

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

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по учебной и
воспитательной работе

И.Э. Бученков

2018

Регистрационный № УД- 05-2018/уч



БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине
для специальностей:

- 1-33 01 05 – Медицинская экология
- 1-80 02 01 – Медико-биологическое дело

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта для специальностей 1-33 01 05 – Медицинская экология (ОСВО 1-33 01 05-2013), 1-80 02 01 – Медико-биологическое дело (ОСВО 1-80 02 01-2013) и учебного плана специальностей 1-33 01 05 – Медицинская экология и 1-80 02 01 – Медико-биологическое дело.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.В. Бакунович, старший преподаватель кафедры экологической химии и биохимии учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой экологической химии и биохимии учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 10 от 20.05 2018г.).

Советом факультета учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета (протокол № 13 от 11.06 2018г.).

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дисциплина «Биологическая физика» является важной составной частью программы подготовки специалистов медико-биологического профиля. Данная дисциплина относится к циклу общепрофессиональных и специальных дисциплин, которые создают теоретическую базу и формируют практические навыки специалистов для работы в научно-исследовательских, лечебно-диагностических лабораториях медико-биологических учреждений. В курсе 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.

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

Задача дисциплины – дать представление о фундаментальных основах функционирования живого организма на молекулярном, клеточном, организменном уровнях, механизмах поддержания гомеостаза в организме как главного условия сохранения жизнеспособности, способах регистрации и анализа показателей основных функций организма человека, познакомить с устройством и принципом работы основной медицинской аппаратуры.

В результате изучения дисциплины «Биологическая физика» обучающиеся должны:

знать:

- законы термодинамики в применении к биологическим системам, термодинамические характеристики стационарного состояния, термодинамическое сопряжение реакций и тепловые эффекты в биологических системах, термодинамику транспортных процессов, нелинейную термодинамику биологических систем, связь энтропии и информации в биологических системах;
- принципы преобразования энергии в биосистемах, молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения;
- принципы пространственной регуляции и самоорганизации биологических систем, условия стабильности конфигурации макромолекул, факторы стабилизации макромолекул, надмолекулярных структур и биомембран, особенности пространственной организации белков и нуклеиновых кислот, электронные свойства биополимеров;
- молекулярную организацию биологических мембран, биофизические механизмы транспорта веществ через биомембраны, пассивный и активный транспорт, молекулярное строение и механизмы функционирования ионных каналов, механизмы биоэлектrogenеза, происхождение потенциала покоя и

потенциала действия, работу АТФаз, механизмы распространения возбуждения, кодирование и передачу информации в живых организмах.

уметь:

- использовать современные биофизические методы исследования и анализа живых систем;
- применять полученные знания для медико-биологических исследований состояния организма, причин нарушения его функционирования и возникновения заболеваний;
- использовать математические методы обработки результатов исследования.

владеть:

- наиболее распространенными лабораторными методами исследований;
- навыками анализа диагностически выявляемых изменений физических свойств биополимеров, молекулярных структур и физиологических процессов;
- знаниями в сфере биологии и физики для анализа состояния систем организма, причин нарушения их функционирования и возникновения заболеваний.

Учебная программа по дисциплине «Биологическая физика» разработана в соответствии с образовательным стандартом высшего образования первой ступени по специальностям: 1-33 01 05 – Медицинская экология и 1-80 02 01 – Медико-биологическое дело. Программа рассчитана на 124 часа, в том числе аудиторных 58 часов, из них на лекции отводится 36 часов, практические занятия – 10 часов, лабораторные занятия – 12 часов.

На заочной форме обучения: лекций – 8 часов, практических занятий – 2 часа, лабораторных занятий – 4 часа.

Изучение данного курса предусматривается учебным планом специальности 1-33 01 05 – Медицинская экология очной и заочной форм обучения, а также специальности 1-80 02 01 – Медико-биологическое дело очной формы обучения. Формой аттестации по учебной дисциплине служит экзамен.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тема №1 Биофизика как междисциплинарная наука. Предмет биофизики. Биофизика в системе естественных наук. Общие принципы биофизики - молекулярная логика живого.

