценивать, подбирать оптимальные технологии и оформлять отчетные материалы по результатам исследований ПК-12.3: Владеет методами выбора оптимальных технологических решений	ПК-12.1: Владеет знаниями в области современных технологий биофизики и правил оформления отчетных материалов ПК-12.2: Умеет анализировать, оценивать, подбирать оптимальные технологии решения задач в области биофизики и оформлять отчетные материалы по	Задачи Тест	Зачёт: Контрольные вопросы Экзамен: Контрольные вопросы

и опытно- конструкторских разработок	для выполнения научно- исследовательской работы и научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок	результатам исследований. ПК-12.3: Владеет методами выбора оптимальных технологических решений для выполнения науч- но-исследовательской работы и научно-исследовательских и опытно-конструкторских раз- работок в области биофизики		
-----------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	9
Часов по учебному плану	324
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	64
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	144
- КСР	3
самостоятельная работа	77
Промежуточная аттестация	36 Экзамен, Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о	о ф о
Раздел 1. Введение в общую биофизику	2	2	0	2	0
Раздел 2. Термодинамика биологических процессов	28	8	12	20	8
Раздел 3. Кинетика биологических процессов	44	10	22	32	12
Раздел 4. Биофизика фотобиологических процессов	45	10	28	38	7
Раздел 5. Биофизика клетки	83	18	40	58	25

Раздел 6. Биофизика системы кровообращения	28	6	12	18	10
Раздел 7. Радиационная биофизика	55	10	30	40	15
Аттестация	36				
КСР	3			3	
Итого	324	64	144	211	77

Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Введение в общую биофизику

Предмет и задачи общей биофизики. Объекты и методы исследований.

Раздел 2. Термодинамика биологических процессов

Термодинамика и ее задачи. Особенности приложения законов термодинамики к биологическим системам. Первый закон термодинамики. Второй закон термодинамики и его приложимость к биосистемам. Значение функции энтропии в биосистемах. Свободная энергия и работоспособность биосистем. КПД биологических процессов. Расчет стандартной свободной энергии в биосистемах исходя из связи свободной энергии и химического потенциала. Энергия активации. Уравнение Аррениуса. Энергетическое сопряжение процессов. Биологические системы как открытые термодинамические системы. Уравнение Пригожина.

Раздел 3: Кинетика биологических процессов

Основные подходы к анализу. Кинетический критерий устойчивости стационарных состояний (критерий Ляпунова). Метод фазовой плоскости. Типы особых точек. Колебательные системы. Модель Вольтерра. Триггерные свойства биосистем. Стационарная кинетика ферментативных процессов, уравнение Михаэлиса-Ментон. Основы фармакокинетики. Однокамерная модель. Однокамерная модель с всасыванием. Двухкамерная модель.

Раздел 4: Биофизика фотобиологических процессов

Основные характеристики оптического излучения. Поглощение света. Схема электронных возбужденных состояний (схема Яблонского). Синглетное и триплетное возбужденные состояния. Пути реализации энергии возбужденного состояния. Флуоресценция. Флуоресцентный анализ в биомедицинских исследованиях. Миграция энергии в биосистемах. Индуктивно-резонансный механизм миграции энергии (FRET). Хемилюминесценция. Хемилюминесценция в биомедицинских исследованиях. Молекулярные основы зрительной рецепции. Восприятие кванта света и возникновение электрического ответа. Механизмы прерывания сигнала и восстановление рецепторной системы, роль ионов кальция.

Раздел 5: Биофизика клетки

Структурно-функциональная организация биологических мембран

Химический состав мембран. Типы слабых взаимодействий. Взаимодействия Ван-дер-Ваальса.

Водородные связи. Гидрофобное взаимодействие. Роль гидрофобного взаимодействия в поддержании структуры биологических макромолекул и надмолекулярных структур. Упаковка липидных молекул. Типы агрегатов. Критический параметр упаковки. Особенности структурной организации интегральных мембранных белков. Динамические свойства биологических мембран.

