

Учреждение образования
«Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Директор

МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ

О. И. Родькин

2023 г.

Регистрационный № УД-1297 23 /уч.



АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ И МЕДИЦИНСКОЙ ФИЗИКИ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:

7-06-0533-02 Прикладная физика

Профилизация Медицинская физика

2023 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 7-06-0533-02-2023 от 28.07.2023 и учебного плана № 168-23/уч.маг.веч. от 07.04.2023 специальности 7-06-0533-02 Прикладная физика профилизация Медицинская физика

СОСТАВИТЕЛЬ:

В. П. Зорин, доцент кафедры общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

М. Н. Петкевич, заведующий отдела по инженерному обеспечению лучевой терапии учреждения здравоохранения «Республиканский научно-практический центр онкологии и медицинской радиологии имени Н. Н. Александрова»;

С. Е. Головатый, заведующий кафедрой экологического мониторинга и менеджмента учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой общей и медицинской физики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 29 мар 2023);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 9 от 31 мар 2023)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Актуальные вопросы биологической и медицинской физики», являющаяся разделом модуля «Современные проблемы биологической и медицинской физики», включает информацию о важнейших физических фактах и понятиях, законах и принципах, используемых в современной биологической и медицинской физике. Биологическая и медицинская физика возникла и развивается на стыке физики, химии, биохимии, биологии (молекулярной биологии) и клинической медицины.

Учебная программа «Актуальные вопросы биологической и медицинской физики» входит в комплекс дисциплин для подготовки специалистов с углубленным высшим образованием в области медицинской физики, компетентных в научно-исследовательском, образовательном и медико-профилактическом видах деятельности.

Дисциплина состоит из двух разделов: «Биологическая физика» и «Медицинская физика». В разделе «Биологическая физика» рассматриваются вопросы, связанные с изучением основных физических и физико-химических закономерностей, лежащих в основе функционирования биологических объектов, специфики структурно-функциональной организации, физических и химических процессов в живых организмах, механизмов саморегуляции и поддержания стационарности биологических систем.

Раздел «Медицинская физика» охватывает все вопросы современной медицинской физики, в том числе оценку последствий воздействия вредных физических и профессиональных факторов на организм человека, основы их профилактики и контроля, физическое моделирование физиологических процессов, физические основы функциональной и структурной диагностики, основы медицинской биоинженерии. В рамках курса представлены современные экспериментальные подходы медицинской физики, принципы работы основной медицинской аппаратуры. В изложении материала используются модельные принципы описания физических свойств биоматериалов и физической картины физиологических процессов на основе различных физических моделей. Изучение медицинской и биологической физики позволяет сформировать у студентов целостность системы представлений о её роли в области естественных наук и решении практических задач. Материал каждого из разделов подразделяется на отдельные пункты, охватывающие определенный круг взаимосвязанных вопросов.

Целью дисциплины является изучение принципов функционирования живых систем и способов регистрации основных показателей их жизнедеятельности.

Задача дисциплины – сформировать представление о фундаментальных основах функционирования живого организма на молекулярном, клеточном, организменном уровнях, механизмах поддержания гомеостаза в организме как главного условия сохранения

жизнедеятельности, способах регистрации и анализа показателей основных функций организма человека.

В процессе изучения дисциплины студент должен овладеть следующими компетенциями:

УК-1: Применять методы научного познания в исследовательской деятельности, генерировать и реализовывать инновационные идеи.

УК-2: Решать научно-исследовательские и инновационные задачи на основе применения информационно-коммуникационных технологий.

УК-3: Осуществлять коммуникации на иностранном языке в академической, научной и профессиональной среде для реализации научно-исследовательской и инновационной деятельности.

УПК-6: Быть способным применять системный подход к анализу медицинско-биологической информации, искать решения с использованием теоретических знаний и практических умений в целях совершенствования профессиональной деятельности.

УПК-7: Быть способным анализировать и интерпретировать результаты современных медико-биологических исследований для оценки функционального состояния организма человека и прогноза путей адаптации к неблагоприятным условиям среды.

УПК-8: Быть способным проводить количественное описание медико-биологических процессов и статистическую обработку данных медицинских исследований, обобщать и систематизировать результаты выполненных работ, используя современную вычислительную технику.

УПК-9: Быть способным анализировать характеристики исходных фактических биологических материалов, используемых для создания изображений, применять методы получения и обработки пространственных данных, пространственного анализа и визуализации медико-биологической информации.

