

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 24

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель образовательной программы

К.Т.Н. доц. \_\_\_\_\_  
(должность, уч. степень, звание)

О.В. Тихоненкова  
(инициалы, фамилия)

(подпись)  
«б» 02 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Биофизические основы живых систем»  
(Наименование дисциплины)

|   |   |
|---|---|
| Код направления подготовки/<br>специальности          | 12.03.04  |
| Наименование направления<br>подготовки/ специальности | Биотехнические системы и технологии             |
| Наименование<br>направленности                        | Биотехнические и медицинские аппараты и системы |
| Форма обучения  | очная   |
| Год приема  | 2025  |

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Доцент, к.т.н.  
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

А.З. Яфаров  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 24

«б» 02 2025 г, протокол № 2/25

Заведующий кафедрой № 24

К.Т.Н. доц.  
(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

О.В. Тихоненкова  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по исторической работе

доц., к.т.н. доц.  
(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Н.В. Марковская  
(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Биофизические основы живых систем» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/ специальности 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» направленности «Биотехнические и медицинские аппараты и системы». Дисциплина реализуется кафедрой «№24».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ОПК-1 «Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением биофизических процессов в системах и их структурных элементах различного уровня, ознакомление с соответствующей технологией, литературой, биофизическими методами исследований жизнедеятельности для применения полученных знаний в медико-технической практике.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, семинары, самостоятельная работа студента, консультации.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Биофизические основы живых систем» является формирование научного мировоззрения и научной методологии в биологии и медицине. Приобретение обучающимися теоретической основы проведения клинико-лабораторных и функциональных методов исследования, основ молекулярной диагностики и применения современных технических средств для медицинских исследований; подготовка высококвалифицированных специалистов для практической и исследовательской работы в учреждениях практического здравоохранения, внедрения и эксплуатации современной медицинской диагностической техники, внедрения количественных методов диагностики в практическое здравоохранение, для научно-исследовательской деятельности с целью разработки и внедрения в медицинскую практику достижений медико-биологических наук.

В области воспитания личности целью подготовки по данной дисциплине является формирование таких социально-личностных и общекультурных компетенций, как целеустремленность, организованность, трудолюбие, ответственность, умение работать в коллективе.

1.2. Дисциплина входит в состав обязательной части образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

| Категория (группа) компетенции   | Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции   |
|----------------------------------|--|--|
| Общепрофессиональные компетенции | ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем | ОПК-1.3.1 знать фундаментальные законы природы и основные математические законы при решении задач, связанных с разработкой, проектированием, конструированием, технологиями производства и эксплуатации биотехнических систем<br>ОПК-1.У.1 уметь применять знания естественных наук в инженерной практике проектирования биотехнических систем и медицинских изделий<br>ОПК-1.В.1 владеть навыками применения общетехнических знаний в инженерной деятельности для анализа и проектирования биотехнических систем, медицинских изделий |

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- философия;
- математика;
- физика;
- химия;
- информационные технологии;
- основы биохимии и биологии;
- моделирование биологических процессов и систем;
- теория автоматического управления;
- метрология;
- теоретические основы электротехники;
- электроника;
- социология.

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- основы технологии и конструирования медицинских электронных систем;
- узлы и элементы биотехнических систем;
- биотехнические системы (БТС) медицинского назначения;
- проектирование БТС;
- аналитические и экологические приборы;
- моделирование систем;
- технические методы диагностических исследований и лечебных воздействий;
- медицинская диагностика.

### 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

| Вид учебной работы  | Всего  | Трудоемкость по семестрам |
|---|--------|---------------------------|
|   |        | №5                        |
| 1   | 2      | 3                         |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>   | 4/ 144 | 4/ 144                    |
| <b>Из них часов практической подготовки</b>   |        |                           |
| <b>Аудиторные занятия, всего час.</b>   | 51     | 51                        |
| в том числе:  |        |                           |
| лекции (Л), (час)   | 34     | 34                        |
| практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)  |        |                           |
| лабораторные работы (ЛР), (час)   | 17     | 17                        |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)  |        |                           |
| экзамен, (час)  | 36     | 36                        |
| <b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>  | 57     | 57                        |
| <b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**) | Экз.   | Экз.                      |

