

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
биологической и медицинской  
физики**

**Д.В. Кузьмин**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Биофизика
<b>по направлению:</b>	Биотехнология
<b>профиль подготовки:</b>	Системная и синтетическая биология Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики департамент молекулярной и биологической физики
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: П.В. Башкиров, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник, доцент

Программа обсуждена на заседании департамента молекулярной и биологической физики 04.06.2020

## Аннотация

Биофизика – наука о наиболее простых и фундаментальных взаимодействиях, лежащих в основе биологических процессов. Изложенный в курсе материал является теоретической базой для анализа биологических явлений на разных уровнях организации при выяснении элементарных молекулярных взаимодействий и путей регуляции биологических процессов.

Задачи дисциплины: формирование базовых понятий об особенностях строения и условиях функционирования биологических молекул; обучение студентов принципам построения теоретических моделей при изучении механизмов биологических процессов, изучение принципов регуляции биологических процессов на различном уровне организации (молекулярном, клеточном, популяционном); ознакомление с современными экспериментальными подходами и методиками биофизических исследований.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- освоение студентами основ биофизики – науки о наиболее простых и фундаментальных взаимодействиях, лежащих в основе биологических процессов. Изложенный в курсе материал является теоретической базой для анализа биологических явлений на разных уровнях организации при выяснении элементарных молекулярных взаимодействий и путей регуляции биологических процессов.

### Задачи дисциплины

- формирование базовых понятий об особенностях строения и условиях функционирования биологических молекул;
- обучение студентов принципам построения теоретических моделей при изучении механизмов биологических процессов, изучение принципов регуляции биологических процессов на различном уровне организации (молекулярном, клеточном, популяционном);
- ознакомление с современными экспериментальными подходами и методиками биофизических исследований.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на математических, физических, химических, биологических законах, закономерностях и взаимосвязях	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований	ОПК-5.1 Способен решать поставленные задачи в области теоретических и экспериментальных исследований и разработок

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- ☐ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☐ новейшие открытия и достижения биологии, физики, химии, математики;
- ☐ о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук;
- ☐ принципы организации биологических систем и регуляции биологических процессов;
- ☐ знать основные физико-химические основы функционирования биологических систем всех уровней организации;
- ☐ особенности постановки проблем теоретического и экспериментального исследования фундаментальных биологических процессов и явлений методами биофизики;
- ☐ возможности и границы безопасности применения результатов фундаментальных биофизических исследований в приложениях (биотехнологиях).

уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☐ работать на современном экспериментальном оборудовании;
- ☐ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- ☐ планировать оптимальное проведение эксперимента.

владеть:

- ☐ планированием, постановкой и обработкой результатов биофизического эксперимента;
- ☐ научной картиной мира;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- ☐ математическим моделированием задач биофизики.

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

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Биофизика фотобиологических процессов.	8			12
2	Молекулярная биофизика.	6			12
3	Радиационная биофизика.	6			12
4	Теоретическая биофизика.	4			12
5	Экологическая биофизика.	6			12
Итого часов		30			60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 6 (Весенний)

###### 1. Биофизика фотобиологических процессов.

Взаимодействие квантов с молекулами. Эволюция волнового пакета и результаты фемтосекундной 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.

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.

Основные типы фоторегуляторных реакций растительных и микробных организмов: фотоморфогенез, фототропизм, фототаксис, фотоиндуцированный каротиногенез. Спектры действия, природа фоторецепторных систем, механизмы первичных фотореакций.

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 ультрафиолетового света.

## 2. Молекулярная биофизика.

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.

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.

Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков. Гиперповерхности уровней конформационной энергии.

Динамическая структура олигопептидов и глобулярных белков; конформационная подвижность. 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.

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. Динамика электронно-конформационных переходов. Роль воды в динамике белков. Роль конформационной подвижности в функционировании ферментов и транспортных белков.

Электронные уровни в биополимерах. Основные типы молекулярных орбиталей и электронных состояний,  $\pi$ -электроны, энергия делокализации. Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул. Механизмы миграции энергии: резонансный механизм, синглет-синглетный и триплет-триплетный переносы, миграция экситона. Природа 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.

Современные представления о механизмах ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе. Формула для константы скорости образования многоцентровой активной конфигурации.

