

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Институт фундаментальной и прикладной химии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев  
«19» мая 2023 г.

**Рабочая программа**  
**«Биофизика»**

Направление подготовки  
06.03.01 Биология

Направленность (профиль)  
«Биоэкология»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании института  
протокол № 7 от «17» апреля 2023 года

Программа одобрена  
НМК факультета биологии и экологии  
протокол № 8 от «28» апреля 2023 года

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Биофизика» являются физические и биологические процессы, протекающие в живых системах на молекулярном, субклеточном, клеточном и организменном уровнях. Основная задача – показать на конкретном биологическом материале, каким образом химические, физические и физико-химические процессы, протекающие в живом организме, переходят в физиологические явления.

Данный курс вырабатывает у студентов навыки использования физико-химических методов для изучения функционирования живых систем.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Биофизика» относится к обязательной части блока 1 (Б1.О.20).

По содержанию и методически дисциплина связана с математикой, физикой, информационными технологиями, науками о клетке, ее строении и функциях, с биохимией и молекулярной биологией, физиологией человека и животных.

Для освоения данной дисциплиной студенты должны владеть знаниями о строении клетки и субклеточных структур, живых тканей и органов человека, животных, растительных организмов; знаниями об основных законах физики, химии, математики.

Полученные в курсе «Биофизика» знания необходимы для изучения последующих дисциплин: физиология человека и животных, сравнительная физиология, экологическая физиология. Полученные в курсе «Биофизика» знания необходимы также для продолжения обучения в магистратуре по направлению «Биология».

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ОПК-2</b> Способен использовать знание принципов структурно-функциональной организации и физиологические, цитологические, биохимические, биофизические методы анализа для оценки и коррекции состояния живых объектов и мониторинга среды их обитания.	<b>ОПК-2.1</b> Знает: основные системы жизнеобеспечения и гомеостатической регуляции жизненных функций у растений и у животных, способы восприятия, хранения и передачи информации, ориентируется в современных методических подходах, концепциях и проблемах физиологии, цитологии, биохимии, биофизики.	<b>Знать:</b> – молекулярные основы взаимодействия макромолекул; – строение биомембран и механизм транспорта веществ; – основы квантовой и молекулярной биофизики; – основы биологической термодинамики и кинетики.

<p><b>ОПК-8</b> Способен использовать методы сбора, обработки, систематизации и представления полевой и лабораторной информации, применять навыки работы с современным оборудованием, анализировать полученные результаты.</p>	<p><b>ОПК-8.3</b> Владеет: - навыками использования современного оборудования в полевых и лабораторных условиях, способностью грамотно обосновать поставленные задачи в контексте современного состояния проблемы, способностью использовать математические методы оценивания гипотез, обработки экспериментальных данных, математического моделирования биологических процессов и адекватно оценить достоверность и значимость полученных результатов, представить их в широкой аудитории и вести дискуссию.</p>	<p><b>Уметь:</b> – определять физико-химические параметры биологических макромолекул и мембранных образований; – работать на современном лабораторном оборудовании; – анализировать полученные экспериментальные данные. <b>Владеть навыками:</b> – определения спектральных свойств биообъектов; – кинетического моделирования с использованием специализированного программного обеспечения.</p>
--	---	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 ак. часа.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)					Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семестрам) Формы ЭО и ДОТ (при наличии)	
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		самостоятельная работа
1.	Введение. Предмет биофизики. Термодинамика биологических процессов	4	1		2	1		2	Устный и письменный опрос
2.	Неравновесная термодинамика. Уравнение Пригожина и его анализ	4	1		2			2	Устный и письменный опрос
3.	Кинетика биологических процессов	4	3		4	1		2	Устный и письменный опрос, лабораторные работы

4.	Квантовая биофизика. Природа света и его физические характеристики. Фотохимические реакции. Законы фотохимии	4	1		2	1		2	Устный и письменный опрос, лабораторные работы. Тест для самопроверки по теме ЭУК в LMS Moodle
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							1,5	Тест для самопроверки по теме ЭУК в LMS Moodle
5.	Свободнорадикальные процессы	4	1		2			2	Устный и письменный опрос, лабораторные работы
6.	Молекулярная биофизика. Силы внутримолекулярного взаимодействия биологических макромолекул	4	2		2			3	Устный и письменный опрос. Тест для самопроверки по теме ЭУК в LMS Moodle
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							1,5	Тест для самопроверки по теме ЭУК в LMS Moodle
7.	Структура и функции биологических мембран. Транспорт веществ через биологические мембраны. Пассивный транспорт и его виды	4	1		3	1		3	Устный и письменный опрос. Тест для самопроверки по теме ЭУК в LMS Moodle
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							1,5	Тест для самопроверки по теме ЭУК в LMS Moodle
8.	Активный транспорт и его виды. Электрогенные ионные насосы	4	1		3			3	Устный и письменный опрос. Тест для самопроверки по теме ЭУК в LMS Moodle
	<i>в том числе с ЭО и ДОТ</i>							1,5	Тест для самопроверки по теме ЭУК в LMS Moodle
9.	Действие постоянного электрического тока на биологические объекты. ЭДС поляризации и ее виды	4	1		2			3	Устный и письменный опрос
10.	Проводимость биологических объектов для переменного тока. Дисперсия ДЭП	4	2		2			2	Устный и письменный опрос
							0,3	5,7	<b>Зачет</b>
	<b>Всего</b>		<b>14</b>		<b>24</b>	<b>4</b>	<b>0,3</b>	<b>29,7</b>	