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

| Разделы, темы дисциплины  | Лекции<br>(час) | ПЗ (СЗ)<br>(час) | ЛР<br>(час) | КП<br>(час) | СРС<br>(час) |
|---|-----------------|------------------|-------------|-------------|--------------|
| Семестр 5   |                 |                  |             |             |              |
| Раздел 1. Предмет и задачи биофизики  | 2               |                  |             |             | 6            |
| Раздел 2. Молекулярная биофизика<br>Тема 2.1. Химия и биология<br>Тема 2.2. Макромолекулы, их физические свойств.<br>Тема 2.3. Состав и структура белковых молекул<br>Тема 2.4. Нуклеиновые кислоты<br>Тема 2.5. Биохимические процессы   | 3               |                  |             |             | 5            |
| Раздел 3. Биофизика клетки, мембранный транспорт веществ<br>Тема 3.1. Функции и физические свойства клеток<br>Тема 3.2. Мембранный транспорт веществ<br>Тема 3.3. Пассивный и активный мембранный транспорт<br>Тема 3.4. Уравнения диффузии<br>Тема 3.5. Электрохимический градиент   | 4               |                  | 2           |             | 5            |
| Раздел 4. Биоэлектрические процессы<br>Тема 4.1. Пассивные электрические свойства биотканей<br>Тема 4.2. Активные биоэлектрические явления<br>Тема 4.3. Потенциал равновесия Доннана<br>Тема 4.4. Потенциал покоя клеток<br>Тема 4.5. Моделирование потенциала покоя<br>Тема 4.6. Уравнения потенциала покоя мембраны.<br>Тема 4.7. Регистрация биопотенциалов<br>Тема 4.8. Потенциал действия<br>Тема 4.9. Распространение нервного импульса<br>Тема 4.10. Модель Ходжкина-Хаксли<br>Тема 4.11. Синаптическая передача | 6               |                  |             |             | 8            |

|  |   |  |   |  |   |
|--|---|--|---|--|---|
| <p>Раздел 5. Основы термодинамики процессов жизнедеятельности</p> <p>Тема 5.1. Основные понятия классической термодинамики</p> <p>Тема 5.2. I и II законы термодинамики</p> <p>Тема 5.3. Принцип минимума производства энтропии (принцип Пригожина)</p> <p>Тема 5.4. Термодинамическое равновесие</p> <p>Тема 5.5. Неравновесная термодинамика</p> <p>Тема 5.6. Основные закономерности термодинамики открытых систем.</p> | 4 |  |   |  | 5 |
| <p>Раздел 6. Биомеханика</p> <p>Тема 6.1. Двигательная функция клеток</p> <p>Тема 6.2. Мышечное сокращение, его механизм</p> <p>Тема 6.3. Связь силы сокращения мышцы с удлинением саркомера</p> <p>Тема 6.4. Уравнение Хилла</p> <p>Тема 6.5. Моделирование мышечного сокращения</p>  | 2 |  | 2 |  | 6 |
| <p>Раздел 7. Зрительный, слуховой и кожный анализаторы</p> <p>Тема 7.1. Зрительный анализатор</p> <p>Тема 7.2. Строение глаза как оптической системы и передача информации в нем</p> <p>Тема 7.3. Восприятие звука</p> <p>Тема 7.4. Преобразование сигнала и кодирование информации в органе слуха</p> <p>Тема 7.5. Кожные анализаторы</p> <p>Тема 7.6. Преобразование информации в кожных рецепторах</p>                  | 3 |  |   |  | 4 |
| <p>Раздел 8. Рецепция запаха и вкуса</p> <p>Тема 8.1. Рецепция запаха.</p> <p>Тема 8.2. Молекулярное узнавание</p> <p>Тема 8.3. Экспериментальное исследование рецепции запаха</p> <p>Тема 8.4. Вкусовой анализатор</p> <p>Тема 8.5. Химическое строение вещества и его вкус</p>   | 2 |  |   |  | 6 |

