



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
ФГБОУ ВО «ИГУ»

**Кафедра общей и экспериментальной физики**



**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан физического факультета  
\_\_\_\_\_ / Н.М. Буднев  
«17» апреля 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Наименование дисциплины (модуля)**

Б1.В.02 Биофизика

**Направления подготовки**

03.04.02. Физика

**Направленности (профили) подготовки**

Медицинская физика

Форма обучения очная

Согласовано с УМК:  
физического факультета  
Протокол № 42 от «15» апреля 2024 г.

**Председатель:** д.ф.-м.н., профессор  
\_\_\_\_\_ Н.М. Буднев

**Рекомендовано кафедрой:**  
общей и экспериментальной физики  
Протокол № \_\_\_\_\_ 7  
от «26» марта 2024 г.  
**Зав. кафедрой:** д.ф.-м.н., профессор  
\_\_\_\_\_ А.А. Гаврилюк

**Иркутск 2024 г.**

## Содержание:

1. Цели и задачи дисциплины (модуля) .....	
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО.....	
3. Требования к результатам освоения дисциплины.....	
4. Содержание и структура дисциплины (модуля) .....	
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов.....	
4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	
4.3. Содержание учебного материала .....	
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.....	
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС).....	
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) .....	
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	
а) перечень литературы.....	
б) периодические издания.....	
в) список авторских методических разработок .....	
г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.....	
6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).....	
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	
6.2. Программное обеспечение:.....	
6.3. Технические и электронные средства:.....	
7. Образовательные технологии.....	
8. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ: Фонд оценочных средств .....	

## 1. Цели и задачи дисциплины

**Целью** дисциплины «Биофизика» является овладение студентом знаниями по основным разделам биологической физики. К задачам курса относятся

- освоение студентами основных принципов и теоретических положений биофизики;
- объяснение взаимосвязи физического и биологического аспектов функционирования живых систем;
- освоение биофизических методов исследования

К **задачам** дисциплины (модуля) относится формирование профессиональных компетенций.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная учебная дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений. Она изучается в первом семестре на первом курсе магистратуры. Для освоения содержания дисциплины необходимо знание основ общей физики, математического анализа, биологии и химии.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС ВО и по данному направлению подготовки (03.04.02 Физика)

В результате освоения данной программы слушатель должен обладать профессиональными компетенциями:

ПК-1 Способен управлять качеством физических и технических аспектов лучевой терапии.

ПК-2 Способен реализовывать дозиметрическое обеспечение лучевой диагностики.

ПК-3 Способен выполнять математическую и компьютерную обработку, интерпретацию и анализ результатов медико-физических исследований.

Знания, умения и навыки, формируемые в результате освоения дисциплины:

### **Знать**

- основные закономерности развития и жизнедеятельности организма на основе структурной организации клеток, тканей и органов;
- функциональные системы организма человека, их регуляцию и саморегуляцию при воздействии внешней среды;
- закономерности функционирования отдельных органов и систем.

### **Уметь**

- количественно и качественно оценить физиологические показатели деятельности различных органов и систем в норме;
- ориентироваться в комплексе биофизических данных об объекте и анализировать полученную в ходе эксперимента информацию.

### **Владеть**

- навыками работы со специальной литературой;
- навыками выбора конкретного метода исследований для решения поставленной задачи;
- методами расчета медико-биологических показателей и решения вопросов по представлению исследовательской и иной информации пользователю.

## 4. Структура и содержание учебного курса, дисциплины (модуля)

Объем дисциплины составляет 5 зачетных единицы, 180 часов, в том числе 96 часов контактной работы. Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов.

На практическую подготовку отводится 18 аудиторных часов (во время выполнения практических работ).

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

#### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

№ п/п	Раздел дисциплины\тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/практические занятия\лабораторные занятия	Консультации		
1	Тема 1. Введение	1			2	4		6	дискуссия
2	Тема 2. Биофизика сложных систем	1		3	6	9		10	дискуссия, тестирование, контрольная работа
3	Тема 3. Молекулярная физика	1		3	6	9	1	10	дискуссия, тестирование, контрольная работа
4	Тема 4. Биофизика мембранных процессов	1		3	6	9		10	дискуссия, тестирование, контрольная работа
5	Тема 5. Биофизика фотобиологических процессов	1		3	6	9		10	дискуссия, тестирование, контрольная работа
6	Тема 6. Радиационная биофизика	1		3	5	9	1	10	дискуссия, тестирование, контрольная работа
7	Тема 7. Экологическая биофизика	1		3	5	9		10	дискуссия, тестирование, контрольная работа
	Экзамен								
	КСР								
	Итого часов		180	18	36	58	2	66	

#### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела/темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час)		
1	Тема 1. Введение	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	6	Собеседование	
1	Тема 2. Биофизика сложных систем	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	10	Собеседование	

1	Тема 3. Молекулярная физика	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	10	Собеседование	
1	Тема 4. Биофизика мембранных процессов	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	10	Собеседование	
1	Тема 5. Биофизика фотобиологических процессов	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	10	Собеседование	
1	Тема 6. Радиационная биофизика	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра	10	Собеседование	
1	Подготовка к экзамену	Письменная работа, работа с учебной литературой, лекциями	В течение семестра		Собеседование	
	Общий объем самостоятельной работы по дисциплине	Работа с лекционным материалом и учебной литературой	К концу семестра	66	Собеседование	

### 4.3. Содержание учебного материала

#### 1. ВВЕДЕНИЕ

Предмет и задачи биофизики. Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах. Методологические вопросы биофизики. История развития биофизики.