Примечание: объем (в часах) самостоятельной работы в рамках установленного данной РПД количества часов, выполняемой студентом с применением ЭО и ДОТ (в ЭУК «Биофизика» в LMS Moodle), определяется каждым студентом в зависимости от уровня его подготовки и способов выполнения данного вида работ.

#### 4.1 Информация о реализации дисциплины в форме практической подготовки

##### Информация о разделах дисциплины и видах учебных занятий, реализуемых в форме практической подготовки

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Место проведения занятий в форме практической подготовки
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1.	Введение. Предмет биофизики. Термодинамика биологических процессов	4			2				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
2.	Неравновесная термодинамика. Уравнение Пригожина и его анализ	4			2				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
3.	Кинетика биологических процессов	4			4				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
4.	Квантовая биофизика. Природа света и его физические характеристики. Фотохимические реакции. Законы фотохимии	4			2				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
5.	Свободнорадикальные процессы	4			2				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
6.	Молекулярная биофизика. Силы внутримолекулярного взаимодействия биологических макромолекул	4			2				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
7.	Структура и функции биологических мембран. Транспорт веществ через биологические мембраны. Пассивный транспорт и его виды	4			3				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
8.	Активный транспорт и его виды. Электрогенные ионные насосы	4			3				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
9.	Действие постоянного электрического тока на биологические объекты. ЭДС поляризации и ее виды	4			2				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
10.	Проводимость биологических объектов для переменного тока. Дисперсия ДЭП	4			2				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
	<b>ИТОГО</b>				<b>24</b>				

## Содержание разделов дисциплины

### **1. Введение. Термодинамика биологических процессов. Основные понятия термодинамики.**

- 1.1. Предмет биофизики. Разделы биофизики. Объекты исследования. Особенности биофизических методов.
- 1.2. Законы термодинамики. Первый закон термодинамики – закон сохранения энергии.
- 1.3. Второй закон термодинамики. Определение направления протекания процесса.
- 1.4. Объединенная запись первого и второго законов термодинамики.
- 1.5. Закон Вант–Гоффа.

### **2. Неравновесная термодинамика. Уравнение Пригожина и его анализ.**

- 2.1. Принцип Онзагера. Теорема Пригожина.
- 2.2. Нелинейная термодинамика необратимых процессов.

### **3. Кинетика биологических процессов.**

- 3.1. Предмет и задачи биологической кинетики.
- 3.2. Основные понятия кинетики биологических процессов.
- 3.3. Зависимость скорости биохимической реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации.
- 3.4. Ферменты как катализаторы биохимических процессов.
- 3.5. Кинетика ферментативных реакций.
- 3.6. Ингибирование ферментов.

### **4. Квантовая биофизика.**

- 4.1. Природа света и его физические характеристики. Понятие кванта. Орбитальная структура атомов и молекул и энергетические уровни.
- 4.2. Взаимодействие света с веществом.
- 4.3. Пути размена энергии возбужденного состояния молекулы.
- 4.4. Миграция энергии. Виды и условия миграции. Правила Ферстера.
- 4.5. Фотохимические реакции. Законы фотохимии.

### **5. Свободнорадикальные процессы**

- 5.1. Физические свойства свободных радикалов.
- 5.2. Электронный парамагнитный резонанс как метод изучения свободных радикалов.
- 5.3. Свободные радикалы в биологии. Свободнорадикальное окисление ненасыщенных липидов.
- 5.4. Ингибирование свободнорадикального окисления.

### **6. Молекулярная биофизика. Силы внутримолекулярного взаимодействия биологических макромолекул.**

- 6.1. Взаимодействие Ван–дер–Ваальса.
  - 6.1.1. Ориентационное взаимодействие (диполь–дипольное).
  - 6.1.2. Индукционное взаимодействие (диполь–индуцированный диполь).
  - 6.1.3. Дисперсионное (поляризационное) взаимодействие.
- 6.2. Водородная связь (заряд–дипольное взаимодействие).
- 6.3. Гидрофобное взаимодействие.