|  |    |   |    |   |    |
|--|----|---|----|---|----|
| Раздел 9. Биофизика кровообращения<br>Тема 9.1. Система кровообращения, ее задачи и строение<br>Тема 9.2. Классификация кровеносных сосудов, особенности их функционирования<br>Тема 9.3. Транспортная функция системы кровообращения<br>Тема 9.4. Биомеханика кровообращения<br>Тема 9.5. Контур регуляции<br>Тема 9.6. Моделирование системы кровообращения<br>Тема 9.7. Сердце, его строение и характеристики работы<br>Тема 9.8. Проведение потенциалов действия по тканям сердца<br>Тема 9.9. Электрокардиография<br>Тема 9.10. Моделирование работы сердца | 6  |   | 8  |   | 8  |
| Раздел 10. Биофизика дыхания<br>Тема 10.1. Система внешнего дыхания и ее функции<br>Тема 10.2. Параметры системы дыхания: растяжимость, дыхательные объемы и емкости.<br>Тема 10.3. Измерение параметров внешнего дыхания.   | 2  |   | 5  |   | 4  |
| Итого в семестре:  | 34 |   | 17 |   | 57 |
| Итого  | 34 | 0 | 17 | 0 | 57 |
|  |    |   |    |   |    |

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

| Номер раздела | Название и содержание разделов и тем лекционных занятий   |
|---------------|---|
| Раздел 1      | ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ БИОФИЗИКИ. История развития биофизики. Живая и неживая природа. Взаимосвязь биофизики с другими науками. Разделы и методы биофизики. Современные задачи биофизики.   |
| Раздел 2      | МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОФИЗИКА. Взаимосвязь химии и биологии. Макромолекулы, состав и структура белковых молекул. Нуклеиновые кислоты. Основные биохимические процессы.   |
| Раздел 3      | БИОФИЗИКА КЛЕТКИ, МЕМБРАННЫЙ ТРАНСПОРТ ВЕЩЕСТВ. Клетка как структурная и функциональная единица живого организма. Клеточная мембрана, ее структура, свойства и роль в жизнедеятельности клетки. Пассивный и активный мембранный транспорт веществ. Уравнения диффузии. Электрохимический градиент. Ионные |

|           |  |
|-----------|--|
|           | каналы.  |
| Раздел 4  | БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ. Пассивные электрические свойства биотканей, их электрическое сопротивление и частотные свойства. Моделирование электрического сопротивления биотканей. Активные биоэлектрические явления, механизм возникновения биоэлектрических потенциалов. Доннановский потенциал равновесия. Потенциал покоя клеток. Моделирование потенциала покоя мембраны – уравнения Нернста, Ходжкина-Хаксли-Катца. Потенциал действия. Модель потенциала действия Ходжкина-Хаксли. Проведение возбуждения по нервному волокну. Синаптическая передача, классификация синапсов. |
| Раздел 5  | ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ. Основные понятия классической термодинамики. Термодинамические системы. Функции состояния и энтропия биосистем. I и II законы термодинамики, их применимость для биологических процессов. Принцип минимума производства энтропии (принцип Пригожина). Термодинамическое равновесие. Неравновесные процессы в биологических системах.   |
| Раздел 6  | БИОМЕХАНИКА. Механизм мышечного сокращения. Связь между силой сокращения и удлинением саркомера. Уравнение Хилла. Моделирование мышечного сокращения.  |
| Раздел 7  | ЗРИТЕЛЬНЫЙ, СЛУХОВОЙ И КОЖНЫЙ АНАЛИЗАТОРЫ. Зрительный анализатор, получение и передача информации от фоторецепторных клеток. Слуховой анализатор. Получение, преобразование и кодирование информации в органе слуха. Кожный анализатор. Тактильная, болевая и температурная рецепции. Получение и передача информации от кожных рецепторов.  |
| Раздел 8  | РЕЦЕПЦИЯ ЗАПАХА И ВКУСА. Рецепция запаха и молекулярное узнавание. Стереохимическая теория восприятия запаха. Экспериментальное исследование рецепции запаха Вкусовой анализатор, вкусовые рецепторы. Химическое строение вещества и его вкус.   |
| Раздел 9  | БИОФИЗИКА КРОВООБРАЩЕНИЯ. Строение системы кровообращения. Функции системы кровообращения. Классификация кровеносных сосудов, их строение и функции. Характеристики тока крови, основные расчетные соотношения. Контур регуляции системы кровообращения. Строение сердца и характеристики его работы. Потенциалы действия кардиомиоцитов и их проведение по тканям сердца. Кардиосигнал и его регистрация. Моделирование сердечно-сосудистой системы: модели сосудов, сердца и регуляции.  |
| Раздел 10 | БИОФИЗИКА ДЫХАНИЯ. Система внешнего дыхания ее строение и функции. Параметры системы дыхания: дыхательные объемы и емкости, эластическое и неэластическое сопротивление. Измерение параметров внешнего дыхания.  |