Тема №2 Термодинамика биологических процессов. Классификация термодинамических систем, законы термодинамики. Особенности живых организмов как термодинамических систем. Термодинамические функции, применяемые при анализе биологических процессов. Энтальпия, энтропия, свободная энергия. Энтропия и информация. Первый закон термодинамики в биологии, доказательство его применимости к живым системам.

Тема №3 Термодинамика стационарных состояний и нелинейных кинетических систем. Второй закон термодинамики в открытых системах. Термодинамическая направленность процессов. Энтропия открытых систем. Термодинамические условия существования и устойчивости стационарного состояния. Множественность стационарных состояний. Устойчивость стационарных состояний Теорема Пригожина. Самоорганизация в неравновесных системах.

Тема №4 Биоэнергетика. Трансформация энергии в клетке. Источники энергии для биосистем. Принцип энергетического сопряжения. Мембранный электрохимический потенциал как унифицированная форма энергии в клетке. Энергетика фотосинтеза. Обобщенная схема трансформации энергии в клетке.

Тема №5 Кинетика биологических процессов. Предмет и задачи кинетики биосистем, ее особенности. Типы реакций в биосистемах. Анализ последовательных (линейных), параллельных и разветвленных реакций. Порядок реакции. Влияние температуры на скорость биологических процессов. Применимость закона Аррениуса к биосистемам. Энергия активации. Кинетическая неравновесность биосистем. Регулирование скоростей реакций в организме.

Тема №6 Квантовая биофизика и фотофизика биомолекул. Структура электронных энергетических уровней молекул. Электронные уровни, электронные переходы в биомолекулах. Потенциал ионизации, электронное сродство. Поглощение света веществом. Законы поглощения света. Метод спектрофотометрии.

Тема №7 Электронно-возбужденное состояние биомолекул. Синглетные и триплетные возбужденные состояния биомолекул. Пути дезактивации электронно-возбужденного состояния биомолекул. Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Флуоресценция. Фосфоресценция. Квантовый выход люминесценции. Правило Стокса и Левшина. Закон Вавилова. Флуоресцентные зонды. Метод спектрофлуориметрии.

Тема №8 Перенос энергии электронного возбуждения. Миграция энергии в биосистемах. Индуктивно-резонансная миграция энергии.

Триплет-триплетная миграция энергии. Миграция экситона. Перенос электрона в биоструктурах. Туннельный механизм переноса электронов по цепи электронного транспорта.

Тема №9 Биофизика фотобиологических процессов. Физико-химические основы фотобиологических процессов, фотофизическая и фотохимическая стадии. Механизмы трансформации энергии в первичных фотобиологических процессах Фотосинтез, зрение. Фотосенсибилизированные фотобиологические процессы. Фотодинамический эффект, применение в медицине. Спектр фотобиологического действия.

Тема №10 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.

Тема №11 Ферменты. Термодинамика ферментативного катализа. Теории ферментативного катализа. Термодинамика ферментативного катализа. Конформационные изменения как обязательный этап ферментативного процесса. Кинетика ферментативного катализа. Регуляция активности ферментов. Аллостерическая регуляция ферментативного процесса.

Тема №12 Биофизика механохимических процессов. Биофизика мышечного сокращения. Структурные основы и энергетика мышечного сокращения. Преобразование энергии в механохимических системах, роль АТФ и Ca^{2+} . Термодинамические особенности механохимического процесса.

Тема №13 Биофизика мембран. Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Проблема биологической упорядоченности надмолекулярных структур, термодинамический аспект. Особенности межмолекулярных взаимодействий в биомембранах. Геометрия и строение биологических мембран. Белковый цитоскелет. Липидный бислой. Особенности фазовых переходов в мембранных системах. Метод микрокалориметрии. Методы исследования структуры мембран.

Тема №14 Свободно радикальные процессы. Классификация свободных радикалов, свободные радикалы воды, органических молекул, липидов, хинонов. Цепные реакции окисления и их роль в биологических системах в норме и при развитии патологических процессов. Перекисное окисление липидов. Антиоксиданты, механизм их биологического действия. Естественные антиоксиданты тканей и их биологическая роль. Метод ЭПР. Хемиллюминесценция, ее использование как метода диагностики.

Тема №15 Функции биомембран. Избирательная проницаемость биомембран. Избирательная проницаемость. Природа и механизмы. Пассивная диффузия. Транспорт неэлектролитов. Облегченная диффузия. Ионный транспорт. Ионофоры. Активный транспорт. Кинетика активного

транспорта. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны.

