Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
филиал МГУ в г. Севастополе
факультет естественных наук
кафедра физики и геофизики

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Филиала МГУ в г. Севастополе
_____ О.А. Шпырко
«23» 09 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
Наименование дисциплины (модуля):

Б-ОПД Биофизика

код и наименование дисциплины (модуля)

Уровень высшего образования:
специалитет

Направление подготовки:

03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

(код и название направления/специальности)

Направленность (профиль) ОПОП:

общий

(если дисциплина (модуль) относится к вариативной части программы)

Форма обучения:
очная
очная, очно-заочная

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры физики и геофизики
протокол №5 от «19» июня 2026 г.
Заведующий кафедрой
_____(К.В. Показеев)
(подпись)

Рабочая программа одобрена
Методическим советом
Филиала МГУ в г. Севастополе
Протокол №1 от «22» сентября 2026 г.
_____(Л.И. Теплова)
(подпись)

Севастополь, 2026

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика», утвержденным приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1780 (в редакции приказа МГУ от 10 июня 2021 года № 609, от 7 октября 2021 года № 1048, от 21 декабря 2021 года № 1404), приказами об утверждении изменений в ОС МГУ от 29 мая 2023 года №700, от 29 мая 2023 года, № 702, от 29 мая 2023 года № 703

Год (годы) приема на обучение: с 2020

курс – 1

семестры – 2

зачетных единиц – 3

академических часов – 51, в т.ч.

лекций – 34 ак. ч.

практических занятий – 17 ак. ч.

Форма промежуточной аттестации:

зачет во 2 семестре

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.

Дисциплина «Биофизика» входит в базовую часть профессионального цикла ОС МГУ по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика» (специалист). Она логически, содержательно и методически базируется на следующих дисциплинах, изучаемых в университете: «Механика», «Молекулярная физика», связана с курсами «Электромагнетизм», «Введение в квантовую физику». Математической основой являются курсы «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра», «Математический анализ», а также элементарные знания по химии, биологии, анатомии и физиологии, полученные в процессе обучения в средней общеобразовательной школе.

Для успешного освоения дисциплины «Биофизика» студент должен обладать знаниями, полученными в первом семестре обучения в университете, а также основами знаний, полученных им в средней общеобразовательной школе по указанным предметам.

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

Успешное освоение дисциплин 1 семестра.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):

Знать:

- основные теоретические положения об атомно-молекулярном строении и эволюции вещества, включая живые системы;
- законы термодинамики в применении к биологическим системам, 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;
- основные особенности кинетики биологических процессов, принципы построения математических моделей биологических систем, кинетические особенности ферментативных реакций.

Уметь:

- ориентироваться в текущих научных исследованиях в пограничных областях биофизики и биотехнологии: находить, критически анализировать и обобщать найденную информацию.

Владеть:

- технологией применения полученных знаний об объектах и методах биофизики в профессиональной деятельности

Иметь опыт:

– поиска информации о новейших проблемах биофизики;
– определения скорости протекания химических реакций в живых клетках.

4. Формат обучения – контактный.

5. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 з. е., в том числе 51 академический час, отведенный на контактную работу обучающихся с преподавателем (аудиторная нагрузка). Самостоятельная работа студентов – 57 академических часов.

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

6.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий.

Наименование разделов и тем дисциплины (модуля), **Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**	**Номинальные трудозатраты обучающегося**			**Всего академических часов**	**Форма текущего контроля успеваемости** (наименование)
	Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, академические часы		**Самостоятельная работа обучающегося, академические часы**		
	Занятия лекционного типа*	Занятия семинарского типа*			
Введение в биофизику	Консультации, 1	Консультации, 1	3	5	-
Кинетика биологических процессов	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	-
Термодинамика биологических процессов	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	Реферат
Кинетика ферментативных процессов	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	-
Применение линейной термодинамики в биологии.	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	Реферат
Пространственная организация биополимеров	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	-
Динамические свойства глобулярных белков	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	Реферат
Динамические свойства глобу-	Консульта-	Консультации, 1	3	6	-

лярных белков (продолжение)	ции, 2				
Электронные свойства биополимеров	Консультации, 1	Консультации, 1	3	5	Реферат
Структура и функционирование биологических мембран	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	-
Электрические свойства биологических мембран	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	Реферат
Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны и биоэлектрогенез	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	-
Потенциал действия. Биофизика сократительных систем	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	Реферат
Молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	-
Биофизика рецепции	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	Реферат
Механизмы трансформации энергии в первичных фотобиологических процессах	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	-
Фоторегуляторные и фотодеструктивные процессы	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	Реферат
Основные положения радиационной и экологической биофизики.	Консультации, 2	Консультации, 1	3	6	-
Другие виды самостоятельной работы (при наличии): например,	-	-	-	-	-

курсовая работа, творческая работа (эссе)					
	34	17	64	102	
Промежуточная аттестация *(зачет)*			6	6	
Итого				108	

6.2. Содержание разделов (тем) дисциплины.