#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

| № п/п                           | Темы практических занятий | Формы практических занятий | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|---------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Учебным планом не предусмотрено |                           |                            |                     |                                       |                      |
|                                 |                           |                            |                     |                                       |                      |
| Всего                           |                           |                            |                     |                                       |                      |

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

| № п/п     | Наименование лабораторных работ  | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|-----------|--|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Семестр 5 |  |                     |                                       |                      |
| 1         | Исследование уравнения диффузии мембранного транспорта веществ                       | 2                   | 1                                     | 3                    |
| 2         | Исследование моделей мышечного сокращения  | 2                   | 1                                     | 6                    |
| 3         | Исследование модели сердца   | 2                   | 1                                     | 9                    |
| 4         | Исследование моделей сосудов системы кровообращения                                  | 2                   | 1                                     | 9                    |
| 5         | Исследование уравнений регуляции системы кровообращения                              | 2                   | 1                                     | 9                    |
| 6         | Исследование методов функциональной диагностики сердечно-сосудистой системы          | 2                   | 1                                     | 9                    |
| 7         | Исследования восприятия информационного речевого сигнала слуховым аппаратом человека | 2                   | 1                                     | 10                   |
| 8         | Исследование процесса искусственной вентиляции легких                                | 3                   | 1                                     | 10                   |
| Всего     |  | 17                  |                                       |                      |

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

| Вид самостоятельной работы                        | Всего,<br>час | Семестр 5,<br>час |
|---|---------------|-------------------|
| 1   | 2             | 3                 |
| Изучение теоретического материала дисциплины (ТО) | 21            | 21                |
| Курсовое проектирование (КП, КР)                  |               |                   |
| Расчетно-графические задания (РГЗ)                |               |                   |
| Выполнение реферата (Р)                           |               |                   |
| Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ) | 12            | 12                |
| Домашнее задание (ДЗ)                             | 12            | 12                |
| Контрольные работы заочников (КРЗ)                |               |                   |
| Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)        | 12            | 12                |
| Всего:  | 57            | 57                |

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

#### 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

| Шифр/<br>URL адрес             | Библиографическая ссылка   | Количество экземпляров в библиотеке<br>(кроме электронных экземпляров) |
|--------------------------------|--|--|
| [615.47- Б33]                  | Антонов В.Ф., Черныш А.М., Пасечник В.И. и др. - Биофизика. – М.: Владос, 2006.-356 с.   | 12   |
| [61- Б12]                      | Боголюбов В.М., Пономаренко Г.Н. Общая физиотерапия: учебник. - М.: Медицина, 2008.- 431 с.  | 20   |
| [53.047(075)- Р 38]            | Учебник по медицинской и биологической физике: учебник./ А. Н. Ремизов, А. Г. Максина, А. Я. Потапенко. - 6-е изд., стер.. - М.: Дрофа, 2007. - 559 с.                                 | 40   |
| [615.47- Т 33]                 | Ахутин В. М., Лурье О. Б., Немирко А. П., Попечителей Е. П. Теория и проектирование диагностической электронно-медицинской аппаратуры: учебное пособие.- Л.: Изд-во ЛГУ, 1980. - 148 с | 48   |
| [620.22(075)615.47(075)- Б 63] | Биомедицинское материаловедение: учебное пособие/ С. П. Вихров [и др.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2006. - 383 с.  | 18   |
| [616-Н 76]                     | Новые методы электрокардиографии: монография/  | 3  |