Тема №16 Электрические явления в биомембранах. Ионные каналы; теория одnorядного транспорта. Ионная селективность мембран. Ионные токи через возбудимую мембрану. Метод пэтч-клампа. Потенциал покоя. Потенциал действия. Роль ионов Na и K в генерации потенциала действия. Распространение потенциала действия по нервному волокну. Теория локальных токов. Синапсы. Передача возбуждения в синапсах.

Тема №17 Биофизика рецепции. Молекулярные механизмы рецепторных процессов. Взаимодействие эффектор-рецептор. G-белки. Регуляция рецепторных процессов. Виды внутриклеточной сигнализации.

Тема №18 Биофизические механизмы преобразования информации в биосистемах. Рецепторы сенсорных систем, классификация, регуляция биопроцессов.

3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Очная форма получения высшего образования

Номер раздела	Наименование раздела, темы	Количество аудиторных часов					Форма контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа	Иное	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Биофизика как междисциплинарная наука.	2	–	–	–	–	–
2	Термодинамика биологических процессов.	2	2	–	–	–	2,3
3	Термодинамика стационарных состояний и нелинейных кинетических систем.	2	–	–	–	–	–
4	Биоэнергетика. Трансформация энергии в клетке.	2	2	–	–	–	–
5	Кинетика биологических процессов.	2	–	–	–	–	1
6	Квантовая биофизика и фотофизика биомолекул.	2	2	4	–	–	2,4
7	Электронно-возбужденное состояние биомолекул	2	–	–	–	–	–
8	Перенос энергии электронного возбуждения	2	–	4	–	–	2,3,4
9	Биофизика фотобиологических процессов	2	–	–	–	–	1
10	Молекулярная биофизика. Пространственная организация биополимеров	2	2	–	–	–	2,4
11	Ферменты. Термодинамика ферментативного катализа	2	–	–	–	–	–
12	Биофизика механохимических процессов	2	–	–	–	–	–
13	Биофизика мембран	2	–	4	–	–	2,3,4
14	Свободно радикальные процессы	2	–	–	–	–	–
15	Функции биомембран. Избирательная проницаемость биомембран.	2	–	–	–	–	–
16	Электрические явления в биомембранах.	2	–	–	–	–	1
17	Биофизика рецепции.	2	2	–	–	–	2,3
18	Биофизические механизмы преобразования информации в биосистемах	2	–	–	–	–	–

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ

Заочная форма получения высшего образования

Номер раздела	Наименование раздела, темы	Количество аудиторных часов					Форма контроля знаний
		Лекции	Практические (семинарские) занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа	Иное	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Биофизика как междисциплинарная наука.	1	=	=	=	=	=
2	Термодинамика биологических процессов.	0,5	=	=	=	=	2,3
3	Термодинамика стационарных состояний и нелинейные кинетические системы.	0,5	=	=	=	=	=
4	Биоэнергетика. Трансформация энергии в клетке.	=	1	=	=	=	=
5	Кинетика биологических процессов.	=	=	=	=	=	=
6	Квантовая биофизика и фотофизика биомолекул.	0,5	0,5	2	=	=	2,3
7	Электронно-возбужденные состояния биомолекул.	0,5	=	=	=	=	=
8	Перенос энергии электронного возбуждения	0,5	=	2	=	=	2,3
9	Биофизика фотобиологических процессов	0,5	=	=	=	=	1
10	Молекулярная биофизика. Пространственная организация биополимеров	1	0,5	=	=	=	2.
11	Ферменты. Термодинамика ферментативного катализа	=	=	=	=	=	=
12	Биофизика механохимических процессов	=	=	=	=	=	=
13	Биофизика мембран	1	=	=	=	=	2,3,4
14	Свободно радикальные процессы	=	=	=	=	=	=
15	Функции биомембран. Избирательная проницаемость биомембран.	1	=	=	=	=	=
16	Электрические явления в биомембранах.	=	=	=	=	=	=
17	Биофизика рецепции.	1	=	=	=	=	2,3
18	Биофизические механизмы преобразования информации в биосистемах	=	=	=	=	=	=

4. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основные учебно-методические материалы:

1. А.Н.Ремизов, Медицинская и биологическая физика, М, Дрофа, 2008.
2. В.Ф.Антонов и др. Биофизика, М, «Владос», 2000
3. В.Г.Артюхов и др. Практикум по биофизике, Воронеж, 2001
4. Медицинская и биологическая физика: Учеб. для вузов / А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко 4-е изд. М.: Дрофа, 2003 560 с.
5. Медицинская биофизика: Учебник / В.О. Самойлов- СПб.:СпецЛит.2007-496с.
6. Новиков Д.А., Биофизика: курс лекций в двух частях. Часть I Термодинамика и молекулярная биофизика / Д.А. Новиков, М.М. Филимонов // Минск БГУ- 2008- 184с.
7. Новиков Д.А., Биофизика: курс лекций в двух частях. Часть II Фотофизические процессы в молекулах. Физические методы в биологии / Д.А. Новиков, М.М. Филимонов // Минск БГУ- 2012- 133с.
8. Биофизика: учебник / А.Б. Рубин. — М.: КНОРУС, 2016. — 190 с.

Дополнительные учебно-методические материалы:

9. Практикум по медицинской и биологической физике. Раздел «Биологическая физика»: Методы биофизических исследований / Л. М. Шейко, С. Б. Бокуть. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 64 с.
10. Медицинская биофизика: учебник для вузов / В. О. Самойлов — 3-е изд., испр. и доп. — СПб. : СпецЛит, 2013.— 591 с.
11. Физика и биофизика: учебник / В.Ф. Антонов, Е.К. Козлова, А.М. Черныш – 2-е изд., испр. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013 – 472 с.
12. Н.Б. Гусев, Молекулярные механизмы мышечного сокращения / Соросовский образовательный журнал, том 6 , № 8-2000-С.24-32.
13. В.Ф. Антонов, Мембранный транспорт / Соросовский образовательный журнал, № 6-1997-С.14-20.
14. А.Н. Тихонов, Регуляция световых и темновых стадий фотосинтеза / Соросовский образовательный журнал, № 11-1999-С.8-15.
15. В.А. Опритов, Энтропия биосистем / Соросовский образовательный журнал, № 6-1999-С.30-38.

Перечень рекомендуемых средств диагностики

Учебной программой дисциплины «Биологическая физика» специальностей 1-33 01 05 – Медицинская экология и 1-80 02 01 – Медико-биологическое дело в качестве формы итоговой аттестации служит экзамен.

Контроль усвоения знаний предполагает выполнение тестовых заданий и устных опросов. На практических занятиях следует обратить внимание на рассмотрение вопросов из области общей биологии, клинической биохимии, молекулярной биологии и др.

Перечень тем лабораторных занятий

1. Препаративные методы исследования. Метод седиментации. Дифференциальное центрифугирование.
2. Спектральные методы исследования. Метод спектрофотометрии.
3. Спектральные методы исследования. Метод спектрофлуориметрии.

Примерный перечень тем практических и семинарских занятий

1. Термодинамика биологических процессов.
2. Биоэнергетика.
3. Квантовая биофизика и фотофизика молекул.
4. Молекулярная биофизика. Пространственная организация биополимеров
5. Молекулярные механизмы рецепторных процессов.

Перечень методических средств (наглядных и других пособий, методических указаний, специального программного обеспечения и т.п.)

№ п.п.	Наименование или назначение	Вид
1.	«Здание Биологии». Основные общие принципы функционирования биосистем.	Схема Иллюстрация
2.	Законы термодинамики в применении к биосистемам	Иллюстрация
3.	Распределение энергии в биосистемах	Схема
4.	Стационарное состояние биосистем. Теорема Пригожина	Схема
5.	Регуляция скоростей биохимических реакций в клетке. Принцип Хиншельвуда	Схема
6.	Принцип «воронки» в биоэнергетике клетки	Иллюстрация
7.	Сопряжение реакций в клетке.	Схема
8.	Виды химических реакций в биосистемах. Молекулярность и порядок химической реакции	Схема
9.	Использование энергии АТФ в клетке	Рисунок
10.	Энергетические уровни молекулы. Вращательные и колебательные подуровни. Электронные переходы. Пути дезактивации электронно возбужденного состояния биомолекул. Схема Яблонского.	Иллюстрация Схема
11.	Устройство спектрофлуориметра	Схема
12.	Типы миграции энергии электронного возбуждения. Светособирающий пигмент-белковый комплекс хлоропластов, миграция энергии в процессе фотосинтеза.	Схема Иллюстрация
13.	Свободные радикалы органических соединений. Реакции перекисного окисления липидов. Метод ЭПР	Таблица, Схема Иллюстрация
14.	Спектральное распределение света, достигающего поверхности Земли.	Иллюстрация
15.	Z-схема фотосинтеза. ЭТЦ хлоропластов.	Схема Иллюстрация
16.	Белки. Ферменты. Механохимические процессы,	Иллюстрации