Мембранный транспорт

Электрохимический градиент как движущая сила потока вещества. Интенсивность потока. Пассивный и активный транспорт. Пассивный транспорт. Простая диффузия незаряженных соединений. Облегченная диффузия. Активный транспорт соединений через мембрану. Структура и механизм работы Na^+/K^+ -

АТФазы. Электрический мембранный потенциал. Уравнение Нернста. Потенциал действия. Характерные черты потенциала действия. Ионная природа потенциала действия. Математическая модель нервного импульса. Распространение нервного импульса. Кабельная постоянная. Структура и механизм работы возбудимых ионных каналов.

Биофизика мышечного сокращения

Структурно-функциональная организация мышц. Механизм сокращения мышцы.

Раздел 6: Биофизика системы кровообращения

Реологические свойства крови. Ламинарное и турбулентное течение. Закон Пуазейля. Распределение давления в различных участках сосудистого русла. Пульсовая волна. Модель Франка. Фильтрационно-реабсорбционные процессы в капиллярах.

Раздел 7: Радиационная биофизика

Радиационный фон. Основные источники. Типы ионизирующих излучений, их характеристика. Закон радиоактивного распада. Типы распадов. Дозы в радиобиологии. Единицы измерения. Механизмы ионизации при действии различных типов ионизирующих излучений. Принципы количественной радиобиологии. Теория попаданий и концепция мишеней. Прямое действие ионизирующего излучения. Типы повреждения биологических макромолекул. Непрямое действие ионизирующего излучения. Последовательность стадий лучевого поражения. Модификация радиочувствительности.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Биофизика. Лабораторный практикум. Раздел «Радиационная биофизика»: учебно-методическое пособие / Шилягина Н. Ю., Масленникова А. В., Юдина Л. М., Мысягин С. А., Шерстнева О. Н., Сороко С. С., Здобнова Т. А., Воденеев В. А. - Нижний Новгород: ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2021. - 50 с.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Введение. Предмет и задачи биофизики. Методы биофизики.

2. Термодинамика биологических процессов. Особенности приложения законов термодинамики к биологическим системам. Первый закон термодинамики. Методы изучения приложимости I закона термодинамики к биосистемам.

3. Кинетика биологических процессов. Основные методы решения моделей. Критерий устойчивости стационарных состояний по Ляпунову.

4. Физико-химические механизмы транспортных процессов. Основы структурно-функциональной организации биологических мембран. Принципы организации интегральных мембранных белков. Пассивный и активный транспорт, их критерии.

5. Электрические свойства биосистем. Общая характеристика биопотенциалов, их классификация. Потенциал покоя. Роль пассивного и активного транспорта в генерации мембранного потенциала.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований (правильно выполнено менее 50% заданий).

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

1. Изолированная термодинамическая система – это...

1. система, которая обменивается с окружающей средой веществом;
2. система, которая обменивается с окружающей средой энергией;
3. система, которая обменивается с окружающей средой веществом и энергией;
4. система, которая не обменивается с окружающей средой ни веществом, ни энергией.

2. В соответствии со вторым законом термодинамики ...

1. все необратимые процессы протекают с поглощением тепла;
2. все необратимые процессы протекают с рассеиванием части энергии в виде тепла;
3. все необратимые процессы протекают с поглощением энергии;
4. все необратимые процессы протекают с рассеиванием вещества;
5. все необратимые процессы протекают с поглощением вещества.

3. Свободная энергия системы – это...

1. часть внутренней энергии системы, которая не используется для совершения работы;
2. часть внутренней энергии системы, которая полностью выделяется в виде тепла;
3. часть внутренней энергии системы, которая не может быть использована для роста организма;
4. часть внутренней энергии системы, которая может быть использована для совершения работы.

5.1.3 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ПК-12:

1. Ядра с одинаковыми зарядами и разными массовыми числами называются ...

2. Общая масса всех протонов и нейтронов ядра называется...

3. Протоны и нейтроны, из которых состоят ядра, называются...

4. Самопроизвольное превращение нестабильных атомных ядер в другие ядра, сопровождающееся излучением ...

Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований (правильно выполнено менее 50% заданий).

5.1.4 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-12:

1) Бета-радиоактивный изотоп I-131 используется в медицине для лечения опухолей щитовидной железы. Постоянная распада I-131, равна $9.93 \cdot 10^{-7} \text{ с}^{-1}$

а) Напишите уравнение бета-электронного распада I-131

б) Рассчитайте период полураспада I-131 в днях

2) Два важнейших радионуклида, которые попали в биосферу в результате Чернобыльской аварии, Cs-137 ($T_{1/2} = 30$ лет) и I-131 ($T_{1/2} = 8$ дней)

а) Какой нуклид образуется в результате бета-электронного распада Cs-137?

б) Рассчитайте время, за которое активность Cs-137 уменьшится на 10%.

3) Какой нуклид образуется при альфа-распаде Gd-148?

4) Какова активность (без учета дочерних продуктов)

а) 1 г Ra-226, $T_{1/2} = 1600$ лет.

б) 1 г U-238, $T_{1/2} = 4,47 \cdot 10^9$ лет.

Во сколько раз активность Ra-226 больше активности U-238?

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.
не зачтено	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Решено менее 50% задач.

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков.	При решении стандартных задач не	Имеется минимальный набор	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы базовые	Продemonстрированы навыки	Продemonстрирован творческий

	Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	подход к решению нестандартных задач
--	--------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------	--------------------------------------

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Цель и задачи биофизики.
2. Термодинамика и ее задачи. Основные понятия и определения. Особенности приложения законов термодинамики к биологическим системам.
3. Первый закон термодинамики. Его значение в биофизике. Методы изучения приложимости I закона термодинамики к биосистемам. Доказательства приложимости I закона термодинамики к биосистемам.
4. Второй закон термодинамики и его приложимость к биосистемам. Значение функции энтропии в биосистемах.
5. Свободная энергия и работоспособность биосистем. КПД биологических процессов.
6. Расчет стандартной свободной энергии в биосистемах исходя из связи свободной энергии и химического потенциала.

7. Энергия активации. Уравнение Аррениуса.
8. Энергетическое сопряжение процессов.
9. Биологические системы как открытые системы. Уравнение Пригожина.
10. Кинетика биологических процессов. Основные подходы к анализу.
11. Кинетический критерий устойчивости стационарных состояний (критерий Ляпунова).
12. Модель проточного культиватора как пример стационарной системы с различными состояниями.
13. Метод фазовой плоскости. Типы особых точек.
14. Колебательные системы. Модель Вольтерра.
15. Триггерные свойства биосистем.
16. Стационарная кинетика ферментативных процессов. Уравнение Михаэлиса-Ментон.
17. Основы фармакокинетики. Однокамерная модель.
18. Основы фармакокинетики. Однокамерная модель с всасыванием. Двухкамерная модель.

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-12

1. Основные характеристики оптического излучения. Поглощение света.
2. Схемы электронных возбужденных состояний. Схема Яблонского. Синглетное и триплетное возбужденные состояния. Пути реализации энергии возбужденного состояния.
3. Флуоресценция. Флуоресцентный анализ в биомедицинских исследованиях.
4. Миграция энергии в биосистемах. Индуктивно-резонансный механизм миграции энергии (FRET).
5. Хемилюминесценция. Хемилюминесценция в биомедицинских исследованиях.
6. Молекулярные основы зрительной рецепции. Восприятие кванта света и возникновение электрического ответа.
7. Молекулярные основы зрительной рецепции. Механизмы прерывания сигнала и восстановление рецепторной системы. Роль ионов кальция.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки.
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований.

5.3.3 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Химический состав мембран.
2. Типы слабых взаимодействий. Взаимодействия Ван-дер-Ваальса. Водородные связи.
3. Гидрофобное взаимодействие. Роль гидрофобного взаимодействия в поддержании структуры биологических макромолекул и надмолекулярных структур.
4. Упаковка липидных молекул. Типы агрегатов. Критический параметр упаковки.
5. Особенности структурной организации интегральных мембранных белков.
6. Динамические свойства биологических мембран.
7. Электрохимический градиент как движущая сила потока вещества. Интенсивность потока. Пассивный и активный транспорт.
8. Пассивный транспорт. Простая диффузия незаряженных соединений.