Лекции.

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	**Введение в биофизику**	1 час Предмет и задачи биофизики. Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах. Методологические вопросы биофизики. История развития отечественной биофизики.
2.	**Кинетика биологических процессов**	1 час Общие вопросы. Основные особенности кинетики биологических процессов. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики. Математические модели. Задачи математического моделирования в биологии. Общие принципы построения математических моделей биологических систем. Понятие адекватности модели реальному объекту. Динамические модели биологических процессов. Линейные и нелинейные процессы. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Понятие о фазовой плоскости и фазовом портрете системы. Временная иерархия и принцип "узкого места" в биологических системах. Управляющие параметры. Быстрые и медленные переменные. Способы математического описания пространственно неоднородных систем.
3.	**Термодинамика биологических процессов**	1 час Кинетика ферментативных процессов. Особенности механизмов ферментативных реакций. Понятие о физике ферментативного катализа. Кинетика

		простейших ферментативных реакций. Условия реализации стационарности. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние модификаторов на кинетику ферментативных реакций.
4.	**Кинетика ферментативных процессов**	1 час Классификация термодинамических систем. Первый и второй законы термодинамики в биологии. Теплоемкость и сжимаемость белковых глобул. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов. Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина.
5.	**Применение линейной термодинамики в биологии.**	1 час Понятие обобщенных сил и потоков. Линейные соотношения и соотношения взаимности Онзагера. Термодинамика транспортных процессов. Стационарное состояние и условия минимума скорости прироста энтропии. Теорема Пригожина. Применение линейной термодинамики в биологии.
6.	**Пространственная организация биополимеров**	1 час Макромолекула как основа организации биоструктур. Пространственная конфигурация биополимеров. Статистический характер конформации биополимеров. Условия стабильности конфигурации макромолекул. Фазовые переходы. Переходы глобула-клубок. Кооперативные свойства макромолекул. Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах. Водородные связи: силы Ван-дер-Ваальса; электростатические взаимодействия; поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения. Расчет общей конформации энергии биополимеров. -
7.	**Динамические свойства глобулярных белков**	1 час Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков. Гиперповерхности уровней конформационной энергии. Динамическая структура олигопептидов и глобулярных белков; конформационная подвижность..
8.	**Динамические свойства глобуляр-**	1 час

	ных белков (продолжение)	Результаты исследования конформационной подвижности. Ограниченная диффузия. Типы движения в белках. Иерархия амплитуд и времен релаксации конформационных движений. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами.
9.	**Электронные свойства биополимеров**	1 час Электронные уровни в биополимерах. Основные типы молекулярных орбиталей и электронных состояний, π-электроны, энергия делокализации. Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул.
10.	**Структура и функционирование биологических мембран**	1 час Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Развитие представлений о структурной организации мембран. Характеристика мембранных белков. Характеристика мембранных липидов. Динамика структурных элементов мембраны. Белок- липидные взаимодействия. Вода как составной элемент биомембран. Модельные мембранные системы. Монослой на границе раздела фаз. Бислойные мембраны. Протеолипосомы.
11.	**Электрические свойства биологических мембран**	1 час Свободные радикалы, их свойства и биологическая роль. Поверхностный заряд мембранных систем; происхождение электрокинетического потенциала. Явление поляризации в мембранах. Дисперсия электропроводности, емкости, диэлектрической проницаемости. Зависимость диэлектрических потерь от частоты.
12.	**Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны и биоэлектрогенез**	1 час Пассивный и активный транспорт веществ через биомембраны. Транспорт неэлектролитов. Проницаемость мембран для воды. Простая диффузия. Ограниченная диффузия. Связь проницаемости мембран с растворимостью проникающих веществ в липидах. Облегченная диффузия. Транспорт Сахаров и аминокислот через мембраны с участием переносчиков.

