

2019.

## ФГБОУ ВО НОВОСИБИРСКИЙ ГАУ

## Кафедра физиологии и биохимии человека и животных

Рег. № БЭ40.03-30  
«07» 10 2022 г.Декан БТФ  
Жучаев К.В.

Утверждаю:

Биолого-технологический факультет  
переименован в Институт экологической  
и пищевой биотехнологии в соответствии  
с приказом ректора ФГБОУ ВО  
Новосибирский ГАУ от 28.04.2023 № 334-О

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

## Б1.Б.30 БИОФИЗИКА

## 06.03.01 Биология

## Экология и охотоведение

Курс 2  
БТФСеместр 3  
очная

## Объем дисциплины (модуля)

Вид занятий	Объем занятий(з.е/часов)	
	очное	семестр
Общая трудоёмкость по учебному плану	2/72	3
В том числе,		
Контактная работа	32	3
Лекции	16	3
Лабораторные занятия	16	3
Самостоятельная работа, всего	40	3
в том числе: контрольная работа	К.	
Форма контроля		
Экзамен	3	3

Новосибирск 2022

РРЧЧ

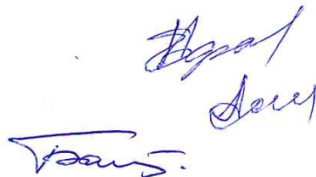
Рабочая программа составлена на основании требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования к содержанию и уровню подготовки выпускников по направлению подготовки 06.03.01 Биология (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Минобрнауки России от 7 августа 2014 г. № 944

**Программу разработали:**

Доцент, к.б.н., доцент

Доцент, к.б.н., доцент

Доцент, к.б.н. доцент



Ефанова Н.В.

Осина Л.М.

Баталова С.В.

# **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

## **1.1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

В результате изучения дисциплины студент должен:

### **знать:**

- физические основы жизнедеятельности, включая химическое строение и свойства природных соединений и их комплексов;
- основные закономерности протекания биологических процессов с точки зрения термодинамики, механизмы их регуляции, биофизические механизмы реализации генетической информации;
- теоретическую и практическую значимость биофизики, взаимосвязь с другими естественными науками;
- новейшие достижения в области биофизики и перспективы их использования в различных областях народного хозяйства, медицины.

### **уметь:**

- использовать знания биофизики для объяснения важнейших физиологических процессов, протекающих в живых организмах, как в норме, так и при возникновении патологии;
- использовать биофизические методы исследований в экспериментальной биологии.

### **владеть:**

- комплексом лабораторных и полевых методов исследований;
- основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.

## **1.2 Планируемые результаты освоения образовательной программы**

Дисциплина Биофизика в соответствии с требованиями ФГОС ВО направлена на формирование следующих общепрофессиональных (ОПК) и профессиональных (ПК) компетенций:

- способностью применять принципы структурной и функциональной организации биологических объектов и владением знанием механизмов гомеостатической регуляции; владением основными физиологическими методами анализа и оценки состояния живых систем (ОПК-4);
- способностью применять знание принципов клеточной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ, мембранных процессов и молекулярных механизмов жизнедеятельности (ОПК-5);

- способностью применять современные экспериментальные методы работы с биологическими объектами в полевых и лабораторных условиях, навыки работы с современной аппаратурой (ОПК-6);
- способностью эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научно-исследовательских полевых и лабораторных биологических работ (ПК-1).

**Таблица 1.Связь результатов обучения с приобретаемыми компетенциями**

№ п/п	Осваиваемые знания, умения, навыки	Формируемые компетенции (ОПК, ПК)
1	<b>Знать:</b>	
1.1	физические основы жизнедеятельности, включая химическое строение и свойства природных соединений и их комплексов	ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
1.2	основные закономерности протекания биологических процессов с точки зрения термодинамики, механизмы их регуляции, биофизические механизмы реализации генетической информации	ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
1.3	теоретическую и практическую значимость биофизики, взаимосвязь с другими естественными науками	ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
1.4	новейшие достижения в области биофизики и перспективы их использования в различных областях народного хозяйства, медицины	ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
2	<b>Уметь:</b>	ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
2.1	использовать знания биофизики для объяснения важнейших физиологических процессов, протекающих в живых организмах, как в норме, так и при возникновении патологии	ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
2.2	использовать биофизические методы исследований в экспериментальной биологии	ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
3	<b>Владеть методами:</b>	
3.1	комплексом лабораторных и полевых методов исследований	ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
3.2	основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Б1.Б.30 Биофизика относится к базовой части.