В результате изучения дисциплины выпускники должны

знать:

- общие законы физики и биофизики, лежащие в основе процессов, протекающих в организме человека;
- реологические свойства биологических тканей и жидкостей;
- характеристики физических факторов (лечебных, климатических, производственных), оказывающих воздействие на организм человека и биофизические механизмы такого воздействия;
- назначение, основы устройства и практического использования медицинской аппаратуры, технику безопасности при работе с ней;
- основы математических методов обработки медицинских данных;
- физические методы исследования веществ и явлений природы;
- методы математической обработки медико-биологических данных с использованием компьютерных технологий;

уметь:

- пользоваться основными измерительными приборами;
- работать на физической медицинской аппаратуре;

– проводить простейшую статистическую обработку результатов измерений;

– применять вычислительные средства, отдельные вычислительные функции для обработки и оформления результатов измерений с использованием персонального компьютера.

В соответствии с учебным планом изучение дисциплины рассчитано на общее количество часов – 108. Аудиторное количество часов – 24, из них: лекции – 18 часов, семинарские занятия – 6 часов.

Форма получения высшего образования – вечерняя.

Форма текущей аттестации – экзамен в 1 семестре.

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Биологическая физика

1.1. Биофизика как междисциплинарная наука. Задачи биофизики

Биофизика как междисциплинарная наука. Задачи биофизики. Основные направления развития биофизики. Соотношение с другими предметами. Методологические вопросы биофизики.

1.2. Термодинамика биологических процессов. Термодинамика и биология

Термодинамика биологических процессов. Термодинамика и биология. Первый и второй законы термодинамики в биологии. Свободная энергия, энтальпия, энтропия, максимальная полезная работа. Энтропия биосистем. Термодинамика стационарных состояний и нелинейных кинетических систем. Термодинамические условия существования и устойчивости стационарного состояния. Множественность стационарных состояний. Самоорганизация в неравновесных системах.

Кинетика биологических процессов. Кинетика биологических процессов. Типы реакций. Порядок реакции. Влияние температуры на скорость реакции. Энергия активации. Кинетическая неравновесность биосистем. Регулирование скоростей реакций в живых системах.

1.3. Биоэнергетика. Трансформация энергии в клетке

Термодинамика и биология. Биоэнергетика. Источники энергии для биосистем. Мембранный электрохимический потенциал как унифицированная форма энергии в клетке.

1.4. Квантовая биофизика и фотофизика биомолекул

Квантовая биофизика и фотофизика биомолекул. Структура электронных энергетических уровней молекул. Электронные переходы в биомолекулах. Поглощение света веществом. Электронновозбужденное состояние биомолекул. Синглетные и триплетные возбужденные состояния биомолекул. Схема Яблонского для сложных молекул. Перенос энергии электронного возбуждения. Индуктивно-резонансная миграция энергии. Триплет-триплетная миграция энергии. Перенос энергии в биоструктурах. Туннельный механизм переноса электронов по ЦЭТ.

1.5. Биофизика фотобиологических процессов

Биофизика фотобиологических процессов. Механизмы трансформации энергии в первичных фотобиологических процессах Фотосинтез, зрение. Фотосенсибилизированные фотобиологические процессы. Фотодинамический эффект, применение в медицине. Спектр фотобиологического действия.

1.6. Молекулярная биофизика

Молекулярная биофизика. Пространственная организация биополимеров. Макромолекула как основа организации биоструктур. Динамическая структура белков; конформационная энергия и пространственная организация биополимеров. Роль конформационной лабильности в функционировании белков.

1.7. Ферменты. Термодинамика ферментативного катализа

Ферменты. Термодинамика ферментативного катализа. Теории ферментативного катализа. Электронноконформационные взаимодействия в ферментативном катализе. Регуляция активности ферментов.

1.8. Биофизика мембран. Мембранный транспорт

Биофизика мембран. Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Геометрия и строение биологических мембран. Белковый цитоскелет. Липидный бислой. Особенности фазовых переходов в мембранных системах. Метод микрокалориметрии. Методы исследования структуры мембран. Силы и взаимодействия, стабилизирующие биологическую мембрану. Проблема биологической упорядоченности надмолекулярных структур, термодинамический аспект. Особенности межмолекулярных взаимодействий в биомембранах. Структурные перестройки биомембран.

Мембранный транспорт. Мембранный транспорт. Избирательная проницаемость биомембран. Пассивная диффузия. Транспорт неэлектролитов. Облегченная диффузия. Транспорт глюкозы в эритроцит. Ионный транспорт. Ионофоры. Активный транспорт. Транспортные АТФазы. Кинетика активного транспорта. Электрические явления в биомембранах. Ионные каналы; теория однорядного транспорта. Ионная селективность мембран. Натриевые, калиевые, кальциевые и хлорные каналы. Ионные токи через возбудимую мембрану. Потенциал покоя. Потенциал действия. Роль ионов Na и K в генерации потенциала действия.