9. Пассивный транспорт. Облегченная диффузия. Особенности в сравнении с простой диффузией.
10. Активный транспорт соединений через мембрану. Структура и механизм работы Na^+/K^+ -АТФазы.
11. Электрический мембранный потенциал. Уравнение Нернста для равновесного потенциала.
12. Потенциал действия. Характерные черты потенциала действия. Ионная природа потенциала действия.
13. Математическая модель нервного импульса.
14. Распространение нервного импульса. Кабельная постоянная.
15. Структура и механизм работы возбудимых ионных каналов.
16. Структурно-функциональная организация мышц.
17. Механизм сокращения мышцы.
18. Реологические свойства крови. Ламинарное и турбулентное течение.
19. Закон Пуазейля. Распределение давления в различных участках сосудистого русла.
20. Пульсовая волна.
21. Модель Франка.
22. Фильтрационно-реабсорбционные процессы в капиллярах.

5.3.4 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-12

1. Радиационный фон. Основные источники.
2. Типы ионизирующих излучений, их характеристика.
3. Закон радиоактивного распада. Типы распадов.
4. Дозы в радиобиологии. Единицы измерения.
5. Механизмы ионизации при действии различных типов ионизирующих излучений.
6. Принципы количественной радиобиологии. Теория попаданий и концепция мишеней.
7. Прямое действие ионизирующего излучения. Типы повреждения биологических макромолекул.
8. Непрямое действие ионизирующего излучения.
9. Последовательность стадий лучевого поражения.
10. Модификация радиочувствительности.

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибки
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.

Оценка	Критерии оценивания
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Физика и биофизика / Антонов В.Ф., Козлова Е.К., Черныш А.М. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2015., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=645573&idb=0>.
2. Радиационная биофизика: радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения / Кудряшов Ю.Б., Перов Ю.Ф., Рубин А.Б. - Москва : Физматлит, 2008., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=640076&idb=0>.
3. Ремизов А.Н. Медицинская и биологическая физика : учебник / Ремизов А.Н. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2023. - 656 с. - ISBN 978-5-9704-7498-3., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=839386&idb=0>.
4. БИОФИЗИКА: В 2 т. Т. 1: Теоретическая биофизика / Рубин А.Б. - Москва : МГУ, 2004., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=638100&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Кудряшов Юрий Борисович. Радиационная биофизика (ионизирующие излучения) : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальностям "Биофизика", "Физика атомного ядра и частиц", "Медицинская физика", "Биохимическая физика" / под ред. В. К. Мазурика, М. Ф. Ломанова ; МГУ им. М. В. Ломоносова. - М. : Физматлит, 2004. - 448 с. - ISBN 5-9221-0388-1 : 220.00., 9 экз.
2. Башарина О. В. Биофизика: практикум для студентов / Башарина О. В., Артюхов В. Г. - Воронеж : ВГУ, 2009. - 61 с. - Книга из коллекции ВГУ - Медицина., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=885017&idb=0>.
3. Волькенштейн М. В. Биофизика / Волькенштейн М. В. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 608 с. - Книга из коллекции Лань - Физика. - ISBN 978-5-8114-0851-1., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799815&idb=0>.
4. Физика и биофизика. Руководство к практическим занятиям / Антонов В.Ф., Черныш А.М., Козлова Е.К., Коржуев А.В. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2013., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=644640&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Фундаментальная библиотека ННГУ

<https://lib.unn.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием:

Специализированное оборудование для проведения лабораторных работ

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 30.05.02 - Медицинская биофизика.

Автор(ы): Воденеев Владимир Анатольевич, доктор биологических наук, доцент
Шилягина Наталья Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Воденеев Владимир Анатольевич, доктор биологических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 05.12.2023г., протокол № 2.