Данная дисциплина опирается на курсы дисциплин: «Химия», «Физика», «Математика», «Информатика» и является основой для последующего изучения дисциплин: «Микробиология», «Молекулярная биология», «Биотехнология».

### 3. Содержание дисциплины (модуля)

Распределение часов по темам и видам занятий представляется в таблице 2.

**Таблица 2. Очная форма**

№ п/п	Наименование разделов	Количество учебных часов				
		Лекции (Л)	Вид занятий (ЛР)	Самостоят. работа (СР)	Всего по теме	Формируемые компетенции (ОПК, ПК)
Семестр 3						
1	Введение. Цели и задачи биофизики	1			1	ОПК-4,ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
2	Термодинамика биологических процессов	1		3	4	ОПК-4,ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
3	Кинетика биологических процессов	2	2	2	6	ОПК-4,ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
4	Биофизика макромолекул	2	2	2	6	ОПК-4,ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
5	Биофизика мембран	2	2	2	6	ОПК-4,ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
6	Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны	2	4	2	8	ОПК-4,ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
7	Фотосинтез	2	4	2	8	ОПК-4,ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
8	Биоэлектрические явления	2		4	6	ОПК-4,ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
9	Биофизика сократительных систем	2	2	2	6	ОПК-4,ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
10	Подготовка и выполнение контрольной работы			12	12	
11	Подготовка и выполнение контрольной работы			9	9	
12	Итого	16	16	40	72	

Учебная деятельность состоит из лекций, лабораторных занятий, самостоятельной работы

#### 3.1. Содержание отдельных разделов и тем

##### Раздел 1. Введение. Цели и задачи биофизики

Предмет и задачи биофизики. Уровни биофизических исследований; методы исследования и требования, предъявляемые к ним. Связь биофизики с другими науками: физикой, химией, биохимией, физиологией и молекулярной биологией. Границы и своеобразие проявления законов физики и химии в биологии; принцип качественной несводимости законов физики и биологии. Методологические вопросы биофизики: диалектический подход к вопросу о соотношении физических и биологических форм движения материи, принципы системного, функционально-структурного и исторического подхода к изучению природы биологических явлений. История развития биофизики. Задачи и перспективы развития современной биофизики. Значение биофизики для биологии, медицины, сельского хозяйства и биотехнологии.

##### Раздел 2. Термодинамика

Понятие о термодинамике. Системы, типы систем (открытые, закрытые, изолированные, стационарные). Энергия. Функция состояния. Термодинамические системы и термодинамические параметры.

Первый закон термодинамики, его математическое выражение. Законы поведения идеального газа при изобарном, изохорном и адиабатическом процессах. Теплоемкость.

Закон Гесса, как следствие первого закона термодинамики, использование закона Гесса в биологии.

Второе начало термодинамики. Направление процесса в системе. Самопроизвольные обратимые и необратимые процессы. Формулировки 2-го закона (Клаузиуса, Оствальда, Томпсона), понятие о вечных двигателях первого и второго рода. Принцип Каратеодори и его следствие. II начало для обратимых процессов. Нахождение энтропии, ее физический смысл. II начало для необратимых процессов. Энтропия, работа и количество теплоты в необратимом процессе.

Химический потенциал, его физический смысл и математическое выражение. Химический потенциал, как критерий самопроизвольности протекания процесса в системе (на примере перехода вещества между двумя фазами). Правило фаз Гиббса.

Полупроницаемые мембраны и нейтральные молекулы в растворе. Осмотическое давление. Заряженные молекулы в растворе, равновесие Доннана.

Константы равновесия. Активность вещества. Константы равновесия, как критерии протекания биохимической реакции в системе. Нахождение активности растворенного вещества и растворителя (уравнение Гиббса-Дюгема и закон Рауля). Активность и коэффициент активности электролитов.

Зависимость константы активности от температуры. Уравнения Вант-Гоффа и Аррениуса. Теория переходного состояния при анализе физико-химического смысла энергии активации и энтальпии активации. Анализ ферментной реакции с использованием теории переходного состояния.

Электрохимический потенциал. Уравнение Нернста. Принцип работы ионоселективных мембранных электродов. Нахождение стандартных значений электрохимических потенциалов веществ и их использование для оценки направления протекания реакции, вычисления энтропии и энтальпии реакции.