### 3. Радиационная биофизика.

Общая физическая характеристика ионизирующих и неионизирующих излучений. Излучения как инструмент исследований структуры и свойств молекул. Гамма- и рентгеновские лучи. Рентгеноструктурный анализ, лучевая ультрамикрометрия, радиационно-химические методы. Ультрафиолетовое и видимое излучения. Спектроскопия в УФ и видимой области. Лазерная спектроскопия, исследования электронно-вращательных спектров, фотохимические методы исследования. Инфракрасное излучение, инфракрасная спектроскопия. Радиочастоты: СВЧ, УВЧ, ВЧ НЧ. Микроволновая спектроскопия, спектроскопия ЭПР, ЯМР, диэлектрическая спектроскопия, методы электропроводности.

Использование различных видов излучений в медицине, технике и сельском хозяйстве.

Специфика первичных (физических) механизмов действия различных видов излучений на молекулы. Поглощение и размен энергии. Конечный биологический эффект при действии ионизирующих и неионизирующих излучений на биологические объекты и системы.

Первичные и начальные биологические процессы поглощения энергии ионизирующих излучений. Механизмы поглощения рентгеновских и гамма-излучений, нейтронов, заряженных частиц. Экспозиционные и поглощенные дозы излучений. Единицы активности радионуклеотидов. Единицы доз ионизирующих излучений. Фактор изменения дозы облучения. Зависимость относительной биологической эффективности от линейных потерь энергии излучений. Индивидуальные и стационарные дозиметры.

Понятия "малые" и "большие" дозы радиации. Стохастические и статистические эффекты.

Инактивация молекул в результате прямого и непрямого действия ионизирующих излучений. Дозовые зависимости. Прямое действие радиации на ферменты, белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводы. Первичные процессы, приводящие к инаktivации макромолекул при прямом действии радиации. Первичные продукты радиолиза и дальнейшая судьба облученных макромолекул. Радиочувствительность молекул. Радиолиз воды и липидов. Взаимодействие растворенных молекул с продуктами радиолиза растворителей. Эффект Дейла. Образование возбужденных молекул, ионов и радикалов. Количественная характеристика непрямого действия радиации в растворах. Роль модификаторов в радиолизе молекул.

Радиационная биофизика клетки. Количественные характеристики гибели облученных клеток. Репродуктивная и интерфазная гибель клеток. Апоптоз. Принцип попадания, концепция мишени. Эволюция этих понятий. Стохастические модели.

Основы микродозиметрии ионизирующих излучений. Первичные физико-химические процессы в облученной клетке. Анализ механизмов лучевого поражения клеток. Роль молекулярных механизмов репарации ДНК и репарационных ферментов в лучевом поражении клетки. Роль повреждения биологических мембран в радиационных нарушениях клетки. Окислительные процессы в липидах и антиокислительные системы, участвующие в первичных биофизических и последующих лучевых реакциях.

Восстановительные процессы при лучевом поражении клетки.

Модификация лучевого поражения клетки.

Радиационная биофизика сложных систем. Временные и дозовые 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.

### 4. Теоретическая биофизика.

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.

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.

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.

Применение метода графов для исследования стационарной кинетики ферментативных реакций. Общие принципы анализа более сложных ферментативных реакций.

Классификация термодинамических систем. Первый и второй законы термодинамики в биологии. Теплємкость 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. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Связь между величинами химического сродства и скоростями реакций. Термодинамическое сопряжение реакций и тепловые эффекты в биологических системах.

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. 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.

Влияние температуры на скорость реакций в биологических системах. Взаимосвязь кинетических и термодинамических параметров. Роль конформационных свойств биополимеров.

## 5. Экологическая биофизика.

Адаптация, устойчивость и надежность биологических систем разного уровня организации: клеток, организмов, популяций. Разнообразие ответных реакций индивидуумов в клеточных ансамблях и популяциях. Динамика энерго-массо обмена. Прогнозирование динамики численности популяции.

Классификация воздействий. Слабые (фоновые) воздействия. Космические и периодические воздействия. Естественный радиационный фон и уровень радона в среде. Проблема озоновой дыры. ЭМ-излучения космических и земных источников. Магнитные поля Солнца, звезд, галактик и других объектов Вселенной. Циклы Солнечной активности, их влияние на Землю. Свет и биоритмы. Биологические часы.