### **7. Структура и функции биологических мембран. Транспорт веществ через биологические мембраны. Пассивный транспорт и его виды.**

- 7.1. Состав и функции биологических мембран.
- 7.2. Строение биологических мембран.
- 7.3. Липид–липидные взаимодействия. Динамические характеристики расположения липидов в мембране.
- 7.4. Фазовые переходы липидов в мембранах.
- 7.5. Модельные липидные мембраны.
- 7.6. Классификация видов транспорта.

7.7. Пассивный транспорт и его виды. Простая диффузия. Облегченная диффузия. Фильтрация и осмос.

#### **8. Активный транспорт и его виды. Электрогенные ионные насосы.**

8.1. Активный транспорт и его виды.

8.2. Электрогенные ионные насосы.

8.2.1. Натрий – калиевый насос.

8.2.2. Активный транспорт кальция.

8.2.3. Транспорт протонов.

#### **9. Действие постоянного электрического тока на биологические объекты. ЭДС поляризации и ее виды.**

9.1. Пассивные электрические свойства биологических объектов.

9.2. Общие положения. Действие постоянного электрического тока на биологические объекты. ЭДС поляризации и ее виды.

#### **10. Проводимость биологических объектов для переменного тока. Дисперсия ДЭП.**

10.1. Поляризационная и статическая емкость.

10.2. Диэлектрическая проницаемость (ДЭП) биологических объектов.

### **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе ее изучения. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса «Биофизика», его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, излагаются перспективные направления исследований, основные понятия аналитической химии, аналитические признаки веществ и реакции. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

На вводной лекции рассказывается о порядке проведения лабораторных занятий, студентам объясняют основные требования, необходимые для получения зачета по дисциплине.

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Требования к академической лекции: современный научный уровень и насыщенная информативность, убедительная аргументация, доступная и понятная речь, четкая структура и логика, наличие ярких примеров, научных доказательств, обоснований, фактов.

Для повышения информативности и улучшения качества лекций используется мультимедийный проектор.

**Лабораторное занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков и закреплению полученных на лекции знаний на практике. В лабораторных работах осуществляется интеграция теоретико-методологических знаний с практическими умениями и навыками студентов в условиях той или иной степени близости к реальной профессиональной деятельности.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

## **Электронный учебный курс «Биофизика» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:**

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины в форме тестов для самопроверки;
- представлены тексты лекций по отдельным темам дисциплины;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации и получения зачета по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса используются для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office,
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader;
- программы для кинетического моделирования: kinetika 2012 и Kinet.

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Рубин А.Б. Биофизика: учебник для вузов: в 2 кн. / А.Б. Рубин. Кн. 1: Теоретическая физика. М.: Высшая школа, 1987. 319 с.  
[http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=947874&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=947874&cat_cd=YARSU)
2. Рубин А.Б. Биофизика: учебник для вузов: в 2 кн. / А.Б. Рубин. Кн. 2: Биофизика клеточных процессов. М.: Высшая школа, 1987. 303 с.  
[http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=947927&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=947927&cat_cd=YARSU)
3. Жандарев В.В., Дигурова И. И. Лабораторные работы по биофизике: метод. указания / В.В. Жандарев, И.И. Дигурова. Ярославль: ЯрГУ, 2006. 47 с.  
[http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_card.php?rec\\_id=349290&cat\\_cd=YARSU](http://www.lib.uniya.ac.ru/opac/bk_cat_card.php?rec_id=349290&cat_cd=YARSU)
4. Артюхов В.Г. Биофизика: учебник для вузов / Под ред. В.Г. Артюхова. М.: Академический Проект, 2020. 294 с.  
<https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785829130275.html> (электронный ресурс)

### **б) дополнительная литература**

1. Практикум по биофизике: в 2-х ч. Ч. 2 / Под ред.: Рубин А.Б., Максимов Г.В., Ременников С.М. М.: Лаборатория знаний, 2017. 512 с.