|                     |   |     |
|---------------------|---|-----|
|                     | ред.: С. В. Грачев, Г. Г. Иванова, А. Л. Сыркин. - М.: Техносфера, 2007. - 549 с.   |     |
| [616-71(075)- П 57] | Попечителев Е. П., Корневский Н. А. Электрофизиологическая и фотометрическая медицинская техника. Теория и проектирование: учебное пособие/Под ред. Е. П. Попечителева. - М.: Высш. шк., 2002. - 470 с.                     | 48  |
| [534:61- П 76]      | Применение ультразвука в медицине: Физические основы - Physical Principles of Medical Ultrasonics: монография/ Э. Миллер, К. Хилл, Дж. Бэмбер и др.; Пер. с англ. Л. Р. Гаврилов, А. П. Сарвазян. - М.: Мир, 1989. - 586 с. | 13  |
| [615.47(ГУАП)-3 17] | Зайченко К.В., Кулыгина Л.А., Виноградова Е.П. Диагностические измерения в медицинских электронных системах: учеб. пособие/ Под ред. К.В. Зайченко – СПб.: ГУАП, 200 . - 156 с.   | 150 |
| [615.47 – 3 17]     | Зайченко К.В., Кулин А.Н., Кулыгина Л.А., Жаринов О.О. Съём и обработка биотехнических сигналов: учеб. пособие/ Под ред. К.В. Зайченко- СПб.: ГУАП, 2001. – 130 с.  | 100 |
| [61(075) –3 17]     | Зайченко К.В., Кулыгина Л.А., Боковенко М.В. Технические методы лечебного применения электромагнитных полей и излучений: учебное пособие / Под ред. К.В.Зайченко.- СПб.: ГУАП, 2008. 120 с.                                 | 100 |

**7. Перечень электронных образовательных ресурсов  
информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| URL адрес   | Наименование  |
|---|---|
| <a href="http://e.lanbook.com/books">http://e.lanbook.com/books</a>   | Доступ в ЭБС «Лань» осуществляется по договору № 749-7 от 22.11.2016    |
| <a href="http://znanium.com/bookread">http://znanium.com/bookread</a> | Доступ в ЭБС «ZNANIUM» осуществляется по договору № 075-7 от 20.02.2016 |

## 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование  |
|-------|---|
| 1     | Пакет программ Microsoft Office (включая пакет Microsoft Office Visio)                                    |
| 2     | Пакет программ для моделирования и решения задач технических вычислений MathWorks MATLAB                  |
| 3     | Пакет программ для моделирования, символьных вычислений и визуализации полученных решений PTC Mathcad     |
| 4     | Пакет программ для моделирования, символьных вычислений и визуализации полученных решений MapleSoft Maple |

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

| № п/п | Наименование     |
|-------|------------------|
|       | Не предусмотрено |

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

| № п/п | Наименование составной части материально-технической базы | Номер аудитории (при необходимости) |
|-------|---|-------------------------------------|
| 1     | Мультимедийная лекционная аудитория                       |                                     |
| 2     | Специализированная лаборатория «Компьютерный класс»       | 14-33                               |
| 3     | Специализированная лаборатория «Медицинской электроники»  | 52-04                               |

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

| Вид промежуточной аттестации | Перечень оценочных средств  |
|------------------------------|---|
| Экзамен                      | Список вопросов к экзамену;<br>Экзаменационные билеты;<br>Задачи;<br>Тесты. |

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности

компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

| Оценка компетенции                    | Характеристика сформированных компетенций   |
|---------------------------------------|---|
| 5-балльная шкала                      |   |
| «отлично»<br>«зачтено»                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul> |
| «хорошо»<br>«зачтено»                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>  |
| «удовлетворительно»<br>«зачтено»      | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>                 |
| «неудовлетворительно»<br>«не зачтено» | <ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>   |

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для экзамена                         | Код индикатора |
|-------|--|----------------|
| 1     | Биофизика, её содержание и основные задачи                     | ОПК-1.3.1      |
| 2     | Направления развития биофизики и методы её изучения            | ОПК-1.У.1      |
| 3     | Клетка – структурная и функциональная единица живого организма | ОПК-1.В.1      |
| 4     | Строение клетки  | ОПК-1.3.1      |
| 5     | Ядро клетки и его компоненты                                   | ОПК-1.3.1      |
| 6     | Клеточные мембраны, их структура и функции                     | ОПК-1.3.1      |
| 7     | Диффузия через мембрану  | ОПК-1.У.1      |