		Пиноцитоз. Транспорт электролитов. Электрохимический потенциал. Ионное равновесие на границе мембрана-раствор. Профили потенциала и концентрации ионов в двойном электрическом слое. Равновесие Доннана. Пассивный транспорт; движущие силы переноса ионов. Электродиффузионное уравнение Нернста-Планка. Уравнения постоянного поля для потенциала и ионного тока. Проницаемость и проводимость. Соотношение односторонних потоков (соотношение Уссинга).
13.	**Потенциал действия. Биофизика сократительных систем**	1 час Роль ионов Na и K в генерации потенциала действия в нервных и мышечных волокнах; роль ионов Ca и Cl в генерации потенциала действия у других объектов. Кинетика изменений потоков ионов при возбуждении. Механизмы активации и инактивации каналов. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Воротные токи. Математическая модель нелинейных процессов мембранного транспорта. Флуктуации напряжения и проводимости в модельных и биологических мембранах. Распространение возбуждения. Кабельные свойства нервных волокон. Проведение импульса по немиелиновым и миелиновым волокнам. Математические модели процесса распространения нервного импульса. Физико-химические процессы в нервных волокнах при проведении рядов импульсов (ритмическое возбуждение). Энергообеспечение процессов распространения возбуждения.
14.	**Молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения**	1 час Связь транспорта ионов и процесса переноса электрона в хлоропластах и митохондриях. Локализация электронтранспортных цепей в мембране; структурные аспекты функционирования связанных с мембраной переносчиков; асимметрия мембраны. Основные положения теории Митчела; электрохимический градиент протонов; энергезированное состояние мембран; роль векторной H+-АТФазы.

15.	**Биофизика рецепции**	1 час Гормональная рецепция. Общие закономерности взаимодействия лигандов в рецепторами; равновесное связывание гормонов. Роль структуры плазматической мембраны в процессе передачи гормонального сигнала. Рецептор-опосредованный внутриклеточный транспорт. Представления о цитоплазменно-ядерном транспорте. Методы исследования гормональных рецепторов. Сенсорная рецепция. Проблема сопряжения между первичным взаимодействием внешнего стимула с рецепторным субстратом и генерацией рецепторного (генераторного) потенциала. Общие представления о структуре и функции рецепторных клеток. Место рецепторных процессов в работе сенсорных систем.
16.	**Механизмы трансформации энергии в первичных фотобиологических процессах**	1 час Взаимодействие квантов с молекулами. Эволюция волнового пакета и результаты фемптосекундной спектроскопии. Первичные фотохимические реакции. Основные стадии фотобиологического процесса. Механизмы фотобиологических и фотохимических стадий. Кинетика фотобиологических процессов. Проблемы разделения зарядов и переноса электрона в первичном фотобиологическом процессе. Роль электронно-конформационных взаимодействий.
17.	**Фоторегуляторные и фотодеструктивные процессы**	1 час Основные типы фоторегуляторных реакций растительных и микробных организмов: фотоморфогенез, фототропизм, фототаксис, фотоиндуцированный каротиногенез. Спектры действия, природа фоторецепторных систем, механизмы первичных фотореакций.
18.	**Основные положения радиационной и экологической биофизики.**	1 час Радиационная биофизика клетки. Количественные характеристики гибели облученных клеток. Репродуктивная и интерфазная гибель клеток. Апоптоз. Принцип попадания, концепция мишени. Эволюция этих понятий. Стохастические модели. Временные и до-

		зовые эффекты радиации. Сравнительная радиочувствительность биологических объектов и систем. Действие малых доз и хронического облучения. Отдаленные последствия малых доз радиации на организм. Особенности действия внешнего и инкорпорированного, общего и локального, острого и хронического, однократного и многократного облучения организмов разными типами радиации. Этапы ответных реакций на острое облучение: физический, биофизический и общебиологический. Синдромы острого лучевого поражения: костномозговой, кишечный и церебральный. Критические органы и системы. Критические процессы лучевого поражения. Лучевой токсический эффект.

Семинары

№ п/п	Наименование разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплин
1.	**Введение в биофизику**	1 час Задачи биофизики в практике народного хозяйства.
2.	**Кинетика биологических процессов**	1 час Стационарные состояния биологических систем. Множественность стационарных состояний. Устойчивость стационарных состояний. Модели триггерного типа. Примеры. Силовое и параметрическое переключение триггера. Гистерезисные явления. Колебательные процессы в биологии. Автоколебательные режимы. Предельные циклы и их устойчивость. Примеры. Представления о пространственно неоднородных стационарных состояниях (диссипативных структурах) и условиях их образования
3.	**Термодинамика биологических процессов**	1 час Применение метода графов для исследования стационарной кинетики ферментативных реакций. Общие принципы анализа более сложных ферментативных реакций. Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Взаимосвязь кинетических и термодинамических параметров. Роль конформационных свойств биополимеров