2. Волькенштейн М.В. Биофизика: учебное руководство / М.В. Волькенштейн. М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1988. 592 с.  
<http://alexandr4784.narod.ru/wolkbio88.html> (электронный ресурс)

### **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Доцент кафедры общей и физической химии, к.х.н.



Л.И. Бородин

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

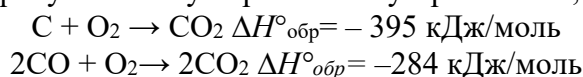
**Задания для самостоятельной работы**

**Задания по теме № 1 «Введение. Предмет биофизики. Термодинамика биологических процессов»:**

1. Разделы 1.2-1.5. Изучить темы: Законы термодинамики. Первый закон термодинамики – закон сохранения энергии. Второй закон термодинамики. Определение направления протекания процесса. Объединенная запись первого и второго законов термодинамики. Закон Вант–Гоффа. Подготовиться к коллоквиуму (Артюхов В. Г. Биофизика : учебник для вузов / Под ред. В. Г. Артюхова - Москва : Академический Проект, 2020. - 294 с. лекционный материал).

2. Разобрать примеры и решить задачи № 1-5 (тема № 1 в ЭУК «Биофизика» в LMS Moodle). Примеры задач:

a. Вычислить стандартную теплоту образования угарного газа, если известно, что



b. Вычислить значение  $\Delta H^\circ$  для реакции гидролиза мочевины  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  до  $\text{CO}_2$  и  $\text{NH}_3$ , катализируемой ферментом уретазой, если теплоты образования  $\text{H}_2\text{O}$  жидк и мочевины, углекислого газа и  $\text{NH}_3$  в водных растворах составляют -287 кДж/моль, -320,5 кДж/моль, -414,5 кДж/моль, -81 кДж/моль соответственно.

c. Вычислить изменение энтропии при нагревании 100 г воды от 0 до 15 °С. Удельная теплоемкость воды 4,190 Дж/(г·К)

d. При изучении денатурации белка получены следующие значения констант равновесия:

T, K	K <sub>p</sub>
312	0,316
314	2,512

Рассчитать  $\Delta H^\circ$  денатурации белка, а так же константу равновесия,  $\Delta G$ ,  $\Delta S$  при 37 °С. Считать что в данном диапазоне  $\Delta H^\circ$  реакции не меняется.

**Задания по теме № 2 «Неравновесная термодинамика. Уравнение Пригожина и его анализ»:**

1. Разделы 2.1 - 2.2. Изучить темы: Принцип Онзагера. Теорема Пригожина. Нелинейная термодинамика необратимых процессов. Подготовиться к коллоквиуму (Артюхов В. Г. Биофизика : учебник для вузов / Под ред. В. Г. Артюхова - Москва : Академический Проект, 2020. - 294 с., лекционный материал).

**Задания по теме № 3 «Кинетика биологических процессов»:**

1. Разделы 3.1 - 3.3. Изучить темы: Предмет и задачи биологической кинетики. Основные понятия кинетики биологических процессов. Зависимость скорости биохимической реакции от температуры. Уравнение Аррениуса. Энергия активации.

Ферменты как катализаторы биохимических процессов. Кинетика ферментативных реакций. Ингибирование ферментов. Подготовиться к коллоквиуму (Артюхов В. Г. Биофизика : учебник для вузов / Под ред. В. Г. Артюхова - Москва : Академический Проект, 2020. - 294 с., лекционный материал).

2. Подготовиться к лабораторной работе (Жандарев В. В. Дигурова И. И / Яросл. гос. ун-т. - Ярославль: ЯрГУ, 2006. – 47 с, материал в ЭУК «Биофизика» в LMS Moodle).

3. Разобрать примеры и решить задачи № 1-5 (тема № 3 в ЭУК «Биофизика» в LMS Moodle). Примеры задач:

a. Во сколько раз увеличится скорость прямой и обратной элементарных реакций  $A \leftrightarrow 2D$  в газовой фазе при увеличении общего давления в 3 раза?

b. Реакция термического разложения озона описывается следующими кинетическими уравнениями:

$$\begin{aligned}\frac{d[O_3]}{dt} &= -k_1[O_3] + k_{-1}[O][O_2] - k_2[O][O_3], \\ \frac{d[O_2]}{dt} &= k_1[O_3] - k_{-1}[O][O_2] + 2k_2[O][O_3], \\ \frac{d[O]}{dt} &= k_1[O_3] - k_{-1}[O][O_2] - k_2[O][O_3].\end{aligned}$$

Опишите механизм этой реакции, составив уравнения элементарных стадий.

c. Ферментативная реакция ( $K_M = 2,7 \cdot 10^{-3}$  моль/л) подавляется конкурентным ингибитором ( $K_I = 3,1 \cdot 10^{-5}$  моль/л). Концентрация субстрата равна  $3,6 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

1) Сколько ингибитора понадобится для подавления реакции на 65%?

2) Во сколько раз надо повысить концентрацию субстрата, чтобы уменьшить степень подавления до 25%?

d. Определить значения кинетических параметров ( $K_M$ ,  $W_{max}$  и  $k_2$ ) гидролиза метилового эфира N-ацетил-1-валина, катализируемого  $\alpha$ -хемотрипсином, исходя из приведенных ниже данных. Начальная концентрация фермента равна  $3,8 \cdot 10^{-5}$  М.