|    |   |                        |
|----|---|------------------------|
| 8  | Уравнения диффузии через мембрану   | ОПК-1.У.1<br>ОПК-1.У.1 |
| 9  | Фильтрация веществ, осмос   | ОПК-1.У.1              |
| 10 | Онкотическое и осмотическое давления  | ОПК-1.З.1              |
| 11 | Диализ, пример расчета  | ОПК-1.В.1              |
| 12 | Пассивные электрические свойства биотканей                                    | ОПК-1.З.1              |
| 13 | Электрическое сопротивление биотканей   | ОПК-1.З.1              |
| 14 | Моделирование электрического сопротивления биотканей                          | ОПК-1.В.1              |
| 15 | Доннановское равновесие. Потенциал Доннана                                    | ОПК-1.В.1              |
| 16 | Потенциал покоя мембраны. Уравнение Нернста                                   | ОПК-1.В.1              |
| 17 | Потенциал покоя мембраны. Уравнение Гольдмана-Ходжкина-Катца                  | ОПК-1.В.1              |
| 18 | Потенциал действия. Модель Ходжкина-Хаксли                                    | ОПК-1.В.1              |
| 19 | Проведение нервного импульса, рефрактерность, пороговое возбуждение           | ОПК-1.У.1              |
| 20 | Регистрация биоэлектрической активности                                       | ОПК-1.У.1              |
| 21 | Пэтч-кламп метод регистрации биоэлектрической активности.                     | ОПК-1.З.1              |
| 22 | Электрохимические градиент и потенциал  | ОПК-1.З.1              |
| 23 | Основы термодинамики живых систем. 1-ое начало термодинамики                  | ОПК-1.З.1              |
| 24 | 2-ое начало термодинамики. Энтропия   | ОПК-1.З.1              |
| 25 | Принцип минимума производства энтропии (принцип Пригожина)                    | ОПК-1.У.1              |
| 26 | Основной энергетический обмен в организме и факторы, влияющие на его величину | ОПК-1.У.1              |
| 27 | Терморегуляция живых систем, температура тела и её измерение                  | ОПК-1.З.1              |
| 28 | Тепловой баланс в организме   | ОПК-1.В.1              |
| 29 | Система терморегуляции организма  | ОПК-1.З.1              |
| 30 | Мышечное сокращение, его механизм   | ОПК-1.В.1              |
| 31 | Связь между силой сокращения и удлинением саркомера                           | ОПК-1.У.1              |
| 32 | Моделирование мышечного сокращения  | ОПК-1.У.1              |
| 33 | Слуховой анализатор   | ОПК-1.З.1              |
| 34 | Зрительный анализатор   | ОПК-1.З.1              |
| 35 | Кожный анализатор   | ОПК-1.З.1              |
| 36 | Рецепция запаха и вкуса   | ОПК-1.В.1              |
| 37 | Система кровообращения, её задачи и строение                                  | ОПК-1.В.1              |
| 38 | Классификация кровеносных сосудов, особенности их функционирования            | ОПК-1.З.1              |
| 39 | Характеристики тока крови, основные расчетные соотношения                     | ОПК-1.У.1              |
| 40 | Контур регуляции в системе кровообращения                                     | ОПК-1.З.1              |
| 41 | Моделирование сосудистого русла системы кровообращения                        | ОПК-1.В.1              |
| 42 | Моделирование сердца  | ОПК-1.В.1              |
| 43 | Моделирование замкнутой системы кровообращения                                | ОПК-1.В.1              |

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета | Код индикатора |
|-------|---|----------------|
|       | Учебным планом не предусмотрено                     |                |

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

| № п/п | Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы |
|-------|--|
|       | Учебным планом не предусмотрено  |

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Типы тестовых заданий и инструкции для их выполнения:

1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора (инструкция: Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа);

2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора (инструкция: Прочитайте текст, выберите правильные варианты ответа и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов);

3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия (инструкция: Прочитайте текст и установите соответствие. К каждой позиции, данной в левом столбце, подберите соответствующую позицию в правом столбце)

4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности (инструкция: Прочитайте текст и установите последовательность. Запишите соответствующую последовательность букв слева направо);

5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом (Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ).

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

| № п/п | Примерный перечень вопросов для тестов   |           |   |                            | Код индикатора |
|-------|--|-----------|---|----------------------------|----------------|
| 1     | 1 тип. Назовите признак, НЕ являющийся обязательным для выявления материи как живой:<br>1. питание;<br>2. рост;<br>3. размножение<br>4. поведение. |           |   |                            | ОПК-1          |
| 2     | 2 тип. Какие процессы входят в структуру энергетического обмена организма:<br>1. анаболизм;<br>2. катаболизм;<br>3. пролиферация<br>4. апоптоз.    |           |   |                            | ОПК-1          |
| 3     | 3 тип. Установите соответствия между наименованиями видов транспорта твёрдых веществ через мембрану клетки и его сутью:                            |           |   |                            | ОПК-1          |
|       | 1  | фагоцитоз | а | поглощение твёрдых веществ |                |
|       | 2  | пиноцитоз | б | поглощение растворов       |                |
|       | 3  | экзоцитоз | в | выход вещества из клетки   |                |
|       | 4  | эндоцитоз | г | поглощение вещества        |                |