4.	**Кинетика ферментативных процессов**	1 час Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Связь между величинами химического сродства и скоростями реакций. Термодинамическое сопряжение реакций и тепловые эффекты в биологических системах.
5.	**Применение линейной термодинамики в биологии.**	1 час Термодинамические характеристики молекулярно-энергетических процессов в биосистемах. Нелинейная термодинамика. Общие критерии устойчивости стационарных состояний и перехода к ним вблизи и вдали от равновесия. Связь энтропии и информации в биологических системах
6.	**Пространственная организация биополимеров**	1 час Факторы стабилизации макромолекул, надмолекулярных структур и биомембран. Взаимодействие макромолекул с растворителем. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Переходы спираль-клубок. Особенности пространственной организации белков и нуклеиновых кислот. Модели фибриллярных и глобулярных белков, Количественная структурная теория белка.
7.	**Динамические свойства глобулярных белков**	1 час Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные методы, ЭПР, гамма-резонансная спектроскопия, ЯМР высокого разрешения, импульсные методы ЯМР, методы молекулярной динамики. Авто- и кросскорреляционные функции торсионных углов и межатомных расстояний. Карты уровней свободной энергии пептидов
8.	**Динамические свойства глобулярных белков (продолжение)**	1 час Динамика электронно-конформационных переходов. Роль воды в динамике белков. Роль конформационной подвижности в функционировании ферментов и транспортных белков.
9.	**Электронные свойства биополимеров**	1 час Механизмы миграции энергии: резонансный механизм, синглет-синглетный и триплет-триплетный переносы, миграция экситона. Приро-

		да гиперхромного и гипохромного эффектов. Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах. Перенос электрона в биоструктурах. Различные физические модели переноса электрона. Туннельный эффект. Туннелирование с участием виртуальных уровней. Электронно-конформационные взаимодействия и релаксационные процессы в биоструктурах.
10.	**Структура и функционирование биологических мембран**	1 час Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Особенности фазовых переходов в мембранных системах. Вращательная и трасляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы. Подвижность мембранных белков. Влияние внешних (экологических) факторов на структурно-функциональные характеристики биомембран.
11.	**Электрические свойства биологических мембран**	1 час Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств. Свободные радикалы при цепных реакциях окисления липидов в мембранах и других клеточных структурах. Образование свободных радикалов в тканях в норме и при патологических процессах. Роль активных форм кислорода. Антиоксиданты, механизм их биологического действия. Естественные антиоксиданты тканей и их биологическая роль
12.	**Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны и биоэлектрогенез**	1 час Потенциал покоя, его происхождение. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны. Ионные каналы; теория однорядного транспорта. Ионофоры: переносчики и каналообразующие агенты. Ионная селективность мембран (термодинамический и кинетический подходы). Модель параллельно функционирующих пассивных и активных путей переноса ионов.
13.	**Потенциал действия. Биофизика сократительных систем**	1 час Основные понятия теории возбудимых сред. Основные типы сократи-

		тельных и подвижных систем. Молекулярные механизмы подвижности белковых компонентов сократительного аппарата мышц. Принципы преобразования энергии в механохимических системах. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики сократительных систем. Функционирование поперечнополосатой мышцы позвоночных. Модели Хаксли, Дещеревского, Хилла. Молекулярные механизмы немышечной подвижности.
14.	**Молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения**	1 час Сопрягающие комплексы, их локализация в мембране; функции отдельных субъединиц; конформационные перестройки в процессе образования макроэрга. Протеолипосомы как модель для изучения механизма энергетического сопряжения. Бактериородопсин как молекулярный фотоэлектрический генератор. Физические аспекты и модели энергетического сопряжения.
15.	**Биофизика рецепции**	1 час Фоторецепция. Строение зрительной клетки. Молекулярная организация фоторецепторной мембраны; динамика молекулы зрительного пигмента в мембране. Зрительные пигменты: классификация, строение, спектральные характеристики; фотохимические превращения родопсина. Ранние и поздние рецепторные потенциалы. Механизмы генерации позднего рецепторного потенциала. Механорецепция. Рецепторные окончания кожи, проприорецепторы. Механорецепторы органов чувств: органы боковой линии, вестибулярный аппарат, кортиев орган внутреннего уха. Общие представления о работе органа слуха. Современные представления о механизмах механорецепции; генераторный потенциал. Электрорецепция. Хеморецепция. Обоняние. Восприятие запахов: пороги, классификация запахов. Вкус. Вкусовые качества. Строение вкусовых клеток, проблема вкусовых рецепторных белков. Рецепция медиаторов и гормонов. Проблема клеточного узнавания. Механизмы