[S]0, М	0,20	0,124	0,091	0,071	0,060
$W \cdot 10^6$ , моль/(л·с)	4,57	3,83	3,31	2,93	2,74

#### Задания по теме № 4 «Квантовая биофизика»:

1. Разделы 4.1-4.5. Изучить темы: Природа света и его физические характеристики. Понятие кванта. Орбитальная структура атомов и молекул и энергетические уровни. Взаимодействие света с веществом. Пути размена энергии возбужденного состояния молекулы. Миграция энергии. Виды и условия миграции. Правила Ферстера. Фотохимические реакции. Законы фотохимии. Подготовиться к коллоквиуму (Артюхов В. Г. Биофизика : учебник для вузов / Под ред. В. Г. Артюхова - Москва : Академический Проект, 2020. - 294 с., лекционный материал).

2. Подготовиться к лабораторной работе (материал в ЭУК «Биофизика» в LMS Moodle).

#### Задания по теме № 5 «Свободнорадикальные процессы»:

1. Разделы 5.1 - 5.4. Изучить темы: Физические свойства свободных радикалов. Электронный парамагнитный резонанс как метод изучения свободных радикалов. Свободные радикалы в биологии. Свободнорадикальное окисление ненасыщенных липидов. Подготовиться к коллоквиуму (Артюхов В. Г. Биофизика : учебник для вузов / Под ред. В. Г. Артюхова - Москва : Академический Проект, 2020. - 294 с., лекционный материал).

2. Подготовиться к лабораторной работе (материал в ЭУК «Биофизика» в LMS Moodle).

#### Задания по теме № 6 «Молекулярная биофизика. Силы внутримолекулярного взаимодействия биологических макромолекул»:

1. Разделы 6.1-6.3. Изучить темы: Взаимодействие Ван-дер-Ваальса. Ориентационное взаимодействие (диполь-дипольное). Индукционное взаимодействие

(диполь–индуцированный диполь). Дисперсионное (поляризационное) взаимодействие. Водородная связь (заряд–дипольное взаимодействие). Гидрофобное взаимодействие. Подготовиться к коллоквиуму (Артюхов В. Г. Биофизика : учебник для вузов / Под ред. В. Г. Артюхова - Москва : Академический Проект, 2020. - 294 с., лекционный материал).

2. Подготовиться к лабораторной работе (Жандарев В. В. Дигурова И. И / Яросл. гос. ун-т. - Ярославль: ЯрГУ, 2006. – 47 с, материал в ЭУК «Биофизика» в LMS Moodle).

**Задание по теме № 7 «Структура и функции биологических мембран. Транспорт веществ через биологические мембраны. Пассивный транспорт и его виды»:**

1. Разделы 7.1-7.7. Изучить темы: Состав и функции биологических мембран. Строение биологических мембран. Липид–липидные взаимодействия. Динамические характеристики расположения липидов в мембране. Фазовые переходы липидов в мембранах. Модельные липидные мембраны. Классификация видов транспорта. Пассивный транспорт и его виды. Простая диффузия. Облегченная диффузия. Фильтрация и осмос. Подготовиться к коллоквиуму (Артюхов В. Г. Биофизика : учебник для вузов / Под ред. В. Г. Артюхова - Москва : Академический Проект, 2020. - 294 с., лекционный материал).

**Задание по теме № 8 «Активный транспорт и его виды. Электрогенные ионные насосы»:**

1. Разделы 8.1-8.2. Изучить темы: Активный транспорт и его виды. Электрогенные ионные насосы. Натрий – калиевый насос. Активный транспорт кальция. Транспорт протонов. Подготовиться к коллоквиуму (Плутахин Г. А., Коцев А. Г. / СПб: Лань, 2012. – 239 с., лекционный материал).

**Задание по теме № 9 «Действие постоянного электрического тока на биологические объекты. ЭДС поляризации и ее виды»:**

1. Разделы 9.1-9.2. Изучить темы: Пассивные электрические свойства биологических объектов. Общие положения. Действие постоянного электрического тока на биологические объекты. ЭДС поляризации и ее виды. Подготовиться к коллоквиуму (Артюхов В. Г. Биофизика : учебник для вузов / Под ред. В. Г. Артюхова - Москва : Академический Проект, 2020. - 294 с., лекционный материал).