Действие оптического излучения. Фотосинтез в море. Причины лимитирования первичной продукции. Фотоингибирование и фотодеструкция. Фоторегуляция роста растения. Оптические свойства листьев высших растений и спектральные методы оценки функционального состояния фотосинтетического аппарата.

Действие УФ-излучения. Молекулярные механизмы фотоповреждения ДНК при действии УФ излучения экологического диапазона. Клеточные системы репарации ДНК. Фотоповреждение и фотореактивация микроорганизмов. Комбинированное действие излучения разных длин волн на клетку. Ферментативная реактивация. Молекулярные механизмы действия фотолиазы.

Окислительный стресс. 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, заболеваний. 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).

Оценка состояния среды обитания. Предельно допустимые концентрации и биотестирование. Методология биотестирования. Дистанционные методы. Практическое использование биотестирования для оценки качества среды.

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

учебная аудитория. персональные компьютеры и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система).

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

### Основная литература

1. Биофизика [Текст] : в 2 т. Т. 1 : учебник для вузов. Теоретическая биофизика / А. Б. Рубин ; Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова .— 3-е изд., испр. и доп. — М. : Изд-во МГУ : Наука, 2004 .— 448 с.
2. Физика белка : Курс лекций с цветными стереоскопическими иллюстрациями и задачами [Текст] / А. В. Финкельштейн, О. Б. Птицын - М.КДУ,2014

### Дополнительная литература

Рекомендованная литература для самостоятельного изучения:

1. Рубин, А. Б. Биофизика. В 2 т. Т. 2. Изд-во МГУ : Наука, 2004
2. Кудряшов Ю.Б., Беренфельд Б.С. Основы радиационной биофизики. – М.: Издательство МГУ, 2004.
3. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. – М.: Издательство РХД, 2011 г.
4. Владимиров Ю.А., Потапенко А.Я. Физико-химические основы фотобиологических процессов. – М.: Дрофа, 2006 г.
5. Генис Р. Биомембраны: молекулярная структура и функции. – М.: Мир, 1997 г.
6. Антонов В.Ф., Смирнова Е.Ю., Шевченко Е.В. Липидные мембраны при фазовых превращениях. – М.: Наука, 1992.
7. Артюхов В.Г., Ковалева Т. А., Шмелев В.П. Биофизика. – Воронеж: Издательство ВГУ, 1994.
8. Введение в мембранологию. Учебное пособие / под ред. А.А.Болдырева. – М.: Издательство МГУ, 1990.
9. Веселова Т. В., Веселовский В. А., Чернавский Д. С. Стресс у растений. Биофизический подход. – М.: Издательство МГУ, 1993.
10. Владимиров Ю.А., Рошупкин Д.И., Потапенко А.Я., Деев А.И. Биофизика. – М.: Медицина, 1983.
11. Волькенштейн М.В. Биофизика. – М.: Наука, 1981.
12. Гончаренко Е.Н., Кудряшов Ю.Б. Гипотеза эндогенного фона радиорезистентности. – М.: Издательство МГУ, 1980.
13. Колъе О. Р., Максимов Г. В., Раденович Ч.Н. Биофизика ритмического возбуждения. – М.: Издательство МГУ, 1993.
14. Конев С.В., Волоотовский И.Д. Фотобиология. – Минск: Издательство БГУ, 1979.
15. Ризниченко Г.Ю., Рубин А. Б. Математические модели биологических продукционных процессов. Учебное пособие. – М.: Издательство МГУ, 2005.
16. Рубин А.Б. Термодинамика биологических процессов. Учебное пособие. – 2-е издание. – М.: Издательство МГУ, 1984.
17. Мятлев В.Д., Панченко Л.А., Ризниченко Г.Ю., Терехин А.Т. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели. – М: Академия, 2009.
18. Ходжкин А. Нервный импульс. – М: Мир, 1965.

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://www.library.biophys.msu.ru/rubin/>
2. <http://mathbio.professorjournal.ru/>
3. [http://www.biophys.msu.ru/general\\_courses/laboratory\\_classes/](http://www.biophys.msu.ru/general_courses/laboratory_classes/)
4. <http://erg.biophys.msu.ru/wordpress/study>
5. [http://www.biophys.msu.ru/rus/general\\_courses/mmb](http://www.biophys.msu.ru/rus/general_courses/mmb)

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Microsoft Office, Adobe Rider, любой проигрыватель видеофайлов. В процессе самостоятельной работы обучающихся возможно использование таких программных средств, как Mathcad, Scilab и др.