		взаимодействия клеточных поверхностей
16.	**Механизмы трансформации энергии в первичных фотобиологических процессах**	1 час Биофизика фотосинтеза Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран. Фотосинтетическая единица. Два типа пигментных систем и две световые реакции. Организация и функционирование фотореакционных центров. Проблемы первичного акта фотосинтеза. Электронно-конформационные взаимодействия. Фотоинформационный переход. Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электрон-транспортных цепях при фотосинтезе. Механизмы сопряжения окислительно-восстановительных реакций с трансмембранным переносом протона. Механизмы фотоингибирования. Особенности и механизмы фотоэнергетических реакций бактериородопсина и зрительного пигмента родопсина.
17.	**Фоторегуляторные и фотодеструктивные процессы**	1 час Фитохром – универсальная фоторецепторная система регуляции метаболизма растений. Молекулярные свойства и спектральные характеристики фитохрома. Механизм обратимой фотоконверсии двух форм фитохрома. Понятие о фотохромных молекулах и фотохромном механизме фотоактивации ферментов. Фотохимические реакции в белках, липидах и нуклеиновых кислотах. ДНК как основная внутриклеточная мишень при летальном и мутагенном действии ультрафиолетового света. Фотосенсибилизированные и двухквантовые реакции при повреждении ДНК. Механизмы фотодинамических процессов. Защита ДНК некоторыми химическими соединениями. Эффекты фоторепарации и фотозащиты. Ферментативный характер и молекулярный механизм фотореактивации. Роль фотоиндуцированного синтеза биологически активных соединений в процессе фотозащиты. Механизм фотосинергетических реакций при комбинированном действии разных длин волн ультрафи-

		олетового света**.**
18.	**Основные положения радиационной и экологической биофизики.**	1 час Роль биофизических исследований сложных систем в анализе первичных и последующих лучевых процессов. Проблема риска. Факторы, модифицирующие лучевое поражение: радиопротекторы и радиосенсибилизаторы, их химическая природа и биологическое действие. Эндогенный фон радиорезистентности. Лучевые реакции и стресс. Кислородный эффект и механизмы его проявления. Особенности химической защиты организма от действия малых доз и хронического облучения**.** Молекулярные механизмы повреждающего действия кислорода. Пути световой и темновой активации молекулярного кислорода. Ферментативные и неферментативные реакции. Роль свободно-радикальных реакций и синглетного кислорода. Методы изучения окислительных деструктивных процессов в биологических системах. Природные фотосенсибилизаторы фотодеструктивных процессов. Повреждения растений при действии гербицидов, загрязнителей атмосферы, токсических веществ, заболеваниях. Фагоцитоз и сверхчувствительность в связи с иммунитетом животных и растительных организмов. Старение растений, продукты деградации липидов и пигментов. Молекулярные механизмы адаптации живых организмов к экстремальным факторам внешней среды (температурам, освещению, засолению, действию ксенобиотиков, гипоксии и гипероксии).

7. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Опрос студентов по материалам последней прочитанной лекции, контрольно-самостоятельные работы после завершения изучения каждого раздела.

Форма промежуточного контроля – зачёт (2 семестр). По результатам сдачи зачёта студент получает «зачтено» или «не зачтено».

7.2 Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

- для зачета

Билет № 1

1. Описание динамики биологических процессов с помощью химической кинетики. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Методы определения Км и Vmax. Конкурентное и неконкурентное ингибирование.
2. Прямое и непрямое действие ионизирующих излучений. Радиолиз воды. Эффект Дейла. Радиационно-индуцированные окислительные процессы в липидах. Антиокислительные системы, участвующие в регуляции активных форм кислорода.
3. Особенности применения методов адсорбционной спектроскопии для исследования биологических объектов в ультрафиолетовой и видимой области.

Билет № 2

1. Поверхностный заряд мембраны. Двойной электрический слой; происхождение электрокинетического потенциала. Влияние pH и ионного состава среды на поверхностный потенциал.
2. Свободно радикальные состояния в биологических системах. Активные формы кислорода.
3. Флуоресцентные методы исследования фотосинтетических процессов.

Билет № 3

1. Пассивный транспорт; движущие силы переноса ионов. Электродиффузионное уравнение Нернста-Планка. Уравнения постоянного поля для потенциала и ионного тока. Проницаемость и проводимость. Соотношение односторонних потоков (соотношение Уссинга).
2. Закон Ламберта-Бера. Принцип Франка-Кондона. Внутренняя конверсия. Флуоресценция. Квантовый выход и время жизни возбужденного состояния.
3. ЭПР-спектроскопия в исследовании биологических мембран.