Биофизика рецепции. Биофизика рецепции. Молекулярные механизмы рецепторных процессов. Взаимодействие эффектор-рецептор. G-белки. Регуляция рецепторных процессов. Виды внутриклеточной сигнализации. Биофизические механизмы преобразования информации в биосистемах. Рецепторы сенсорных систем, классификация, регуляция биопроцессов.

Раздел 2. Медицинская физика

2.1. Медицинская физика. Введение в дисциплину

Понятие медицинской физики. Диагностическая значимость методов исследования. Характеристика лечебных процедур, связанных с применением физических факторов воздействия. Физические факторы, имеющие вредное воздействие на организм человека с точки зрения экологической и профессиональной патологии. Принципы профилактики и

контроля эффектов вредных физических факторов. Системный подход с точки зрения физики к понятию организм. Компоненты и уровни организации биологической системы, называемой организмом. Принципы моделирования в медицине.

2.2. Внешние физические воздействия, оказывающие влияние на организм человека

Классификация внешних физических воздействий. Механические воздействия. Динамические кратковременные воздействия. Вибрационные воздействия. Гравитационные воздействия. Тепловые воздействия. Электромагнитные воздействия.

2.3. Физические свойства биоматериалов

Физические свойства биоматериалов. Твердая и мягкая ткани. Физические свойства костной ткани. Механические свойства хрящевой ткани. Механические свойства тканей кровеносных сосудов. Схемы исследования механических свойств кровеносных сосудов. Механические свойства мышечной ткани. Механические свойства кожи. Механические свойства нервной ткани.

2.4. Биомеханика сердца и сосудистой системы

Биомеханика сердца и сосудистой системы. Строение сердца. Структурные элементы. Механика деятельности сердца. Механические расчетные модели. Биомеханика сосудистой системы. Строение сосудистой системы. Структурные элементы сосудистой системы.

Артериальная система. Венозная система. Лимфатическая система. Характер движения крови в сосудах. Понятие реологических свойств крови. Схемы и модели кровеносных сосудов.

2.5. Биомеханика дыхательных путей

Биомеханика дыхательных путей. Строение дыхательных путей. Структурные элементы дыхательных путей. Носоглотка. Гортань. Трахея. Бронхи. Легкие. Структура легких. Морфометрическая модель легких. Механические свойства трахеобронхиального дерева. Схемы и физические модели процессов дыхания и газообмена в легких.

2.6. Физика зрения, слуха

Физика зрения, слуха. Строение глаза. Физические свойства глаза и его систем. Модели глаза и его структур в норме и при патологии. Структура и функции слухового аппарата. Механические свойства уха и его структур. Модели структур уха и органов слуха. Биомеханика вестибулярного аппарата. Структура и функции вестибулярного аппарата.

2.7. Обзор возможностей современных физических методов анализа, используемых в клинической и лабораторной практике в медицине

Виды исследований, использующихся в клинической практике. Виды и типы используемого оборудования и методических подходов. Рентгенологические исследования. Исследования легких, суставов, позвоночника, органов брюшной полости. Компьютерная томография. Исследования головного мозга. ЯМР диагностика. Функционально-диагностические исследования сердечно-сосудистой системы. Ультразвуковые исследования сердца и магистральных сосудов. Функционально-диагностические исследования легких и головного мозга. Электро- и эхоэнцефалография. Исследования функции внешнего дыхания. Иммунологические исследования. Автоматизированные биохимические исследования.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Формы контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Иное	
1	2	3	4	5	6	7
1	Биофизика как междисциплинарная наука. Задачи биофизики	1			метод. пособие	самост. работа
2	Термодинамика биологических процессов. Термодинамика и биология	1	1		метод. пособие	самост. работа
3	Биоэнергетика. Трансформация энергии в клетке	1			метод. пособие	контр. работа
4	Квантовая биофизика и фотофизика биомолекул	1			метод. пособие	самост. работа
5	Биофизика фотобиологических процессов	1			метод. пособие	самост. работа
6	Молекулярная биофизика	1			метод. пособие	самост. работа
7	Ферменты. Термодинамика ферментативного катализа	1	1		метод. пособие	самост. работа
8	Биофизика мембран. Мембранный транспорт	1			метод. пособие	самост. работа
9	Медицинская физика. Введение в дисциплину	1			метод. пособие	самост. работа
10	Внешние физические воздействия, оказывающие влияние на организм человека	1			метод. пособие	самост. работа
11	Физические свойства биоматериалов	1			метод. пособие	самост. работа
12	Биомеханика сердца и сосудистой системы	1			метод. пособие	самост. работа
3	Биомеханика дыхательных путей	1			метод. пособие	самост. работа
14	Физика зрения, слуха	1			метод. пособие	самост. работа
15	Обзор возможностей современных физических методов анализа, используемых в клинической и лабораторной практике в медицине	4	2		метод. пособие	самост. работа. защита рефератов
16	Контрольная работа		2			
ВСЕГО		18	6			