Макро- и микроинформация. Количество биологической информации. Ценность информации и способ определения ценности. Избыточная информация, ее значение для биологической системы. Возникновение информации и рецепция.

Сопряжение процессов и энергетическая эффективность системы реакций клеточного метаболизма. Термодинамические критерии достижения устойчивости стационарного состояния биологической системой. Теорема Пригожина (принцип минимума прироста энтропии) и ее экспериментальные и математические доказательства.

### **Раздел 3. Кинетика**

Описание кинетического поведения биосистем на различных уровнях биологической организации. Перевод химических уравнений в уравнения скорости реакций. Кинетика реакций нулевого, первого и второго порядка. Анализ последовательных (линейных) и разветвленных реакций. Обратимые и необратимые реакции, константа равновесия. Принцип "узкого места" в биологических процессах. Автокаталитические и цепные реакции в биосистемах, особенности их кинетики. Роль свободных радикалов в развитии цепных процессов.

Кинетика ферментативных реакций. Особенности ферментативного катализа. Формальная схема простейшей ферментативной реакции. Фермент-субстратный комплекс, методы его обнаружения. Графическое изображение зависимости скорости

ферментативной реакции от концентрации субстрата, температуры, pH и других факторов; определение оптимальных условий для действия фермента. Стационарная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен и его алгебраическое преобразование для определения объединенной константы скорости. Строение, свойства и особенности кинетики аллостерических (регуляторных) ферментов, их участие в саморегулировании биопроцессов.

Ингибирование ферментов, его типы. Кинетическая модель для определения типа ингибирования ферментативных реакций. Практическое значение ингибирования.

Современное представление о механизме действия ферментов. Энергетическая схема ферментативной реакции. Модели ферментативного катализа. Электронно-конформационные взаимодействия в фермент-субстратном комплексе. Влияние температуры на скорость биологических процессов. Применимость закона Аррениуса к биосистемам. Энергия активации ферментов и ее экспериментальное определение.

#### **Раздел 4. Биофизика макромолекул**

Особенности структуры и пространственной организации нуклеиновых кислот (НК). Физические модели ДНК. Классификация НК по форме молекулы. Полиморфизм вторичной структуры НК (A, B, C, Z-формы); роль стэкинг-взаимодействий и других факторов в стабилизации пространственной структуры НК. Особенности вторичной и третичной структуры т-РНК. Сверхспиральные структуры ДНК.

Взаимодействие НК с растворителем. Фазовые переходы спираль клубок денатурация и ренатурация НК, факторы денатурации. Качественные и количественные характеристики денатурации. Метод молекулярной гибридизации ДНК, его биологическое значение. Физические свойства НК. Вязкость НК.

Различные типы взаимодействий в полимерах (ковалентные связи, силы Ван-дер-Ваальса, электростатические и гидрофобные взаимодействия, водородные связи), их биофизическая характеристика.

Природа пептидной связи и ее основные свойства. Строение полипептидной цепи, внутреннее вращение и подвижность ее звеньев. Пространственная организация белковой молекулы. Разнообразие вторичных и третичных структур белка; сверхспирали. Соотношение  $\alpha$ -спиральных и  $\beta$ -структурных участков в молекуле. Домены в пространственной структуре белков. Роль ковалентных связей и слабых взаимодействий ближнего и дальнего порядка в самоорганизации белковой молекулы; предсказание пространственной структуры белков. Взаимодействие белков с растворителем. Гидратация. Состояние воды в биоструктурах. Фазовые переходы в белках; тепловая и химическая денатурация. Динамические свойства глобулярных белков; взаимодействие статистических и детерминистских факторов, определяющих динамическую подвижность белков. Методы изучения конформационной подвижности белков. Связь конформационной подвижности белковых молекул с их функциональными свойствами.