**Задание по теме № 10 «Проводимость биологических объектов для переменного тока. Дисперсия ДЭП»:**

1. Разделы 10.1-10.2. Изучить темы: Поляризационная и статическая емкость. Диэлектрическая проницаемость (ДЭП) биологических объектов. Подготовиться к коллоквиуму (Артюхов В. Г. Биофизика : учебник для вузов / Под ред. В. Г. Артюхова - Москва : Академический Проект, 2020. - 294 с., лекционный материал).

### **Пример тестовых заданий для самопроверки:**

**Примерные вопросы теста по теме «Квантовая биофизика. Природа света и его физические характеристики. Фотохимические реакции. Законы фотохимии»**

**(тест проводится в ЭУК «Биофизика» в LMS Moodle)**

1. Электронные переходы не возможные в молекуле:

a)  $\sigma \rightarrow \sigma^*$

c)  $\pi \rightarrow \sigma^*$

e)  $n \rightarrow \pi^*$

b)  $n \rightarrow \sigma^*$

d)  $\pi \rightarrow \pi^*$

f)  $\sigma \rightarrow \pi^*$

2. Процесс Конверсии верно характеризуют следующие утверждения:

- Это переход электрона по колебательным подуровням с более высоких возбужденных уровней на нижний возбужденный уровень.
- Это переход электрона по колебательным подуровням с возбужденных уровней на основной уровень.
- При протекании этого процесс происходит тепловое расширение молекулы.
- При протекании этого процесс происходит выделения кванта света.

**Примерные вопросы теста по теме «Молекулярная биофизика. Силы внутримолекулярного взаимодействия био-логических макромолекул»  
(тест проводится в ЭУК «Биофизика» в LMS Moodle)**

1. Дополните утверждение пропущенными словами.

Особенностью индукционного взаимодействия является то, что оно \_\_\_\_\_ от температуры и существенно для молекул со \_\_\_\_\_ поляризуемостью.

- |               |                    |
|---------------|--------------------|
| a) зависит    | c) значительной    |
| b) не зависит | d) не значительной |

2. Предмет исследования молекулярной биофизики:

- a) молекулярный состав биомолекул
- b) пространственная организация биомолекул
- c) химические реакции с участием биомолекул
- d) физические процессы, лежащие в основе функционирования биомолекул

**Примерные вопросы теста по теме «Структура и функции биологических мембран. Транспорт веществ через биологические мембраны. Пассивный транспорт и его виды»**

**(тест проводится в ЭУК «Биофизика» в LMS Moodle)**

1. Выберите верные утверждения, характеризующие биологические мембраны.

- 1) толщина составляет несколько молекулярных слоев;
- 2) свойственна полупроницаемость;
- 3) толщина составляет 7 - 15 нм;
- 4) ограничивают все органоиды клетки;
- 5) представляют из себя мономолекулярный слой;
- 6) ограничивают только клетку;
- 7) толщина составляет несколько 7 - 15 Ангстрем;
- 8) соотношение между плазмолеммой и внутриклеточными мембранами одинаково для всех клеток;
- 9) Ассиметрия липидного бислоя.

2. Соотнесите функцию биомембран с определением.

- |  |                    |
|--|--------------------|
| 1. Синтез АТФ на внутренних мембранах митохондрий и фотосинтез в мембранах хлоропластов; | a) рецепторная;    |
| 2. Преобразование разнообразных раздражителей в нервную импульсацию;                     | b) барьерная;      |
| 3. Создание биомембраной препятствий для свободного переноса веществ;                    | c) механическая ;  |
| 4. Обеспечение морфологической целостности и относительную автономности органоидов       | d) энергетическая; |
|  | e) транспортная;   |

**Примерные вопросы теста по теме «Активный транспорт и его виды.  
Электрогенные ионные насосы»  
(тест проводится в ЭУК «Биофизика» в LMS Moodle)**

1. *Заполните пропуски в утверждении:*

В процессе работы  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  – насоса из клетки удаляется \_\_\_\_\_ ион(а)  $\text{Na}^+$  и закачивается \_\_\_\_\_ ион(а)  $\text{K}^+$ .

- |      |      |      |
|------|------|------|
| a) 3 | c) 1 | e) 5 |
| b) 2 | d) 4 |      |

2. *Соотнесите описание с определением.*

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. Процесс самопроизвольного проникновения вещества через мембрану по градиенту концентрации                           | a) Простая диффузия     |
| 2. Процесс самопроизвольного проникновения вещества через мембрану против градиента концентрации                       | b) Облегченная диффузия |
| 3. Процесс проникновения вещества через мембрану по градиенту концентрации с участием белка-переносчика                | c) Активный транспорт   |
| 4. Процесс проникновения вещества через мембрану против градиента концентрации с затратой свободной энергии организма. |                         |