#### 2. БИОФИЗИКА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

**2.1. Кинетика биологических процессов.** Основные особенности кинетики биологических процессов. Динамические модели биологических процессов. Линейные и нелинейные процессы. Способы математического описания пространственно неоднородных систем. Стационарные состояния биологических систем. Колебательные процессы в биологии. Представления о пространственно неоднородных стационарных состояниях (диссипативных структурах) и условиях их образования.

**2.2. Термодинамика биологических процессов.** Классификация термодинамических систем. Теплоемкость и сжимаемость белковых глобул. Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Понятие обобщенных сил и потоков. Стационарное состояние и условия минимума скорости прироста энтропии. Теорема Пригожина. Применение линейной термодинамики в биологии. Термодинамические характеристики молекулярно-энергетических процессов в биосистемах. Нелинейная термодинамика. Связь энтропии и информации в биологических системах.

#### 3. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОФИЗИКА

**3.1. Пространственная организация биополимеров.** Макромолекула как основа организации биоструктур. Пространственная конфигурация биополимеров. Статистический характер конформации биополимеров. 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. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Переходы спираль-клубок. Особенности пространственной организации белков и нуклеиновых кислот.

**3.2. Динамические свойства глобулярных белков.** Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков. Методы изучения конформационной подвижности: изотопный обмен, люминесцентные методы, ЭПР, гамма-резонансная спектроскопия, ЯМР высокого разрешения, импульсные методы ЯМР, методы молекулярной динамики.

Ограниченная диффузия. Типы движения в белках. 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.

**3.3. Электронные свойства биополимеров.** Электронные уровни в биополимерах. Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул. Механизмы миграции энергии. Природа гиперхромного и гипохромного эффектов. Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах. Перенос электрона в биоструктурах. Различные физические модели переноса электрона. Туннельный эффект.

#### **4. БИОФИЗИКА МЕМБРАННЫХ ПРОЦЕССОВ**

**4.1. Структура и функционирование биологических мембран.** Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Характеристика мембранных белков. Характеристика мембранных липидов. Белок-липидные взаимодействия. Модельные мембранные системы. Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Вращательная и трансляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы. Подвижность мембранных белков. Влияние внешних факторов на структурно-функциональные характеристики биомембран. Поверхностный заряд мембранных систем; происхождение электрокинетического потенциала. Явление поляризации в мембранах. Дисперсия электропроводности, емкости, диэлектрической проницаемости. Зависимость диэлектрических потерь от частоты. 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. Роль активных форм кислорода. Антиоксиданты, механизм биологического действия.

**4.2. Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны и биоэлектrogenез.** Пассивный и активный транспорт веществ через биомембраны. Простая диффузия. Ограниченная диффузия. Облегченная диффузия. Транспорт сахаров и аминокислот через мембраны с участием переносчиков. Пиноцитоз. Электрохимический потенциал. Ионное равновесие на границе мембрана-раствор. 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). Потенциал покоя, его происхождение. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны. Ионные каналы. Потенциал действия. 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. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Воротные токи. Математическая модель нелинейных процессов мембранного транспорта. Распространение возбуждения. Проведение импульса по немиелиновым и миелиновым волокнам. Математические модели процесса распространения нервного импульса. Физико-химические процессы в нервных волокнах при проведении рядов импульсов.

#### **5. БИОФИЗИКА ФОТОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ**

**5.1. Механизмы трансформации энергии в первичных фотобиологических процессах.** Взаимодействие квантов с молекулами. Первичные фотохимические реакции. Основные стадии фотобиологического процесса. Механизмы фотобиологических и фотохимических стадий. Кинетика фотобиологических процессов.

**5.2. Биофизика фотосинтеза.** Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран. 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. Особенности и механизмы фотоэнергетических реакций бактериородопсина и зрительного пигмента родопсина.

**5.3. Фоторегуляторные и фотодеструктивные процессы.** Основные типы фоторегуляторных реакций. Спектры действия, природа фоторецепторных систем, механизмы первичных фотореакций. Фитохром – универсальная фоторецепторная система регуляции метаболизма растений.

Молекулярные свойства и спектральные характеристики фитохрома. 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. Эффекты фоторепарации и фотозащиты.

## 6. РАДИАЦИОННАЯ БИОФИЗИКА

**6.1. Первичные 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. Прямое действие радиации на ферменты, белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводы. Первичные продукты радиолиза. Радиочувствительность молекул. Эффект Дейла. Количественная характеристика непрямого действия радиации в растворах. Роль модификаторов в радиолизе молекул.

**6.2. Радиационная биофизика клетки.** Количественные характеристики гибели облученных клеток. Репродуктивная и интерфазная гибель клеток. Апоптоз. Принцип попадания, концепция мишени. Эволюция этих понятий. Стохастические модели. 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. Восстановительные процессы при лучевом поражении клетки. Модификация лучевого поражения клетки.

**6.3. 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. Этапы ответных реакций на острое облучение: физический, биофизический и общебиологический. Синдромы острого лучевого поражения: костно-мозговой, кишечный и церебральный. Критические органы и системы. Критические процессы лучевого поражения. Лучевой токсический эффект. Эндогенный фон радиорезистентности. Лучевые реакции и стресс.