#### **Раздел 5. Биофизика мембран**

Методы исследования биомембран. Развитие представлений о структурной организации мембран. Биофизическая характеристика молекулярных компонентов мембран: белков, липидов, углеводов и их комплексов. Вода как составной компонент биомембран. Свойства связанной воды, методы ее определения. Роль белков в связывании воды биоструктурами. Биомембрана как надмолекулярная структура. Типы

межмолекулярных взаимодействий в мембранах, их природа и роль в стабилизации мембранных структур. Основные типы моделей, предложенных в мембранологии для объяснения строения и функционирования мембран. Жидкостно-мозаичная модель, ее основные характеристики. Физические свойства биомембран. Подвижность компонентов биомембраны. Вращательное движение, латеральная и вертикальная диффузия мембранных липидов. Подвижность мембранных белков. Фазовые переходы в мембранах. Жидкие кристаллы в структуре мембран, их свойства. Кооперативные переходы мембран, факторы, инициирующие их (температура, свет, электрическое поле, химические вещества). Понятие о доеновой структуре мембран.

Искусственные мембраны. Монослой на границе раздела фаз. Бислойные липидные мембраны. Липосомы и протеоллипосомы. Механизмы взаимодействия липосом с биомембранами. Свойства искусственных мембран, их сходство и отличия от природных мембран, практическое использование в биологии и медицине.

## **Раздел 6. Биофизика процессов транспорта веществ через биомембраны**

Методы исследования проницаемости. Типы транспорта веществ через биомембрану. Пассивный транспорт (диффузия). Движущая сила диффузии. Уравнение диффузии Фика. Зависимость проницаемости мембран от растворимости в воде и липидах. Аквапорины. Проницаемость мембран для воды и нейтральных молекул. Проницаемость мембран для ионов. Факторы, влияющие на скорость пассивного транспорта ионов. Электрохимический потенциал. Механизмы прохождения ионов через мембрану. Ионный транспорт в каналах. Современное представление о строении и функционировании каналов. Селективность каналов. Индуцированный ионный транспорт, его моделирование на липосомах и плоских бислойных липидных мембранах. Ионфоры: подвижные переносчики и каналобразующие вещества.

Транслокация радикалов как тип транспорта веществ, его механизмы и роль в доставке в клетку сахаров, аминокислот и других метаболитов.

Активный транспорт молекул и ионов, его отличие от облегченной диффузии. Свойства и функции активного транспорта. Термодинамика активного переноса молекул и ионов. Механизмы активного транспорта. Электрогенный и нейтральный транспорт. Первичный и вторичный активный транспорт. Транспортные АТФ-азы, их краткая характеристика и классификация. Строение и механизм действия Na-K-насоса. Активный транспорт  $\text{Ca}^{2+}$  и протонов. Модели параллельно функционирующих пассивных и активных каналов.

Специальные механизмы транспорта веществ через биомембрану (эндо- и экзоцитоз, перенос ДНК и др.).

## **Раздел 7. Фотохимические процессы в растениях. Фотосинтез**

Основная характеристика начальных стадий фотосинтеза. Переходы в синглетное и триплетное состояние и реакционная способность возбужденной молекулы. Общая схема первичных процессов фотосинтеза. Фотосистемы I и II. Топография пигментного белкового светособирающего комплекса фотосистем.

Миграция энергии в светособирающей антенне. Туннелирование. Обменно-резонансный, индукционно-резонансный и экситонный механизмы миграции энергии. Эффект Эммерсона. Перераспределение поглощенной энергии между фотосистемами I и II



в зависимости от интенсивности и спектрального состава излучения. Спилловер. Изменение заряда светособирающего комплекса и перераспределение энергии.

## **Раздел 8. Биоэлектрические явления**

Классификация биопотенциалов. Характеристика ионных и электродных биопотенциалов. Потенциал покоя, его происхождение. Потенциал действия. Современное представление о генерации нервного импульса. Модель Ходжкина-Хаксли. Измерение потенциала действия в нерве. Асимметричное распределение ионов по обе стороны мембраны как основа возникновения биопотенциалов. Факторы, определяющие величину мембранного потенциала. Равновесие Доннана. Транспорт ионов в возбудимых мембранах. Распространение нервного импульса по миелиновым и немиелиновым нервным волокнам. Энергообеспечение процессов распространения возбуждения. Векторный характер передачи электрических сигналов, его механизм. Значение регистрации биопотенциалов для биологии и медицины.

Образование двойного электрического слоя. Факторы, определяющие величину электрокинетического потенциала. Применение микроэлектродфореза для оценки электрического потенциала мембран клеток в норме и при патологии. Примеры других электрокинетических явлений.