|   |  |         |       |
|---|--|---------|-------|
|   |  | клеткой |       |
| 4 | 4 тип. Установите последовательность этапов выработки потенциала действия клеткой:<br>а) воздействие вещества на мембрану клетки;<br>б) деполяризация, вход ионов натрия;<br>в) возникновение потенциала действия до области овершут;<br>г) реполяризация, выходы ионов калия. |         | ОПК-1 |
| 5 | 5 тип. Структура органов зрительного восприятия и особенности процессов распознавания объектов   |         | ОПК-1 |

Система оценивания тестовых заданий:

1 тип. Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора считается верным, если правильно указана цифра и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответа. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов.

2 тип. Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных и развернутым обоснованием выбора считается верным, если правильно указаны цифры и приведены конкретные аргументы, используемые при выборе ответов. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

3 тип. Задание закрытого типа на установление соответствия считается верным, если установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого столбца). Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, неверный ответ или его отсутствие – 0 баллов

4 тип. Задание закрытого типа на установление последовательности считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр. Полное совпадение с верным ответом оценивается 1 баллом, если допущены ошибки или ответ отсутствует – 0 баллов.

5 тип. Задание открытого типа с развернутым ответом считается верным, если ответ совпадает с эталонным по содержанию и полноте. Правильный ответ за задание оценивается в 3 балла, если допущена одна ошибка \ неточность \ ответ правильный, но не полный - 1 балл, если допущено более 1 ошибки \ ответ неправильный \ ответ отсутствует – 0 баллов.

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

| № п/п | Перечень контрольных работ |
|-------|----------------------------|
|       | Не предусмотрено           |

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины



### 11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

#### Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

#### Структура предоставления лекционного материала:

- ведение лекционного занятия с представлением основных схем и понятий при демонстрации слайдов презентации;
- выделение основных определений темы занятия под запись обучающихся;
- разбор основных схем, структур лекционного материала, с устным опросом обучающихся по процессу установления связей между рассматриваемыми элементами схем.

### 11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

### Задание и требования к проведению лабораторных работ

Наименование всех лабораторных и их трудоемкость приведены в таблице 5 настоящей рабочей программы дисциплины.

Лабораторные работы разделяются на два вида:

- работы, выполняемые по методу компьютерного моделирования;
- работы, выполняемые на базе лабораторного оборудования кафедры.

Лабораторные работы имеют, в основном, исследовательский характер, их выполнение требует от студента усвоения задачи исследования, внимания и интереса к изучаемым объектам и процессам.

Перед проведением всех лабораторных работ студенты должны быть ознакомлены с целью и направленностью работ, с временным объемом, количеством работ, графиком их выполнения и проведения собеседований с преподавателем (защит). Студенты должны получить инструктаж по безопасности работ, оставить личную подпись в специальном журнале.

Лабораторные работы проводятся подгруппами из двух или четырёх человек. Каждая подгруппа во время лабораторной работы ведет рабочий протокол, в который заносятся все условия и результаты проводимых исследований, необходимых для достижения цели работы с составлением письменного отчета. Протокол обсуждается и подписывается в конце занятий преподавателем с отметкой в журнале о выполнении работы.

Выполнение всех предусмотренных лабораторных работ, составление отчета по каждой работе и успешное собеседование с преподавателем (защита) являются необходимым условием успешного завершения студентом учебного семестра и допуска к экзамену по дисциплине.

### Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о проделанной лабораторной работе выполняется студентом индивидуально, письменно с последующим собеседованием с преподавателем (защита отчета).

Структура оговорена в соответствующих методических разработках по выполнению лабораторных работ. В целом, она должна быть следующей.