## 7. ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОФИЗИКА

Адаптация, устойчивость и надежность биологических систем разного уровня организации: клеток, организмов, популяций. Разнообразие ответных реакций индивидуумов в клеточных ансамблях и популяциях. Классификация воздействий. Действие УФ-излучения. Молекулярные механизмы фотоповреждения ДНК при действии УФ излучения экологического диапазона. Клеточные системы репарации ДНК. Фотоповреждение и фотореактивация микроорганизмов. Окислительный стресс. Молекулярные механизмы повреждающего действия кислорода. Пути световой и темновой активации молекулярного кислорода. Методы изучения окислительных деструктивных процессов в биологических системах. Природные фотосенсибилизаторы фотодеструктивных процессов. Молекулярные механизмы адаптации живых организмов к экстремальным факторам внешней среды. Оценка состояния среды обитания. Предельно допустимые концентрации и биотестирование. Практическое использование биотестирования для оценки качества среды.

### 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинаров	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства
1	2	3	4	5
1.	Биофизика сложных систем	Кинетика и термодинамика биологических процессов. Решение задач	9	дискуссия, тестирование
2.	Молекулярная биофизика	Свойства и характеристики биологических молекул	9	дискуссия, тестирование
3.	Биофизика мембранных процессов	Математические модели процесса распространения нервного импульса	9	дискуссия, тестирование
4.	Биофизика	Изучение кинетики фотобиологических	9	дискуссия,

	фотобиологических процессов	процессов		тестирование
5.	Радиационная биофизика	Расчет временных и дозовых характеристик ионизирующих излучений	9	дискуссия, тестирование
6.	Экологическая биофизика	Оценка состояния среды обитания. Предельно допустимые концентрации и биотестирование.	9	дискуссия, тестирование

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся

Внеаудиторная СР под методическим руководством и контролем преподавателя, но без его непосредственного участия при подготовке к аудиторным занятиям, текущим и промежуточным формам контроля. Виды СР обучающихся: Методические рекомендации студентам при подготовке к практическому занятию на основе изучения рекомендованной научной и учебной литературы. Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Для подготовки к занятиям, текущему контролю и промежуточной аттестации студенты могут воспользоваться электронной библиотекой ВУЗа, они имеют возможность получить доступ к учебно-методическим материалам как библиотеки ВУЗа, так и иных электронных библиотечных систем. В свою очередь, студенты могут взять на дом необходимую литературу на абонементе вузовской библиотеки, а также воспользоваться читальными залами вуза.

**Написание реферата.** Написание рефератов должно способствовать закреплению и углублению знаний, а также выработке навыков самостоятельного мышления и умения решать поставленные перед студентом задачи. Содержание выполненной работы дает возможность углубить уровень знания изучаемой проблемы, показать знание литературы и сведений, собранных студентом, выполняющим реферативные работы. Существует определенная форма, которой должен придерживаться студент, выполняющий работу. Реферат должен иметь титульный лист, содержание темы, список литературы и оглавление. Список литературы должен включать, главным образом, новейшие источники: статьи, учебники, другие первоисточники по проблемам дисциплины. Особое внимание уделяется периодической печати, которая отражает проблематику, затронутую в реферате. При написании работы обязательны ссылки на используемые источники, статистические материалы, что придает работе основательность, научную ориентацию. Реферат пишется на листах формата А4. Объем реферата должен быть не менее 18 страниц печатного текста (размер шрифта 14 при компьютерном наборе текста), из них 3 страницы – оформление реферата (1 стр. – титульный лист, 2 стр. – оглавление или план, последняя страница реферата – список использованной литературы). Реферат дает возможность не только убедиться в уровне знаний студентов по изучаемому предмету, но и установить склонность студентов к научно-исследовательской работе. Положительной оценки за реферат заслуживает студент, полностью раскрывший выбранную тему, опирающийся на новейшую литературу, демонстрирующий знание основных терминов и понятий, умение выделять существенные характеристики специфики педагогической деятельности по формированию комфортной и безопасной образовательной среды.

**Подготовка к практическому занятию.** Практическое занятие – это занятие, проводимое под руководством преподавателя в учебной аудитории, направленное на углубление научно-теоретических знаний и овладение определенными методами самостоятельной работы. В процессе таких занятий вырабатываются практические умения. Перед практическим занятием следует изучить конспект лекции и рекомендованную преподавателем литературу, обращая внимание на практическое применение теории и на методику решения типовых задач. На практическом занятии главное – уяснить связь решаемых задач с теоретическими положениями.

**Компьютерная презентация по теме** – вид самостоятельной работы студента, предусматривающий упорядочивание учебного материала в формат визуального организатора. Основные принципы при составлении компьютерной презентации: простота содержания, доступность, понятность содержания, соответствие содержанию доклада, умеренно яркое оформление, наглядность (разумное



использование ярких эффектов). Не злоупотребляйте эффектами анимации. Стиль оформления компьютерной презентации (слайдов) должен быть единым.

#### **Подготовка к промежуточному контролю по дисциплине (экзамен)**

Экзамен является неотъемлемой частью учебного процесса и призван закрепить и упорядочить знания студента, полученные на занятиях и самостоятельно. Сдаче экзамена предшествует работа студента на лекционных, практических занятиях и самостоятельная работа по изучению предмета. Отсутствие студента на занятиях без уважительной причины и невыполнение заданий самостоятельной работы является основанием для недопущения студента к сдаче экзамена. Готовиться к экзамену необходимо последовательно, с учётом примерных вопросов, содержащихся в программе. Сначала следует определить место каждого контрольного вопроса в соответствующем разделе темы учебной программы, а затем внимательно прочитать и осмыслить рекомендованную учебную и научную литературу. Работу над темой можно считать завершённой, если вы сможете ответить на все контрольные вопросы и дать определение понятий по изучаемой теме.