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса требует ответственной самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;



- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях;
- подготовку к дифференцированному зачету.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи и аргументированно отвечать на вопросы. При решении задач каждое действие необходимо аргументировать, ссылаясь на известные сведения.

В начале занятия, как правило, проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших лекций в устной или письменной форме.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

**по направлению:** Биотехнология  
**профиль подготовки:** Системная и синтетическая биология  
Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики  
департамент молекулярной и биологической физики  
**курс:** 3  
**квалификация:** бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** П.В. Башкиров, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен изучать, анализировать, использовать биологические объекты и процессы, основываясь на математических, физических, химических, биологических законах, закономерностях и взаимосвязях	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований	ОПК-5.1 Способен решать поставленные задачи в области теоретических и экспериментальных исследований и разработок

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Биофизика» обучающийся должен:

### знать:

- ☐ место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- ☐ новейшие открытия и достижения биологии, физики, химии, математики;
- ☐ о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук;
- ☐ принципы организации биологических систем и регуляции биологических процессов;
- ☐ знать основные физико-химические основы функционирования биологических систем всех уровней организации;
- ☐ особенности постановки проблем теоретического и экспериментального исследования фундаментальных биологических процессов и явлений методами биофизики;
- ☐ возможности и границы безопасности применения результатов фундаментальных биофизических исследований в приложениях (биотехнологиях).

### уметь:

- ☐ эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- ☐ представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- ☐ работать на современном экспериментальном оборудовании;
- ☐ абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- ☐ планировать оптимальное проведение эксперимента.

### владеть:

- ☐ планированием, постановкой и обработкой результатов биофизического эксперимента;
- ☐ научной картиной мира;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории на современном экспериментальном оборудовании;
- ☐ математическим моделированием задач биофизики.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Примеры типичных вопросов для текущего контроля успеваемости.

1. Виды ионизирующих излучений. Общая физическая характеристика. Граница между ионизирующим и неионизирующим электромагнитным излучением.
2. Белок и статистический полимер. Денатурация и ренатурация белков, понятия клубка и расплавленной глобулы.
3. Транспорт электролитов. Электрохимический потенциал. Ионное равновесие на границе мембрана-раствор. Профили потенциала и концентрации ионов в двойном электрическом слое.
4. Возбужденные состояния и трансформация энергии в молекулах. Перенос электрона и физические модели переноса электрона. Туннельный эффект.
5. Вторичная структура белка. Строение, функции, физико-химические свойства и особенности аминокислотного состава.

6. Основные положения теории Митчела; электрохимический градиент протонов; энергизированное состояние мембран; мембранный потенциал митохондрий, хлоропластов и хроматофоров бактерий; роль  $H^+$ -АТФазы.
7. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры белка. Связь между аминокислотной последовательностью и пространственной организацией полипептида. Парадокс Левинталя.
8. Основные фазы потенциала действия (локальный ответ, ПД, следовые потенциалы). Роль локального потенциала в генерации потенциала действия, рецепторного и синаптического потенциала. Кабельные свойства волокон. Ритмическое возбуждение и спонтанная активность нервной и растительной клетки.
9. Связь между строением молекулы белка и его функцией. Глобулярные, фибриллярные и мультисубъединичные белки. Понятие об активном центре.
10. Дозовые кривые выживаемости облученных клеток (основные характеристики). Принцип попадания, принцип мишени, принцип усиления первичных повреждений и принцип системного ответа в радиобиологии.