	сократительные белки.	
17.	Строения цитоплазматической мембраны, белки, липиды, другие компоненты биомембран. Механизмы избирательной проницаемости биомембран.	Рисунок Схема
18.	Электрические явления в биомембранах. Ионные токи через возбудимую мембрану. Ионные каналы.	Иллюстрация
19.	Схема трансдукции рецепторного сигнала. Типы внутриклеточной передачи информации.	Рисунок

Формы контроля знаний

№	Форма
1	Выборочный контроль на лекциях
2	Проверка конспектов лекций студентов
3	Выполнение тестовых заданий
4	
5	Проведение экзамена по курсу

5. ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, изучение которой связано с дисциплиной рабочей программы	Кафедра, обеспечивающая изучение этой дисциплины	Предложения кафедры об изменениях в содержании рабочей программы	Решение кафедры, разрабатывавшей рабочую программу (с указанием даты и номера протокола)
Медицинская физика	Кафедра экологической химии и биохимии		
Общая биохимия	Кафедра биохимии и биофизики		
Общая и экологическая биохимия	Кафедра биохимии и биофизики		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой экологической химии и биохимии

А.Г. Сыса

**Дополнения в рабочей программе
на 2019/2020 учебный год по дисциплине
Биологическая физика**

В рабочую программу вносятся следующие дополнения:

7	Электронно-возбужденное состояние биомолекул	Возможности использования флуоресцентного зонда Fura-2/AM в спектрофлуориметрии
---	--	---

Инновационные подходы и методы, используемые при организации образовательного процесса в преподавании учебной дисциплины

1. Эвристический подход, который предполагает демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем;
2. Практико-ориентированный подход, который предполагает освоение содержания образования через решение практических задач;
3. Метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры экологической химии и биохимии (протокол №9 от 25 апреля 2019 года)

Заведующий кафедрой



С.Н. Шахаб

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета



А.Г. Сыса

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИКА»
на 2020-2021 учебный год

№№ п/п	Дополнения и изменения	Обоснование
1	В Список литературы добавить источник: Медицинская и биологическая физика. Учебник. 4-е издание, исправленное и переработанное / А. Ремизов. под ред. Е. Бакалиной и др. / ГЭОТАР-Медиа, 2018 – 656 с.	Учебник содержит исправления и дополнения медико-биологического профиля. направленность курса. Добавлены элементы математической статистики, вопросы медицинской метрологии и физики атомов и молекул.

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры биохимии и биофизики (протокол № 9 от 22. 04. 2020 г.)

Заведующий кафедрой



С.Н. Шахаб

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета



А.Г. Сыса

**Дополнения и изменения к учебной программе
по дисциплине «Биологическая физика»
на 2021/2022 учебный год**

В программу вносятся следующие дополнения:

№	Дополнения и изменения	Обоснование
1	В тему «Молекулярная биофизика. Пространственная организация биополимеров»	Визуализация трехмерных структур мембранных белков

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры экологической химии и биохимии (протокол №9 от 28.04.2021 г.)

Заведующий кафедрой



С.Н. Шахаб

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета



А.Г. Сыса

**Дополнения и изменения к учебной программе
по дисциплине «Биологическая физика»
на 2022/2023 учебный год**

В программу вносятся следующие дополнения:

№	Дополнения и изменения	Обоснование
1	В тему «Биофизика мембран. Мембрана как универсальный компонент биологических систем»	Визуализация трехмерных структур мембранных белков

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры экологической химии и биохимии (протокол № 1 от 30.08.22г.)

Заведующий кафедрой



С.Н. Шахаб

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета



А.Г. Сыса