#### **4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)**

Курсовые работы не планируются.

### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

#### **а) основная литература:**

1. Рубин А.Б., Биофизика. В 2 т. Издательство МГУ : Наука, М.:2004 г.
2. Биофизика: Учебник для вузов / Под ред. В.Г. Артюкова. – Екатеринбург: Деловая книга, 2010. – 293 с.
3. Трухан Э.М. Введение в биофизику. М., МФТИ, 2008, - 304 с.
4. Волькенштейн М.В. Биофизика. М., 1988.

#### **б) дополнительная литература:**

1. Биофизика. Учебник для вузов. Под ред. Антонова В.Ф. – Владос, М.:2003 г., 287 стр.
2. Кудряшов Ю.Б., Радиационная биофизика (ионизирующие излучения). – ФИЗМАТЛИТ, М.:2004 г., 448 стр.
3. Экологическая биофизика. В 3-х т. Под ред. И.И. Гительзона, Н.С. Печуркина. М.: Логос, 2002.
4. Ремизов А.Н., Медицинская и биологическая физика. – М: «Высшая школа», 1999 г., 616 стр.

#### **в) программное обеспечение пакеты MSOFFICE**

#### **г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

##### Интернет-источники:

1. <http://www.protein.bio.msu.ru/biokhimiya/index.htm> - Интернет версия международного журнала по биохимии и биохимическим аспектам молекулярной биологии, биоорганической химии, микробиологии, иммунологии, физиологии и биомедицинских исследований. Статьи в pdf-формате.
2. <http://dmb.biophys.msu.ru> - Информационная система «Динамические модели в биологии», рассчитанная на широкий круг пользователей, включает в себя гипертекстовые документы и реляционные базы данных и обеспечивает унифицированный доступ к разнообразной информации по данной предметной области. справочный раздел содержит сведения о научных организациях и университетах России, в которых ведутся работы по математическому моделированию в биологии, персональную информацию о российских ученых, работающих в этой области и их трудах, аннотированный список международных и российских журналов, печатающих статьи по моделированию в биологии. Библиотека содержит библиографическую, аннотированную и полнотекстовую информацию по математическому моделированию биологических процессов, в том числе специально

подготовленные электронные версии более 20 российских монографий и учебных пособий по математическим моделям в биологии.

3. <http://tusearch.blogspot.com> - Поиск электронных книг, публикаций, законов, ГОСТов на сайтах научных электронных библиотек. В поисковике отобраны лучшие библиотеки, в большинстве которых можно скачать материалы в полном объеме без регистрации. В список включены библиотеки иностранных университетов и научных организаций.
4. <http://elibrary.ru/defaultx.asp> - Научная электронная библиотека, крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн научных статей и публикаций.

## **6. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

Практические занятия по данной дисциплине проводятся в специально подготовленном дисплейном классе, в котором на каждое рабочее место включает в себя компьютер (Intel Atom CPU D2500 и D2550 1.86x2GHz, мониторы Samsung S19B300N и S19C150N) с соответствующим лицензионным программным обеспечением. Кроме того, на факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

### **6.2. Программное обеспечение:**

Офисный пакет Open Office (свободная лицензия, бессрочно)

### **6.3. Технические и электронные средства:**

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Для обработки полученных в ходе эксперимента данных на практических занятиях в лаборатории кафедры имеются компьютеры с соответствующим программным обеспечением.

## **7. Образовательные технологии**

- Интерактивные лекции
- Групповые дискуссии
- Проблемное обучение
- Исследовательские методы в обучении
- Обучение в сотрудничестве (работа в группе)
- Анализ ситуаций и имитационных моделей

В учебном процессе используются как активные, так интерактивные формы проведения занятий.

Интерактивные формы включают в себя:

- Лекции;
- Творческие задания в форме изложения проблемного материала;
- Групповые оценки и взаимооценки: а именно рецензирование студентами выступлений друг друга.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор). Презентации позволяют качественно иллюстрировать аудиторные занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками и структурировать материал занятия. Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что улучшает восприятие материала.

Самостоятельная работа включает в себя:

- формулирование проблемных вопросов в результате самостоятельного изучения темы с привлечением основной и дополнительной литературы;
- поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей;

- конспектирование;

При необходимости, в процессе работы над заданием, студент может получить индивидуальную консультацию у преподавателя.

## 8. **Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

### 8.1.1. **Оценочные средства для входного контроля**

Для изучения данного курса обучающийся должен знать основы информатики, уметь пользоваться компьютером на продвинутом уровне, прослушать подробную технику безопасности при работе со сложным цифровым оборудованием.

### 8.1.2. **Оценочные средства текущего контроля**

Текущий контроль успеваемости магистрантов осуществляется во время лабораторных занятий в ходе собеседований со студентами при выполнении ими практических заданий. Задания для практических работ и контрольные вопросы к ним указаны в ФОС. Предусмотрены следующие формы аттестации:

промежуточная - тестирование.

Текущий контроль проводится в форме устного опроса после прохождения материалов каждого раздела.

Промежуточная аттестация проводится по итогам освоения каждого модуля в форме тестирования. Сдавшим промежуточную аттестацию считается студент, набравший при тестировании не менее 60 процентов.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ: Фонд оценочных средств**

### **Оценочные средства для входного контроля**

Для изучения данного курса студент должен знать основы биологии и биохимии, уметь пользоваться компьютером.