Билет № 4

1. Динамические модели биологических процессов (формализм записи динамических моделей на примере конкретной задачи), линейные и нелинейные динамические модели, понятие параметрической S1 +E ES1 E+P ES2 S2 +E k0 k1 k-1 k2 k3 k4 k5 k-5 k6 диаграммы, "точечные" и распределённые динамические модели.
2. Разделение зарядов и перенос электрона в первичных стадиях процессах фотосинтеза. Роль электронно-конформационных взаимодействий.
3. Исследование состояния фотосинтетической электрон-транспортной цепи методом длительного послесвечения хлорофилла.

Билет № 5

1. Фотосенсибилизаторы. Фотодинамическое действие.
2. Первый и второй законы термодинамики в биологии. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов.
3. Методы исследования электрических свойств бислойных липидных мембран и липосом.

Билет № 6

1. Структурная организация биологической мембраны. Характеристика мембранных белков и липидов. Фазовый переход. Латеральная подвижность и флип-флоп переходы.
2. Виды ионизирующих излучений. Общая физическая характеристика. Граница между ионизирующим и неионизирующим электромагнитным излучением.
3. Метод ЭПР в исследовании внутримолекулярной подвижности.

Билет № 7

1. Типы объемных взаимодействий. Критерии устойчивости макромолекул.
2. Транспорт электролитов. Электрохимический потенциал. Ионное равновесие на границе мембрана-раствор. Профили потенциала и концентрации ионов в двойном электрическом слое.
3. ЯМР-спектроскопия в исследовании внутримолекулярной подвижности.

Билет № 8

1. Ионные каналы; теория однорядного транспорта. Ионофоры: переносчики и каналообразующие агенты. Ионная селективность мембран.
2. Основные положения теории Митчела; электрохимический градиент протонов; энергизированное состояние мембран; мембранный потенциал митохондрий, хлоропластов и хроматофоров бактерий; роль H+ -АТФазы.
3. Люминесцентные методы в исследовании внутримолекулярной подвижности.

Билет № 9

1. Дозы ионизирующих излучений (экспозиционная, поглощенная, эквивалентная, эффективная) и их единицы. Мощность дозы.
2. Временная иерархия и принцип “узкого места” в биологических системах. Примеры. Управляющие параметры. Быстрые и медленные переменные.
3. Особенности применения методов адсорбционной спектроскопии для исследования биологических объектов в ультрафиолетовой и видимой области.

Билет № 10

1. Стационарные состояния биологических систем. Множественность стационарных состояний. Устойчивость стационарных состояний. Примеры.
2. Основные радиационные факторы, определяющие радиобиологические эффекты: внешнее и внутреннее облучение, вид ионизирующего излучения, доза облучения (основные характеристики дозовой кривой гибели), пространственное распределение дозы облучения в организме, временно́е распределение дозы облучения.
3. Метод регистрации токов ионных каналов («пэтч-кламп» метод)

Билет № 11

1. Транспорт неэлектролитов. Простая и ограниченная диффузия. Законы Фика. Связь проницаемости мембран с растворимостью проникающих веществ в липидах. Облегченная диффузия.
2. Биологические триггеры. Силовое и параметрическое переключение триггера. Гистерезисные явления. Примеры.
3. ЭПР-спектроскопия в исследовании биологических мембран.

Билет № 12

1. Потенциал действия. Роль ионов Na, Ca и K в генерации потенциала действия в нервных и мышечных клетках; роль ионов Ca и Cl в генерации потенциала действия в клетках водоросли. Кинетика изменений потоков ионов при потенциале действия. Описание ионных потоков в модели Ходжкина-Хаксли.
2. Механизмы переноса электрона при фотосинтезе. Сопряжение окислиотельно- восстановительных реакций с трансмембранным переносом протона.
3. Метод хемолюминесценции в исследовании генерации активных форм кислорода и перекисного окисления липидов.

Билет № 13

1. Ионные токи в модели Ходжкина-Хаксли. Воротные токи. Флуктуации напряжения и проводимости в модельных и биологических мембранах.
2. Основные биологические факторы, определяющие радиобиологические эффекты: вид живого организма, возраст (стадия развития), пол. Понятие радиочувствительности.
3. Использование метода флуоресцентных зондов для исследования состояния клеточных мембран и молекул. Примеры.

Билет № 14

1. Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран. Фотосинтетическая единица. Два типа пигментных систем и две световые реакции
2. Динамическая подвижность белков.
3. Представления о пространственно неоднородных стационарных состояниях (диссипативных структурах) и условиях их образования. Способы математического описания пространственно неоднородных систем.