Общая характеристика преобразования энергии в биомембранах. Сопрягающие комплексы, их локализация в митохондриальной и фотосинтетической мембране хлоропластов. Строение и условия функционирования различных цепей переноса электронов (ЦПЭ) в биомембранах. Окислительно-восстановительный потенциал переносчиков электронов, его измерение (уравнение Нернста). Особенности и биологическое значение транспорта электронов. Сходства и отличия ЦПЭ в митохондриях и хлоропластах. Экзэргоническая и эндэргоническая стадии окислительного фосфорилирования, КПД этого процесса. Теории, объясняющие механизм мембранного фосфорилирования. Основные положения теории П. Митчела. Электрохимический потенциал ионов водорода. Состав протонной АТФ-азы. Механизм энергетического сопряжения (образование и гидролиз АТФ). Следствия хемиосмотической теории. Другие переносчики ионов как молекулярные преобразователи энергии, генерирующие АТФ. Обобщенная схема трансформации энергии в клетке.

## **Раздел 9. Биофизика сократительных систем**

Основные типы сократительных и подвижных систем. Биофизическая характеристика мышечных и немышечных сократительных белков (актина, миозина, тропомиозина, тубулина, флагеллина и др.). Основные свойства поперечно-полосатой мышцы как механохимического преобразователя энергии; структура саркомеров, ее изменение при сокращении. Молекулярный механизм мышечного сокращения, его регуляция. Энергообеспечение мышечного сокращения; значение опытов В.Энгельгардта и М.Любимовой. Теории, объясняющие механизм сокращения. Основные особенности строения немышечных сократительных систем, молекулярный механизм их подвижности.

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

##### 4.1. Список основной литературы:

1. Иванов, И. В. Основы физики и биофизики : учебное пособие / И. В. Иванов. — 2-е изд., испр., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 208 с. — ISBN 978-5-8114-1350-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210917>

2. Волькенштейн, М. В. Биофизика : учебное пособие / М. В. Волькенштейн. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 608 с. — ISBN 978-5-8114-0851-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210956>

##### 4.2. Список дополнительной литературы:

1. Плутахин, Г. А. Биофизика : учебное пособие / Г. А. Плутахин, А. Е. Коцаев. — 2-е изд., перераб., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-1332-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211001>

2. Иванов, И. В. Сборник задач по курсу основы физики и биофизики : учебное пособие / И. В. Иванов. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 128 с. — ISBN 978-5-8114-1349-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210920>

#### 4.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Таблица 3. Перечень информационных ресурсов

№ п/п	Наименование	Адрес
1.	Физиология человека и животных	<a href="https://edu.grsu.by/physiology/">https://edu.grsu.by/physiology/</a>
2.	Биофизики России	<a href="http://bpr.biophys.msu.ru">bpr.biophys.msu.ru</a>
3.	Интер-ресурсы по биофизики	<a href="http://biochemistry.ru/default.htm">http://biochemistry.ru/default.htm</a>

#### 4.4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля) и самостоятельной работы

1. Ефанова Н.В. Биофизика / Н.В. Ефанова, Л.М. Осина, С.В. Баталова / методические указания по выполнению самостоятельной и контрольной работ / <http://nsau.edu.ru/biotech/kaf/phys/metodicheskaya-rabota/> ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный аграрный университет». – Новосибирск, 2022. – 47с.

2. Ефанова Н.В. Биофизика / Н.В. Ефанова, Л.М. Осина, С.В. Баталова / методические указания по выполнению лабораторных работ / <http://nsau.edu.ru/biotech/kaf/phys/metodicheskaya-rabota/> Новосиб. гос.-аграр. ун-т; Биолого-технолог. факультет. – Новосибирск, 2022. – 39с.

#### 4.5. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, наглядных пособий

1. Использование виртуальной компьютерной программы;
2. Использование учебных видеофильмов.

Таблица 4. Перечень лицензированного программного обеспечения

№ п/п	Наименование	Количество ключей	Тип лицензии или правообладателя
1.	MS WindowsXP	2	Microsoft
2.	MS Office 2007 prof (Word, Excel, Access, PowerPoint)	2	Microsoft
3.	Браузер	2	Microsoft

Таблица 5. Перечень плакатов (по темам), карт, стендов, макетов, презентаций, фильмов

№ п/п	Тип	Наименование	Примечание
1.	Видеофильмы	Потенциал действия, Работа мышечного волокна, Автоматия сердца, Работа нейронов и гормонов мозга. Электро-физиология ЦНС.	Общее количество часов просмотра – 2 часа
2.	Презентации	Физиология ЦНС	30 слайдов
3.	Плакаты	1 Схема регистрации и характеристика электрокардиограммы. 2. Регуляция движения и механизм мышечных сокращений. 3. Схема энергетических процессов в мышцах при их сокращении.	