### **Оценочные средства текущего контроля**

*Текущий контроль* осуществляется по результатам опроса студентов и тестирования.

#### Примерный список вопросов для самоконтроля

1. Водородная связь. Ее роль в формировании структуры белка.
2. Особенности структуры воды и ее свойства.
3. Что происходит при растворении в воде неполярных молекул?
4. Энергия перехода неполярных молекул из гидрофобной в водную фазу.
5. Как можно количественно выразить гидрофобность данного вещества.
6. Какие молекулы называют амфифильными?
7. Какие молекулы называют гидрофильными?
8. Какие молекулы называют гидрофобными?
9. Какое агрегатное состояние применимо для описания полимеров?
10. Какие физические методы используют для исследования строения вещества?
11. Какие физические методы используют для исследования подвижности молекул вещества?
12. При фазовом переходе мембранных фосфолипидов из жидкокристаллического состояния в гель толщина бислоя изменяется. Как при этом изменится напряженность электрического поля в мембране?
13. Вокруг каких связей в полипептидной цепи происходит вращение?
14. Нековалентные взаимодействия между атомами. Их природа и сила.
15. Что это такое дипольные взаимодействия, как их можно рассчитать?
16. При фазовом переходе мембранных фосфолипидов из жидкокристаллического состояния в гель толщина бислоя изменяется. Как при этом изменится электрическая емкость мембраны?

17. С помощью спин-меченных молекул фосфолипидов установлен градиент вязкости по толщине мембраны. Определите, где вязкость выше: у поверхности мембраны или в ее центре?
18. Как изменится облегченная диффузия ионов калия с участием молекулы валиномицина после фазового перехода мембранных липидов из жидкокристаллического состояния в гель?
19. Какова связь коэффициента диффузии с вязкостью среды?
20. Выведите уравнение потока молекул через мембрану.
21. Какова связь проницаемости с вязкостью вещества мембраны. Приведите все необходимые уравнения и объясните их физический смысл.
22. Какова связь между проницаемостью мембраны и проницаемостью примембранных слоев воды. Выведите необходимые уравнения и объясните их физический смысл.
23. Для каких молекул или ионов основным барьером служит липидный бислой и почему?
24. Осмотический эффект в живых клетках сопровождается их набуханием в гипотоническом растворе и сжатием в гипертоническом. Будет ли наблюдаться осмотический эффект при накоплении ионов натрия по схеме антипорта?
25. Осмотический эффект в живых клетках сопровождается их набуханием в гипотоническом растворе и сжатием в гипертоническом. Будет ли наблюдаться осмотический эффект при накоплении ионов натрия по схеме симпорта?
26. Показать, что уравнение Нернста-Планка сводится к уравнению Фика для диффузии незаряженных частиц.
27. В клеточных мембранах известны три ионных насоса:  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -насос, протонный насос и кальциевый насос. Каким образом осуществляется при этом активный транспорт сахаров?
28. В клеточных мембранах известны три ионных насоса:  $\text{Na}^+$ - $\text{K}^+$ -насос, протонный насос и кальциевый насос. Каким образом осуществляется при этом активный транспорт аминокислот?
29. Возможен ли одновременный транспортный перенос ионов калия и натрия по схеме симпорта?
30. Возможен ли одновременный транспортный перенос ионов калия и натрия по схеме антипорта?
31. Возможен ли одновременный транспортный перенос ионов калия и натрия по схеме унипорта?
32. Какой транспорт ионов создает мембранную разность потенциалов: пассивный или активный?
33. Что больше: скорость распространения электрического сигнала по проводам морского телеграфа или скорость распространения нервного импульса по мембране аксона? Почему?
34. Как соотносятся проницаемости мембраны аксоны кальмара для различных ионов в покое?
35. Как соотносятся проницаемости мембраны аксоны кальмара для различных ионов при ее возбуждении?
36. Как изменится вид графика потенциала действия, если поменять химический состав внутри аксона и снаружи: аксоплазму заменить на внеклеточную жидкость, а внеклеточную жидкость – на аксоплазму?
37. Как можно объяснить характер изменений токов ионов натрия и калия при изменении потенциала на мембране?
38. Опишите формирование мембранного потенциала.
39. Электродиффузия иона в однородной среде.
40. Диффузия и элетрофорез.
41. Связь между потоком ионов и электрическим током в среде.
42. Возможен ли процесс на мембране возбудимой клетки, при котором одновременно навстречу друг другу текут потоки различных ионов, имеющих одинаковый знак заряда?
43. В чем принципиальное отличие метода фиксации потенциала от метода локальной фиксации потенциала?
44. Одинаковые ли получают формы токов ионов натрия при использовании метода фиксации потенциала или метода локальной фиксации потенциала?
45. В чем причина того, что ток через канал дискретный, а через мембрану – непрерывный, плавно изменяющийся?