## Критерии оценивания результатов текущего контроля успеваемости

Форма текущего контроля успеваемости	Правила выставления оценки
Тестовое задание	<p>В тестах представлены задания на проверку знаний полученных на лекциях и практических занятиях.</p> <p>На прохождение теста различного уровня сложности дается от 20 мин до 1,5 часов.</p> <p>Итоги прохождения теста оцениваются по следующим правилам:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- количество набранных баллов от 87 до 100 соответствует оценке «отлично» (зачет);</li> <li>- количество набранных баллов от 75 до 87 соответствует оценке «хорошо» (зачет);</li> <li>- количество набранных баллов от 64 до 74 соответствует оценке «удовлетворительно» (зачет);</li> <li>- количество баллов меньше 64 соответствует оценке «неудовлетворительно» (незачет).</li> </ul>
Лабораторная работа	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Отлично</i> выставляется, если обучающийся имеет глубокие знания учебного материала по теме лабораторной работы, показывает усвоение взаимосвязи основных понятий используемых в работе, смог ответить на все уточняющие и дополнительные вопросы, демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме лабораторной работы, определяет взаимосвязи между показателями задачи, даёт правильный алгоритм решения, определяет междисциплинарные связи по условию задания.</li> <li>- <i>Хорошо</i> выставляется, если обучающийся показал знание учебного материала, усвоил основную литературу, смог ответить почти полно на все заданные дополнительные и уточняющие вопросы. Обучающийся демонстрирует знания теоретического и практического материала по теме лабораторной работы, допуская незначительные неточности при решении задач, имея неполное понимание междисциплинарных связей при правильном выборе алгоритма решения задания.</li> <li>- <i>Удовлетворительно</i> выставляется, если обучающийся в целом освоил материал лабораторной работы, ответил не на все уточняющие и дополнительные вопросы, обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, даёт неполный ответ, требующий наводящих вопросов преподавателя, выбор алгоритма решения задачи возможен при наводящих вопросах преподавателя.</li> <li>- <i>Неудовлетворительно</i> выставляется обучающемуся, если он имеет существенные пробелы в знаниях основного учебного материала лабораторной работы, который полностью не раскрыл.</li> </ul>

### **Правила выставления оценки по результатам устного опроса:**

- *Отлично* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос с включением в содержание ответа содержания лекции, материалов учебников, дополнительной литературы без наводящих вопросов.

- *Хорошо* выставляется за полный ответ на поставленный вопрос в объеме лекции, с включением в содержание ответа материалов учебников с четкими положительными ответами на наводящие вопросы преподавателя.

- *Удовлетворительно* выставляется за ответ, в котором озвучено более половины требуемого материала, с положительным ответом на большую часть наводящих вопросов.

- *Неудовлетворительно* выставляется за ответ, в котором озвучено менее половины требуемого материала или не озвучено главное в содержании вопроса с отрицательными ответами на наводящие вопросы, или обучающийся отказался от ответа без предварительного объяснения уважительных причин.

### **Правила выставления оценки за письменный опрос:**

- *Отлично* выставляется за полные ответы на все вопросы с включением в ответ содержания лекции, материала учебников и дополнительной литературы.

- *Хорошо* выставляется за полный ответ на вопросы в объеме лекции или ответ с включением в содержание материала учебника, дополнительной литературы, но с незначительными неточностями.

- *Удовлетворительно* выставляется за ответ, в котором освещены в полном объеме два из трех вопросов или освещены все вопросы более чем наполовину, включая главное в содержании.

- *Неудовлетворительно* выставляется за ответ, в котором освещен в полном объеме один из трех вопросов, или освещены менее половины требуемого материала или не описано главное в содержании вопросов, или нет ответов, или письменная работа не сдана.

Фонды оценочных средств по дисциплине предусматривают проверку индикаторов достижения компетенций.

## **2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**

### **Список вопросов к зачету**

1. Введение. Предмет биофизики. Разделы биофизики. Объекты исследования. Особенности биофизических методов.

2. Термодинамика биологических процессов. Основные понятия термодинамики. Первый закон термодинамики – закон сохранения энергии.

3. Второй закон термодинамики. Определение направления протекания процесса. Объединенная запись первого и второго законов термодинамики. Следствия первого и второго законов.

4. Закон Вант–Гоффа. Химический потенциал.

5. Неравновесная термодинамика. Уравнение Пригожина и его анализ.

6. Принцип Онзагера. Теорема Пригожина.

7. Природа света и его физические характеристики. Понятие кванта. Орбитальная структура атомов и молекул и энергетические уровни.

8. Взаимодействие света с веществом. Закон поглощения света Бугера – Ламберта – Бера.

9. Пути размена энергии возбужденного состояния молекулы.

10. Миграция энергии. Виды и условия миграции. Правила Ферстера.