## 5. Описание материально-технической базы

**Таблица 6. Перечень используемых помещений:**

№ аудитории	Тип аудитории	Перечень оборудования
3-108	Аудитория для занятий семинарского типа, практических занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций	Микроскопы «Микромед» Р-1, счетчик лабораторный С-5, доска аудиторная, динамометр кистевой ДК-100, спирометр суховоздушный портативный, электрокардиограф ЭК-1Т-07, тонометр со встроенным стетоскопом АТ-12, тонометр механический
3-109	Учебно-исследовательская лаборатория физиологии и биохимии. Аудитория для лабораторных работ	Микроскопы «Микромед» Р-1, счетчик лабораторный С-5, доска аудиторная, динамометр кистевой ДК-100, спирометр суховоздушный портативный, электрокардиограф ЭК-1Т-07, тонометр со встроенным стетоскопом АТ-12, тонометр механический
3-129	Аудитория для практических занятий, самостоятельной работы, дипломного и курсового проектирования, текущего контроля и промежуточной аттестации	Стационарный мультимедийный проектор, 1 рабочее место, выход в сеть "Интернет", доска аудиторная, динамометр кистевой ДК-100, спирометр суховоздушный портативный, электрокардиограф ЭК-1Т-07, тонометр со встроенным стетоскопом АТ-12, тонометр механический
3-129«а»	Учебно-исследовательская лаборатория физиологии и биохимии Аудитория для лабораторных и практических занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций	Стационарный мультимедийный проектор, 1 рабочее место, выход в сеть "Интернет", доска аудиторная, динамометр кистевой ДК-100, спирометр суховоздушный портативный, электрокардиограф ЭК-1Т-07, тонометр со встроенным стетоскопом АТ-12, тонометр механический

## 6. Используемые интерактивные формы и методы обучения по дисциплине

Таблица 7. Активные и интерактивные формы и методы обучения

№ п/п	Тема	Кол-во часов	Вид учебных занятий	Используемые интерактивные образовательные технологии (методы)	Формируемые компетенции (ОПК, ПК)
1	Кинетика реакций, катализируемых ферментами.	4	ЛР	деловая учебная игра	ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1
2	Биомембрана как универсальный компонент биологических систем	4	ЛР	деловая учебная игра	ОПК-4, ОПК-5, ОПК-6, ПК-1

### 7. Порядок аттестации студентов по дисциплине

Для аттестации студентов по дисциплине используется балльно - рейтинговая система.

Исходные данные по дисциплине: количество зачетных единиц – 2, лекций – 16 , лабораторных занятий – 16, самостоятельной работы – 40, зачет – всего 72 часа.

**Таблица 8. Балльная структура оценки**

№ п/п	Формы контроля	Количество баллов
1	лабораторные занятия, посещение	5
2	лекции, посещение	5
3	выполнение лабораторного задания	10
4	тестовые задания	12
5	сдача коллоквиумов (вовремя)	20
6	защита контрольной работы	20
7	Итого:	72

**Таблица 9. Шкала оценки академической успеваемости**

Величина кредита	Оценка	Неуд.		3		4	5	
	Оценка ECTS	F	FX	E	D	C	B	A
	Сумма баллов	2 (до 0,337)	2+ (до 0,5)	3 (до 0,583)	3+ (до 0,667)	4 (до 0,833)	5 (до 0,917)	5+ (до 1,0)
2	72	менее 25	25-36	37-42	43-48	49-60	61-66	67-72

*Зачет выставляется студенту, если им в течение семестра набрано 72 балла*

#### 8. Согласование рабочей программы

Соответствует учебному плану, утвержденному Ученым советом  
ФГБОУ ВО Новосибирского ГАУ, протокол от «29» сентября 2022 г. №7

Рабочая программа обсуждена и утверждена  
на заседании кафедры  
протокол от «03» октября 2022г. № 2

Заведующий кафедрой

Профессор



Смирнов П.Н.

Председатель учебно-методического  
совета

Профессор



Кочнева М П