- Цели и задачи данной лабораторной работы;
- Разделы отчета, предусмотренные методическими указаниями. По мере необходимости, в этих разделах излагается методика проводимого эксперимента, приводятся схемы измерительных установок и исследуемых устройств; схемы, составленные по результатам компьютерного моделирования. Результаты эксперимента даются обычно в виде расчетов, цифровых таблиц или построенных графиков. Полученные результаты оцениваются студентом, что позволяет сделать последующие выводы;
- Выводы, заключение о проделанной работе. Этот раздел очень важен. В выводах не указывается содержание работы, не перечисляются разделы работы. Выводы – это продуманное заключение студента о свойствах исследуемого устройства, о его параметрах, характеристиках, сделанное на основе измерений, исследований по каждому разделу работы. Выводы должны быть сделаны и написаны в отчете каждым студентом индивидуально, они не должны быть общими для все учебной подгруппы (бригады), выполняющей работу.

Полная форма отчета о лабораторной работе состоит из следующих слагаемых:

- протокол, который ведется бригадой, выполнявшей лабораторную работу, и содержит все необходимые рабочие записи и другие данные по результатам проводимых измерений, исследований;
- письменный отчет каждого студента о проделанной лабораторной работе с соответствующим содержанием, выполненный по установленной форме;
- индивидуальное или бригадное собеседование студентов с преподавателем, в результате которого отчет принимается с простановкой оценки.

#### Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Письменный отчет выполняется каждым студентом индивидуально, на листах бумаги форматом А4, традиционным рукописным способом (с помощью шариковых ручек, карандашей и т.д.), или, предпочтительно, с помощью современной техники с применением ЭВМ.

Первая не нумерованная страница отчета – это титульный лист, выполненный по общей форме, принятой в ГУАП. При завершении работы над письменным отчетом студент ставит дату и личную подпись, удостоверяющую соответствие отчета предъявленным требованиям и авторство составителя отчета. Все страницы отчета, начиная со второй, нумеруются. Листы бумаги скрепляются удобным способом. Нумеруются также разделы, таблицы, рисунки. Разделы должны иметь наименование, таблицы и рисунки – надтабличные и подрисуночные надписи. Графики, вне зависимости от способа выполнения, должны изображаться в выбранной системе координат с буквенным обозначением откладываемых величин и их размерностью. При нанесении нескольких графиков на одно координатное поле, указываются параметры их отличия. Из графика должен быть понятен масштаб, в котором он выполнен (линейный, логарифмический, октавный и др.).

Более полно требования к оформлению отчетов о лабораторных работах изложены на сайте ГУАП.

#### 11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

#### 11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости проводится на основе результатов написания контрольных работ по каждой из рассмотренных тем лекционных занятий. Контрольные работы направлены на развитие творческого подхода к анализу представленных задач и направлены на формирование умения составлять адекватные ответы с учётом индивидуального подхода каждого обучающегося.

Также предполагается вид контрольной работы в виде устного теоретического опроса, который отражает фактическое владение обучающимся теоретическими сведениями и определениями по дисциплине.

По результатам защиты лабораторных работ выставляются оценки, отражающие степень понимания обучающимся рассмотренной темы

Вся совокупность отметок определяет рейтинг обучающегося внутри группы. Обучающиеся, имеющие низкий рейтинг внутри группы по результатам выполнения заданий, не могут получить отметки «отлично» и «хорошо» на основе результатов одного из заданий или дополнительного задания в конце семестра. Для получения отметок «хорошо» и «отлично» необходимо своевременное выполнение всех контрольных мероприятий и отсутствие пропусков контрольных работ без уважительных причин.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен проводится в классической форме предоставления обучающемуся экзаменационных билетов. При проведении экзамена также учитываются отметки текущего контроля успеваемости. Преподаватель вправе кроме тем обозначенных в выбранном студентом билете потребовать ответа на вопросы по теме данной дисциплине. Количество и объем дополнительных вопросов определяется преподавателем.

Экзаменационная отметка по дисциплине выставляется на основе всей совокупности контрольных мероприятий в течение семестра. Обязательным условием прохождения зачёта является сдача всех контрольных мероприятий в установленные преподавателем сроки. Невыполнение заданий и лабораторных работ в установленные сроки, а также выполнение в установленные сроки работ, которые характеризуются низким качеством выполнения и/или невозможностью обучающимся объяснить полученные результаты ведёт к исключению вариантов оценивания результатов индивидуальной промежуточной аттестации на «отлично» или «хорошо».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

| Дата внесения изменений и дополнений.<br>Подпись внесшего изменения | Содержание изменений и дополнений | Дата и № протокола заседания кафедры | Подпись зав. кафедрой |
|---|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |
|   |                                   |                                      |                       |