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА*****Основная***

1. Биофизика : учебник для ВУЗов / В. Ф. Антонов, А. М. Черныш, В. И. Пасечник [и др.] ; под ред. В. Ф. Антонова. - Изд. 2-е, испр. и доп. – М. : ВЛАДОС, 2003. – 288 с.
2. Крайнов, В. П. Воздействие ионизирующего излучения на биологические ткани : учебное пособие / В. П. Крайнов. – Долгопрудный : Издательский Дом "Интеллект", 2022. – 94 с.
3. Кудряшов, Ю. Б. Радиационная биофизика (ионизирующее излучение) : учебник / Ю. Б. Кудряшов ; под ред. В. К. Мазурика, М. Ф. Ломаносова. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 448 с.
4. Кудряшов, Ю. Б. Радиационная биофизика : радиочастотные и микроволновые электромагнитные излучения : учебник для ВУЗов / Ю. Б. Кудряшов, Ю. Ф. Перов, А. Б. Рубин. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 184 с.
5. Лещенко, В. Г. Медицинская и биологическая физика : учеб. пособие / В. Г. Лещенко. – Минск : Новое знание ; М. : Инфра-М, 2012. – 552 с.
6. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика : учебник для ВУЗов / А. Н. Ремизов, А. Г. Миксина, А. Я. Потапенко. - 8-е изд., стер. – М. : Дрофа, 2008. – 558 с.

Дополнительная

7. Берман, Г. Н. Биофизика : Учебное пособие / Г. Н. Берман. – СПб. : Лань, 2012. – 240 с.
8. Волькенштейн, М. В. Биофизика : Учебное пособие / М. В. Волькенштейн. – СПб. : Лань, 2012. – 608 с.
9. Рубин, А. Б. Практикум по биофизике : в 2 ч. Ч. 2 : Практикум / Г. В. Максимова, С. М. Ременникова; под. ред. А. Б. Рубин. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. – 509 с.
10. Рубин, А. Б. Практикум по биофизике : в 2 ч. Ч.1 : Практикум / Г. В. Максимова, С. М. Ременникова; под. ред. А. Б. Рубин. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. – 193 с.
11. Рубин, А. Б., Биофизика : учебник / А. Б. Рубин. – Москва : КноРус, 2017. – 190 с.
12. Самойлов, В. О. Медицинская биофизика / В. О. Самойлов. – СПб. : СпецЛит, 2013. – 591 с.
13. Сон, К. Н. Биофизика : Учебное пособие / К. Н. Сон, В. И. Родин, Э. В. Бесланев. – СПб. : Лань П, 2016. – 608 с.

Инновационные методы и подходы к преподаванию дисциплины

При организации образовательного процесса используется *метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод)*, который предполагает:

- приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач;
- анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу необходимо использовать современные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к практическим занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

При этом не ставится цель охватить все стороны предмета или заменить другие формы работы. Подбор заданий для самостоятельной работы направлен на формирование базовых предметных компетенций путем применения теоретических знаний в конкретных ситуациях, а также на развитие активности и самостоятельности студентов.

Качество самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего промежуточного и итогового контроля в форме устного опроса, коллоквиумов, контрольных работ по темам и разделам дисциплины (модулям).

Перечень рекомендуемых средств диагностики

С целью диагностики знаний, умений и навыков обучающихся по данной дисциплине рекомендуется использовать:

- 1) контрольные работы;
- 2) самостоятельные работы;
- 3) коллоквиумы по пройденному теоретическому материалу;
- 4) устный опрос в ходе семинарских занятий;
- 5) проверку конспектов лекций студентов.

Темы самостоятельных работ

1. Первый и второй законы термодинамики в биологии.
2. Биофизические основы зрительной рецепции.
3. Применение оптических квантовых генераторов (лазеров) в медицине.
4. Использование радиоактивных препаратов в медицине.
5. Ионизирующее излучение и человек.
6. Биомеханика сосудистой системы.

Темы контрольных работ

1. Схема Яблонского для сложных молекул. Энергия связи ядра. Ядерные реакции.

2. Физические свойства биоматериалов.

Темы коллоквиумов

1. Виды исследований, использующихся в клинической практике. Виды и типы используемого оборудования и методических подходов.
2. Биофизика рецепции. Молекулярные механизмы рецепторных процессов. Взаимодействие эффектор-рецептор.

Протокол согласования учебной программы

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Согласование с другими дисциплинами не требуется			