Билет № 15

1. Основные фазы потенциала действия (локальный ответ, ПД, следовые потенциалы). Роль локального потенциала в генерации потенциала действия, рецепторного и синаптического потенциала. Ритмическое возбуждение и спонтанная активность нервной и растительной клетки.
2. Окислительный стресс. Активные формы кислорода. Молекулярные механизмы повреждающего действия кислорода. Пути световой и темновой активации молекулярного кислорода. Ферментативные и неферментативные реакции. Роль свободно-радикальных реакций и синглетного кислорода.
3. Применение метода спиновых зондов и меток в биологических исследованиях.

Билет № 16

1. Дозовая зависимость продолжительности жизни млекопитающих при действии ионизирующего излучения. Синдромы острого лучевого поражения. Понятие критических органов и тканей.
2. Кинетика простейших ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Влияние ингибиторов на кинетику ферментативных реакций.
3. Метод хемолюминесценции в исследовании генерации активных форм кислорода и перекисного окисления липидов.

Билет № 17
1. Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Особенности фазовых переходов в мембранных системах. Вращательная и трансляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы. Латеральная диффузия мембранных липидов.
2. Кислородный эффект в радиобиологии и его механизмы.
3. Математические модели роста отдельной популяции. Анализ модели «хищник-жертва». Фазовые портреты.

Билет № 18
1. Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Примеры.
2. Модельные мембранные системы. Монослой на границе раздела фаз. Бислойные мембраны. Протеолипосомы.
3. Флуоресцентные методы исследования фотосинтетических процессов.

Билет № 19
1. Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Энергия активации.
2. Конформационная подвижность белков. Типы движения в белках. Иерархия амплитуд и времен конформационных движений. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами.
3. Методы регистрации мембранного потенциала и ионных токов.

Билет № 20
1. Механизмы ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе. Образование многоцентровой активной конфигурации.
2. Потенциал покоя, его происхождение и интерпретация на основе эквивалентной электрической схемы мембраны. Равновесные потенциалы для ионов K и Na. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Роль АТФ-аз в активном транспорте ионов через биологические мембраны. Цикл работы Na/K насоса и Ca- насоса.
3. Флуоресцентные методы исследования внутриклеточного pH и pCa.

Билет № 21
1. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул. Механизмы миграции энергии.
2. Ионный транспорт в каналах. Ионный канал как динамическая структура: модели «поры» и кластера. Дискретное описание ионного транспорта. Влияние электрического поля на транспорт ионов в каналах. Флуктуации проводимости мембраны. Молекулярное строение канала.
3. Методы обнаружения свободно радикальных состояний.

Билет № 22
1. Понятие обобщенных сил и потоков. Линейные соотношения и соотношения взаимности Онзагера. Термодинамика транспортных процессов. Стационарное состояние и условия минимума скорости прироста энтропии. Теорема Пригожина.
2. Возбужденные состояния и трансформация энергии в молекулах. Перенос электрона и физические модели переноса электрона. Туннельный эффект.
3. Метод регистрации токов ионных каналов («пэтч-кламп» метод)

Билет № 23

1. Динамика электронно-конформационных переходов. Роль воды в динамике белков. Роль конформационной подвижности в функционировании ферментов и транспортных белков. Примеры.
2. Проницаемость мембран для воды. Закон Вант - Гоффа. Осмотические свойства клеток и органелл. Движущие силы транспорта воды. Транспорт сахаров и аминокислот через мембраны с участием переносчиков. Пиноцитоз, экзоцитоз и эндоцитоз.
3. Математические модели роста отдельной популяции. Анализ модели «хищник-жертва». Фазовые портреты.

Билет № 24

1. Трансмембранный перенос ионов в цикле бактериородопсина.
2. Общие принципы описания кинетики поведения биологических систем. Принцип узкого места. Временная иерархия процессов.
3. Дозовые кривые выживаемости облученных клеток (основные характеристики). Принцип попадания, принцип мишени, принцип усиления первичных повреждений и принцип системного ответа в радиобиологии.

Билет № 25

1. Фотохимические реакции повреждения белков и нуклеиновых кислот.
2. Физико-химические процессы в нервных волокнах при проведении потенциала действия и ритмического возбуждения. Теплопродукция и светорассеяние белков и липидов при генерации потенциала действия. Энергообеспечение процесса ритмического возбуждения.
3. ЭПР - спектроскопия при исследовании биологических мембран.