11. Фотохимические реакции. Законы фотохимии.
12. Молекулярная биофизика. Силы внутримолекулярного взаимодействия биологических макромолекул. Взаимодействие Ван-дер-Ваальса.
13. Ориентационное взаимодействие (диполь-дипольное). Индукционное взаимодействие (диполь-индуцированный диполь).
14. Дисперсионное (поляризационное) взаимодействие.
15. Водородная связь (заряд-дипольное взаимодействие).
16. Гидрофобное взаимодействие.
17. Структура и функции биологических мембран. Состав и функции биологических мембран.
18. Строение биологических мембран.
19. Липид-липидные взаимодействия. Динамические характеристики расположения липидов в мембране.
20. Фазовые переходы липидов в мембранах. Модельные липидные мембраны.
21. Транспорт веществ через биологические мембраны. Классификация видов транспорта.
22. Пассивный транспорт и его виды. Простая диффузия.
23. Облегченная диффузия. Ионофоры, ионные каналы.
24. Фильтрация и осмос.
25. Активный транспорт и его виды.
26. Электрогенные ионные насосы. Натрий – калиевый насос.
27. Активный транспорт кальция. Транспорт протонов.
28. Действие постоянного электрического тока на биологические объекты. ЭДС поляризации и ее виды.
29. Проводимость биологических объектов для переменного тока. Дисперсия ДЭП.
30. Предмет и задачи биологической кинетики. Основные понятия и законы.
31. Кинетика ферментативных процессов. Уравнение Михаэлиса-ментен.
32. Свободнорадикальные процессы в живых организмах.
33. Спектроскопия ЭПР как метод изучения свободных радикалов.

### **Правила выставления оценки на зачете:**

Устный ответ студента на зачете оценивается по 2-х балльной системе.

Отметка «зачтено» ставится, если:

- знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы к зачету, так и на дополнительные;
- студент свободно владеет научной терминологией;
- ответ студента структурирован, содержит анализ существующих теорий, научных школ, направлений и их авторов;
- ответ студента логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную для решения;
- ответ студента характеризуется глубиной, полнотой и не содержит фактических ошибок;
- ответ студента иллюстрируется примерами, в том числе из собственной научно-исследовательской деятельности;
- студент демонстрирует умение аргументировано вести диалог и научную дискуссию;
- студент демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.

Отметка «незачтено» ставится, если:

- ответ студента обнаружил незнание или непонимание сущностной части дисциплины;

- содержание вопросов не раскрыто, допускаются существенные фактические ошибки, которые студент не может исправить самостоятельно;
- на большую часть дополнительных вопросов по содержанию зачета студент затрудняется дать ответ или не дает верных ответов;
- студент не демонстрирует навыки поиска и обработки научной информации и экспериментальных данных.

## Приложение №2 к рабочей программе дисциплины «Биофизика»

### Методические указания для студентов по освоению дисциплины

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Биофизика» являются лекции. По всем темам предусмотрены лабораторные занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем практического применения его при изучении качественного и количественного состава вещества.

Для успешного освоения дисциплины очень важна предварительная подготовка студентов к лабораторным занятиям. Поэтому в процессе изучения дисциплины рекомендуется регулярное повторение пройденного лекционного материала. Материал, законспектированный на лекциях, необходимо дома еще раз прорабатывать и при необходимости дополнять информацией, полученной на консультациях, лабораторных занятиях или из учебной литературы.

Большое внимание должно быть уделено выполнению домашней работы. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагается оформление основной части лабораторной работы согласно методическим указаниям к работе (Жандарев В.В. Дигурова И.И. Ярославль: ЯрГУ, 2006. 47 с).

Для самостоятельной работы студентов рекомендуется использовать литературу, указанную в разделе 8 данной программы.

Для проверки и контроля усвоения теоретического материала, приобретенных практических навыков работы в течение обучения проводятся мероприятия текущей аттестации в виде контрольных заданий, защиты лабораторных работ. Также проводятся консультации (при необходимости) по разбору заданий для самостоятельной работы, которые вызвали затруднения.

В конце семестра изучения дисциплины студенты сдают зачет. Зачет при наличии среднего бала по текущим оценкам, по результатам защищенных лабораторных работ и краткого собеседования со студентом по темам курса.

Освоить вопросы, излагаемые в процессе изучения дисциплины «Биофизика» самостоятельно студенту крайне сложно. Это связано со сложностью изучаемого материала и большим объемом лабораторного курса. Поэтому посещение всех аудиторных занятий является совершенно необходимым. Без упорных и регулярных занятий в течение семестра сдать зачет по итогам изучения дисциплины студенту практически невозможно.