Примерные вопросы для текущего контроля в форме тестирования:

1. **Термодинамическая система, которая обменивается с окружающей средой веществом и энергией, называется:**
  - a. Изолированной
  - b. Закрытой
  - c. Открытой
2. **Свободная энергия Гиббса определяется при постоянных:**
  - a. Давлении и объеме
  - b. Температуре и объеме
  - c. Температуре и давлении
3. **Бимолекулярной реакцией из приведенных примеров является:**
  - a.  $A+B \rightarrow C$
  - b.  $2A+B \rightarrow C$
  - c.  $A \rightarrow B$
4. **Если спины электронов ориентированы параллельно и не компенсируют друг друга, уровень является:**
  - a. Синглетным
  - b. Триплетным
  - c. Неравновесным
5. **К сильным взаимодействиям относятся:**
  - a. Ковалентные связи
  - b. Водородные связи
  - c. Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия
  - d. Гидрофобные взаимодействия
6. **Транспорт, осуществляемый против градиента с затратой энергии макроэргов, называется:**
  - a. Активный
  - b. Пассивный
  - c. Электрогенный
7. **Перенос вещества при облегченной диффузии идет по сравнению с простой диффузией:**
  - a. А. Медленнее
  - b. В. Быстрее
  - c. С.В противоположную сторону
  - d. D. В ту же сторону
8. **Укажите пороговые условия возникновения потенциала действия:**
  - a. Превышение входящего тока над выходящим
  - b. Возникновение локального тока
  - c. Изменение заряда мембраны
9. **Единицей измерения поглощённой дозы является:**
  - a. рад
  - b. беккерель
  - c. зиверт
  - d. кюри
10. **Чем сходны параметры термодинамического равновесия и стационарного состояния?**
  - a. Соотношением величин свободной энергии и энтропии
  - b. Динамическими характеристиками термодинамических функций
  - c. Возможностью системы самостоятельно совершать работу
11. **Свободная энергия Гельмгольца определяется при постоянных:**
  - a. Давлении и объеме
  - b. Температуре и объеме
  - c. Температуре и давлении

**12. Константа скорости реакции - это:**

- a. Скорость реакции при единичных концентрациях реагирующих веществ
- b. Скорость реакции при стандартной температуре
- c. Скорость реакции при стандартном давлении

**13. Переход электрона на триплетный уровень возможен:**

- a. С нижележащего синглетного
- b. С нижележащего триплетного
- c. С вышележащего синглетного

**14. К слабым взаимодействиям относятся:**

- a. Ковалентные связи
- b. Водородные связи
- c. Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия
- d. Гидрофобные взаимодействия

**15. Кинетика реакции нулевого порядка описывается уравнением:**

- a.  $C = C_0 \cdot \exp[-kt]$
- b.  $C = C_0 - kt$
- c.  $C = C_0 \cdot \ln(-kt)$

**16. Закон Ламберта-Бэра выполняется для:**

- a. Любых растворов
- b. Разбавленных растворов
- c. Монохроматического света

**17. Активный от пассивного вида транспорта отличается:**

- a. Направлением относительно градиента концентрации
- b. Использованием энергии
- c. Видом переносимых ионов

**18. Уравнение диффузии Фика записывается в виде:**

- a.  $J = -D \frac{dc}{dt}$
- b.  $J = -D \frac{dc}{dx}$
- c.  $J = D \frac{dc}{dt}$
- d.  $J = D \frac{dc}{dx}$

**19. В генезе потенциала действия скелетного мышечного волокна принимают участие ионы:**

- a. Калия
- b. Кальция
- c. С. Хлора

**20. Единицей измерения экспозиционной дозы является:**

- a. рентген
- b. рад
- c. зиверт

**21. Чем сходны параметры термодинамического равновесия и стационарного состояния?**

- a. Соотношением величин свободной энергии и энтропии
- b. Динамическими характеристиками термодинамических функций
- c. Возможностью системы самостоятельно совершать работу

**22. Свободная энергия Гельмгольца определяется при постоянных:**

- a. Давлении и объеме
- b. Температуре и объеме
- c. Температуре и давлении

**23. Константа скорости реакции - это:**

- a. Скорость реакции при единичных концентрациях реагирующих веществ
- b. Скорость реакции при стандартной температуре
- c. Скорость реакции при стандартном давлении

**24. Переход электрона на триплетный уровень возможен:**

- a. С нижележащего синглетного
- b. С нижележащего триплетного
- c. С вышележащего синглетного

**25. К слабым взаимодействиям относятся:**

- a. Ковалентные связи
- b. Водородные связи
- c. Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия
- d. Гидрофобные взаимодействия

**26. Активный от пассивного вида транспорта отличается:**

- a. Направлением относительно градиента концентрации
- b. Использованием энергии
- c. Видом переносимых ионов

**27. Уравнение диффузии Фика записывается в виде:**

- a.  $J = -D \frac{dc}{dt}$
- b.  $J = -D \frac{dc}{dx}$
- c.  $J = D \frac{dc}{dt}$
- d.  $J = D \frac{dc}{dx}$

**28. В генезе потенциала действия скелетного мышечного волокна принимают участие ионы:**

- a. Калия
- b. Кальция
- c. Хлора

**29. Единицей измерения экспозиционной дозы является:**

- a. Рентген
- a. рад
- b. зиверт

**30. Чем различаются термодинамическое равновесие и стационарное состояние?**

- a. Величинами свободной энергии и энтропии
- b. Динамическими характеристиками термодинамических функций
- c. Возможностью системы самостоятельно совершать работу

**31. Энтальпия определяется при постоянном:**

- a. Давлении
- b. Температуре
- c. Объеме

**32. Кинетика реакции нулевого порядка описывается уравнением:**

- a.  $C = C_0 \cdot \exp[-kt]$
- b.  $C = C_0 - kt$
- c.  $C = C_0 \cdot \ln(-kt)$

**33. Закон Ламберта-Бэра выполняется для:**

- a. Любых растворов
- b. Разбавленных растворов
- c. Монохроматического света

**34. Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия являются:**

- a. Взаимодействиями электрических зарядов
- b. Взаимодействиями электрических диполей
- c. Гидрофобными взаимодействиями