Билет № 26

1. Молекулярная организация биологических мембран. Состав, строение, образование. Термодинамика процессов формирования и устойчивости мембран. Белок-липидные взаимодействия. Фазовый переход.
2. Механизмы миграции энергии в фотосинтетической системе. Реакционные центры фотосистемы 1 и 2.
3. Лучевая болезнь человека. Определение острой и хронической лучевой болезни. Периоды и фазы острой лучевой болезни. Классификация острой лучевой болезни. Стохастические и детерминированные, генетические и соматические эффекты облучения, примеры.

Билет № 27

1. Первый и второй законы классической термодинамики в биологии. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов.
2. Активный транспорт натрия, калия и кальция. Транспорт протонов.
3. Роль электронно-конформационных взаимодействий в разделении зарядов в реакционном центре; механизмы окисления цитохрома в реакционном центре.

Билет № 28

1. Электродиффузионная теория транспорта ионов через мембрану. Электрохимический потенциал и его компоненты. Взаимодействие ионов с растворителем. Уравнение Нернста-Планка. Диффузионный потенциал. Уравнения для ионных потоков и мембранного потенциала.
2. Противолучевые химические средства. Классификация. Механизмы действия. Показатели эффективности. Фактор изменения дозы. Примеры. Понятие идеального радиопротектора.
3. Флуоресцентные методы исследования состояния фотосинтетического аппарата растений.

Билет № 29

1. Связь энтропии и информации в биологических системах.
2. Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах. Водородные связи: силы Ван- дер-Ваальса; электростатические взаимодействия; поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения. Общая конформационная энергия биополимеров.
3. Транспорт ионов. Ионное равновесие; электрохимический потенциал; профили потенциала и концентрации у границы раздела фаз; коэффициент распределения; двойной электрический слой.

Билет № 30

1. Колебательные процессы в биологии. Автоколебательные режимы. Предельные циклы и их устойчивость. Примеры.
2. Физико-химические процессы в нервном волокне при возбуждении (теплопродукция, светорассеяние, энергообеспечение). Состояние мембраны, ионный транспорт.
3. ЯМР-спектроскопия в исследовании внутримолекулярной подвижности.

Билет № 31

1. Физические механизмы переноса электрона при фотосинтезе. Сопряжение окислительно- восстановительных реакций с трансмембранным переносом протона. Механизмы фотоингибирования.
2. Первый и второй законы классической термодинамики в биологии. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов.
3. Флуоресцентные методы исследования состояния фотосистем.

- для зачета

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО) по дисциплине (модулю)				
Оценка / РО и соответствующие виды оценочных средств	Не зачтено	Зачтено		
Знания *(домашние задания)*	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения *(контрольные работы)*	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) *(зачет)*	Отсутствие навыков (владений, опыта)	Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта)	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

8. Ресурсное обеспечение:

- **Перечень основной и дополнительной литературы**.

  1. Рубин, А.Б. Биофизика : учеб. для студентов вузов : [в 3 т.]. : Т.1. Теоретическая биофизика / А. Б. Рубин. - Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2013. - 470, [1] с.
  2. Рубин, А.Б. Биофизика : учеб. для студентов вузов : [в 3 т.]. : Т.2. Биофизика клеточных процессов. Биофизика мембранных процессов / А. Б. Рубин. - Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2013. - 381 с.
  3. Рубин, А.Б. Биофизика : учеб. для студентов вузов : [в 3 т.]. : Т.3. Биофизика клеточных процессов. Механизмы первичных фотобиологических процессов / А. Б. Рубин. - Ижевск : Ин-т компьютер. исслед., 2013. - 478, [1] с.

- **Описание материально-технического обеспечения.**

  Учебный кабинет № 174, (33,21 м ^{2})
  Учебных столов – 9 шт., стульев – 19 шт.,
  3-х створчатая доска для мела – 1 шт.,
  Стол для преподавателя – 1 шт.
  Стационарный экран для проектора – 1 шт.
  Мультимедийный проектор – Персональный компьютер в комплекте Стол для преподавателя Возможность подключения ноутбука и мультимедийного оборудования, беспроводной доступ в интернет Список ПО на ноутбуках: Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016, Google Chrome, Mozilla Firefox, Adobe Reader DC, VLC Media Player

9. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в общей характеристике ОПОП.

10. Язык преподавания русский.

11. Преподаватель (преподаватели).

Доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры физики и геофизики Марк Борисович Стругацкий.

Старший преподаватель кафедры физики и геофизики, руководитель образовательной программы специалитета 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика» Андрей Валерьевич Сулимов.

12. Автор (авторы) программы.

Старший преподаватель кафедры физики и геофизики, руководитель образовательной программы специалитета 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика» Андрей Валерьевич Сулимов.