#### 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Примерный список вопросов к дифференцированному зачету.

1. Для поддержания постоянной температуры тела человеческий организм теряет энергию путем испарения воды с поверхности тела. Какова масса воды, которую испаряет организм, если необходимо выделить 104 кДж энергии в день, образующейся в результате метаболических процессов? Удельная теплота испарения воды составляет 2,2 кДж/г.
2. Спортсмен массой 70 кг для поддержания постоянной температуры тела выделяет 600 кДж за один час тренировки. На сколько градусов изменилась бы температура тела за 1 час, если бы организм был изолированной системой? Принять теплоемкость тела равной 4,2 Дж/(г\*К).
3. В биологическом полимере имеет место следующее превращение: нативное состояние переходит в денатурированное. При повышении температуры равновесие сдвигается вправо. Каков знак  $\Delta G^\circ$ ? Если при 60°C величина  $\Delta G^\circ$  отрицательная, а  $\Delta H^\circ$  положительная, какой знак имеет величина  $\Delta S^\circ$ ?
4. Первый и второй законы термодинамики в биологии. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов.
5. Во сколько раз изменится константа равновесия реакции при увеличении температуры с 25°C до 37°C, если свободная энергия процесса равна -88,7 кДж/моль?
6. С точки зрения классической и статистической термодинамики опишите изменение энтропии и температуры одного моля идеального газа при его расширении в пустоту.
7. Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Связь между величинами химического сродства и скоростями реакций. Термодинамическое сопряжение реакций и тепловые эффекты в биологических системах.
8. Свободная энергия. Связь с энтропией и тепловым эффектом процесса. Второй закон термодинамики и следящие потенциалы.
9. Координата реакции и понятие об активированном комплексе. Правило Вант-Гоффа и теория Аррениуса. Катализ.
10. Химическое равновесие, кинетический и термодинамический аспекты. Константа равновесия и энергия активации. Задача о химическом и электрохимическом равновесии. Химический потенциал. Уравнение Нернста.
11. Анализ математической модели двух взаимодействующих видов показал, что существуют такие значения параметров системы, когда данные виды не могут сосуществовать, не изменяя периодически свою численность. При этом эти колебания могут быть разными по амплитуде (как незначительными, так и довольно большими) и чувствительны к процессам миграции, происходящим в каждой популяции. Приведите вариант фазового портрета такой системы. Выберите конкретные начальные условия, постройте соответствующую им интегральную кривую. Приведите соответствующую выбранным начальным условиям кинетику для каждого вида. Прокомментируйте соответствующее поведение системы.

12. Анализ математической модели двух взаимодействующих видов показал, что существуют такие значения параметров системы, когда данные виды могут сосуществовать, только изменяя периодически свою численность. При этом эти колебания довольно велики по амплитуде и устойчивы к небольшим внешним воздействиям и внешнему изменению численности каждой из популяций. Приведите вариант фазового портрета такой системы. Выберите конкретные начальные условия, постройте соответствующую им интегральную кривую. Приведите соответствующую выбранным начальным условиям кинетику для каждого вида. Прокомментируйте соответствующее поведение системы.

13. Анализ математической модели двух взаимодействующих видов показал, что существуют такие значения параметров системы, когда данные виды сосуществовать не могут. Приведите вариант фазового портрета такой системы. Выберите конкретные начальные условия, постройте соответствующую им интегральную кривую. Приведите соответствующую выбранным начальным условиям кинетику для каждого вида. Прокомментируйте соответствующее поведение системы.

14. При анализе возможности подселения нового экологически близкого вида в сформировавшееся ценозное сообщество было показано, что вне зависимости от начального соотношения численности обоих видов со временем в сообществе останется только один из видов. Приведите вариант фазового портрета такой системы. Выберите конкретные начальные условия, постройте соответствующую им интегральную кривую. Приведите соответствующую выбранным начальным условиям кинетику для каждого вида. Прокомментируйте соответствующее поведение системы.

15. Действие УФ-излучения. Молекулярные механизмы повреждения ДНК при действии УФ. Клеточные системы репарации ДНК. Фотоповреждение и фотореактивация. Комбинированное действие излучения разных длин волн на клетку. Ферментативная реактивация.

16. Основные биологические факторы, определяющие радиобиологические эффекты: вид живого организма, возраст (стадия развития), пол. Понятие радиочувствительности.

17. 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.

18. Прямое и косвенное действие ионизирующих излучений. Радиолиз воды. Эффект Дейла. Радиационно-индуцированные окислительные процессы в липидах. Антиокислительные системы, участвующие в регуляции активных форм кислорода.

19. Дозы ионизирующих излучений (экспозиционная, поглощенная, эквивалентная, эффективная) и их единицы. Мощность дозы.

20. Транспорт неэлектролитов. Простая и ограниченная диффузия. Законы Фика. Связь проницаемости мембран с растворимостью проникающих веществ в липидах. Облегченная диффузия.

21. 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-

#### Критерии оценивания

Оценка отлично (10 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5 баллов) - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2 балла) - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1 балл) - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.