**35. Перенос ион-транспортирующей системой двух ионов в противоположных направлениях называется:**

- a. Унипорт
- b. Симпорт
- c. Антипорт

**36. В фазе деполяризации при возбуждении аксона потоки ионов Na направлены:**

- a. А. Внутри клетки
- b. В. Наружу
- c. С. Поток равен нулю

**37. По проникающей способности в порядке её возрастания ядерные излучения располагаются в следующий ряд:**

- a. альфа-излучение, гамма-излучение, бета-излучение
- b. гамма-излучение, альфа-излучение, бета-излучение
- c. бета-излучение, гамма-излучение, альфа-излучение
- d. альфа-излучение, бета-излучение, гамма-излучение

**38. Водородные связи имеют природу:**

- a. Диполь-дипольных взаимодействий
- b. Заряд-дипольных взаимодействий
- c. Заряд-зарядных взаимодействий

**39. Простая диффузия – это:**

- a. Процесс самопроизвольного проникновения вещества через мембрану по градиенту концентрации
- b. Процесс самопроизвольного проникновения вещества через мембрану против градиента концентрации
- c. Процесс проникновения вещества через мембрану по градиенту концентрации с участием белка-переносчика

**40. Онкотическое давление – это:**

- a. Осмотическое давление внутри клетки
- b. Компонент осмотического давления, обусловленный белками
- c. Осмотическое давление в клетках злокачественной опухоли

**Оценочные средства для экзамена**

Примерный список вопросов к экзамену

1. Описание кинетики биологических процессов. Общие принципы построения математических моделей биологических систем. Динамические модели биологических процессов. Линейные и нелинейные процессы.
2. Способы математического описания пространственно неоднородных систем. Стационарные состояния биологических систем.
3. Колебательные процессы в биологии. Представления о пространственно неоднородных стационарных состояниях (диссипативных структурах) и условиях их образования.
4. Классификация термодинамических систем. Теплоемкость и сжимаемость белковых глобул. Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния.
5. Понятие обобщенных сил и потоков. Стационарное состояние и условия минимума скорости прироста энтропии. Теорема Пригожина. Применение линейной термодинамики в биологии.
6. Термодинамические характеристики молекулярно-энергетических процессов в биосистемах. Нелинейная термодинамика. Связь энтропии и информации в биологических системах.
7. Макромолекула как основа организации биоструктур. Пространственная конфигурация биополимеров. Статистический характер конформации биополимеров.
8. Фазовые переходы. Переходы глобула-клубок. Кооперативные свойства макромолекул.
9. Типы объемных взаимодействий в белковых макромолекулах. Водородные связи: силы Ван-дер-Ваальса; электростатические взаимодействия; поворотная изомерия и энергия внутреннего вращения.
10. Состояние воды и гидрофобные взаимодействия в биоструктурах. Переходы спираль-клубок. Особенности пространственной организации белков и нуклеиновых кислот.
11. Структурные и энергетические факторы, определяющие динамическую подвижность белков. Методы изучения конформационной подвижности.
12. Ограниченная диффузия. Типы движения в белках. Связь характеристик конформационной подвижности белков с их функциональными свойствами.



13. Динамика электронно-конформационных переходов. Роль воды в динамике белков. Роль конформационной подвижности в функционировании ферментов и транспортных белков.
14. Электронные уровни в биополимерах. Схема Яблонского для сложных молекул. Принцип Франка - Кондона и законы флуоресценции. Люминесценция биологически важных молекул.
15. Механизмы миграции энергии. Природа гиперхромного и гипохромного эффектов. Возбужденные состояния и трансформация энергии в биоструктурах.
16. Перенос электрона в биоструктурах. Различные физические модели переноса электрона. Туннельный эффект.
17. Мембрана как универсальный компонент биологических систем. Характеристика мембранных белков. Характеристика мембранных липидов. Белок-липидные взаимодействия. Модельные мембранные системы.
18. Физико-химические механизмы стабилизации мембран. Вращательная и трансляционная подвижность фосфолипидов, флип-флоп переходы.
19. Подвижность мембранных белков. Влияние внешних факторов на структурно-функциональные характеристики биомембран.
20. Поверхностный заряд мембранных систем; происхождение электрокинетического потенциала. Явление поляризации в мембранах.
21. Дисперсия электропроводности, емкости, диэлектрической проницаемости. Зависимость диэлектрических потерь от частоты. Особенности структуры живых клеток и тканей, лежащие в основе их электрических свойств.
22. Свободные радикалы при цепных реакциях окисления липидов в мембранах и других клеточных структурах. Роль активных форм кислорода. Антиоксиданты, механизм биологического действия.
23. Пассивный и активный транспорт веществ через биомембраны. Простая диффузия. Ограниченная диффузия. Облегченная диффузия.
24. Транспорт сахаров и аминокислот через мембраны с участием переносчиков. Пиноцитоз.
25. Электрохимический потенциал. Ионное равновесие на границе мембрана-раствор. Равновесие Доннана.
26. 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).
27. Потенциал покоя, его происхождение. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Участие АТФаз в активном транспорте ионов через биологические мембраны. Ионные каналы.
28. Потенциал действия. 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. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли.
29. Воротные токи. Математическая модель нелинейных процессов мембранного транспорта. Распространение возбуждения. Проведение импульса по немиелиновым и миелиновым волокнам.
30. Математические модели процесса распространения нервного импульса. Физико-химические процессы в нервных волокнах при проведении рядов импульсов.
31. Взаимодействие квантов с молекулами. Первичные фотохимические реакции. Основные стадии фотобиологического процесса. Механизмы фотобиологических и фотохимических стадий. Кинетика фотобиологических процессов.
32. Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран. Организация и функционирование фотореакционных центров. Проблемы первичного акта фотосинтеза.
33. Электронно-конформационные взаимодействия. Фотоинформационный переход. Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электрон-транспортных цепях при фотосинтезе.
34. Особенности и механизмы фотоэнергетических реакций бактериородопсина и зрительного пигмента родопсина.
35. Основные типы фоторегуляторных реакций. Спектры действия, природа фоторецепторных систем, механизмы первичных фотореакций. Фитохром – универсальная фоторецепторная система регуляции метаболизма растений. Молекулярные свойства и спектральные характеристики фитохрома.

36. Фотохимические реакции в белках, липидах и нуклеиновых кислотах. ДНК как основная внутриклеточная мишень при летальном и мутагенном действии ультрафиолетового света.
37. Фотосенсибилизированные и двухквантовые реакции при повреждении ДНК. Механизмы фотодинамических процессов. Эффекты фоторепарации и фотозащиты.
38. Механизмы поглощения рентгеновских и гамма-излучений, нейтронов, заряженных частиц. Экспозиционные и поглощенные дозы излучений. Единицы активности радионуклеотидов. Единицы доз ионизирующих излучений.
39. Фактор изменения дозы облучения. Зависимость относительной биологической эффективности от линейных потерь энергии излучений. Индивидуальные и стационарные дозиметры.
40. Прямое действие радиации на ферменты, белки, нуклеиновые кислоты, липиды, углеводы. Первичные продукты радиолиза. Радиочувствительность молекул.
41. Эффект Дейла. Количественная характеристика непрямого действия радиации в растворах. Роль модификаторов в радиолизе молекул.
42. Количественные характеристики гибели облученных клеток. Репродуктивная и интерфазная гибель клеток. Апоптоз.
43. Принцип попадания, концепция мишени. Эволюция этих понятий. Стохастические модели. Анализ механизмов лучевого поражения клеток.
44. Роль молекулярных механизмов репарации ДНК и репарационных ферментов в лучевом поражении клетки. Роль повреждения биологических мембран в радиационных нарушениях клетки.
45. Восстановительные процессы при лучевом поражении клетки. Модификация лучевого поражения клетки.
46. Временные и дозовые эффекты радиации. Сравнительная радиочувствительность биологических объектов и систем. Действие малых доз и хронического облучения. Отдаленные последствия малых доз радиации на организм.
47. Этапы ответных реакций на острое облучение: физический, биофизический и общепатологический. Синдромы острого лучевого поражения: костно-мозговой, кишечный и церебральный.
48. Критические органы и системы. Критические процессы лучевого поражения. Лучевой токсический эффект. Эндогенный фон радиорезистентности. Лучевые реакции и стресс.
49. Адаптация, устойчивость и надежность биологических систем разного уровня организации: клеток, организмов, популяций. Разнообразие ответных реакций индивидуумов в клеточных ансамблях и популяциях. Классификация воздействий.
50. Действие УФ-излучения. Молекулярные механизмы фотоповреждения ДНК при действии УФ излучения экологического диапазона. Клеточные системы репарации ДНК.
51. Фотоповреждение и фотореактивация микроорганизмов. Окислительный стресс. Молекулярные механизмы повреждающего действия кислорода. Пути световой и темновой активации молекулярного кислорода. Методы изучения окислительных деструктивных процессов в биологических системах.
52. Природные фотосенсибилизаторы фотодеструктивных процессов. Молекулярные механизмы адаптации живых организмов к экстремальным факторам внешней среды.
53. Оценка состояния среды обитания. Предельно допустимые концентрации и биотестирование. Практическое использование биотестирования для оценки качества среды.

Проведение текущего контроля осуществляется на практических занятиях: в виде опроса теоретического материала и умения применять его к решению задач, в виде проверки домашних заданий, в виде тестирования по отдельным темам; промежуточный контроль осуществляется проведением тестов по отдельным разделам дисциплины, тестирования по разделам дисциплины, изученным студентом в период между аттестациями.

Средства контроля - тесты, устные опросы, собеседования, которые позволяют определить достижение слушателями планируемых результатов для каждой формы аттестации.

Промежуточная аттестация проводится по итогам освоения каждого модуля в форме тестирования. Сдавшим промежуточную аттестацию считается слушатель, набравший при тестировании не менее 60 процентов. Результаты промежуточного контроля знаний:

«отлично» - более 85%

«хорошо» - от 71 до 85%

«удовлетворительно» - от 60 – до 70%

«неудовлетворительно» - менее 60%

**Сведения об авторе (составителе/разработчике) программы:**

Семибратова Виктория Александровна, доцент кафедры общей и экспериментальной физики, к.ф.-м.н.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и экспериментальной физики ИГУ

«26» марта 2024 г.

Протокол № 7, зав. кафедрой  А.А. Гаврилюк

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**

**ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ОБНОВЛЕНИЯ (изменения) ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Реквизиты ЛНА, зарегистрировавшего изменения	№ модуля (раздела), пункта, подпункта			Дата внесения изменений	Всего листов в документе	Подпись ответственного за внесение изменения
	Измененного	Нового	Изъяттого			
№ _____ от _____						