

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Полябин Сергей Владимирович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 28.11.2023 09:49:39  
Уникальный программный ключ:  
7e7751705ad67ae2d6295985e6e9170fe0ad024c

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московская государственная академия ветеринарной медицины и  
биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина»**



Утверждаю:

Проректор по учебной работе,  
С.Ю. Пигина

\_\_\_\_\_ 2023г.

*Кафедра  
Радиобиологии и биофизики имени академика А.Д. Белова*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«Кинетика и термодинамика биологических процессов»**

**Специальность**  
06.03.01 «Биология»

**Профиль подготовки**  
Биология

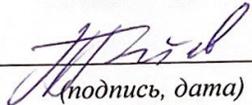
**Уровень высшего образования**  
бакалавриат

форма обучения: очная

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) СОСТАВЛЕНА НА ОСНОВАНИИ:**

- ФГОС ВО по специальности 06.03.01 Биология (уровень бакалавриат), утвержденного приказом Минобрнауки РФ № 939 от «19» сентября 2017 г. (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации «11» октября 2017 г., регистрационный № 48500);
- основной профессиональной образовательной программы по специальности 06.03.01 Биология.
- профессионального стандарта «Работник в области ветеринарии», утвержденного Минтрудом России № 712н «12» октября 2021 г. (зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации «16» ноября 2021 г., регистрационный № 65842).

**РАЗРАБОТЧИКИ:**

И.о.зав. кафедрой <i>(должность)</i>	 <i>(подпись, дата)</i>	М.В. Щукин <i>(ФИО)</i>
Профессор <i>(должность)</i>	 <i>(подпись, дата)</i>	В.Ю. Титов <i>(ФИО)</i>

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

профессор кафедры  
вирусологии и  
микробиологии им.  
академика В.Н. Сюрина,  
ФГБОУ ВО «МГАВМиБ  
– МВА имени К.И.  
Скрябина»,  
*(должность)*

  
*(подпись, дата)*

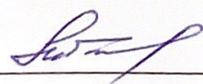
д.б.н. Е.И. Ярыгина  
*(ФИО)*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА:**

- на заседании кафедры Радиобиологии и биофизики имени академика А.Д. Белова  
Протокол заседания № 15 от «15» июня 2023 г.

И.о.зав. кафедрой <i>(должность)</i>	 <i>(подпись, дата)</i>	М.В. Щукин <i>(ФИО)</i>
---	---	----------------------------

- на заседании Учебно-методической комиссии факультета биотехнологии и экологии  
Протокол заседания № 3 от «23» июня 2023 г.

Председатель комиссии <i>(должность)</i>	 <i>(подпись, дата)</i>	М.В. Горбачева <i>(ФИО)</i>
---	---	--------------------------------

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник учебно-методического управления

\_\_\_\_\_  
(должность)

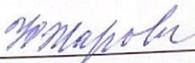
  
\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

С.А. Захарова

\_\_\_\_\_  
(ФИО)

Руководитель сектора организации учебного процесса УМУ

\_\_\_\_\_  
(должность)

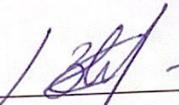
  
\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

Ю.П. Жарова

\_\_\_\_\_  
(ФИО)

Декан факультета биотехнологии и экологии

\_\_\_\_\_  
(должность)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

М.В. Новиков

\_\_\_\_\_  
(ФИО)

Директор библиотеки

\_\_\_\_\_  
(должность)

  
\_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

Н.А. Москвитина

\_\_\_\_\_  
(ФИО)

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТЕКСТЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. ОПОП – основная профессиональная образовательная программа
2. УК – универсальная компетенция
3. ОПК – общепрофессиональная компетенция
4. ПК – профессиональная компетенция
5. з.е. – зачетная единица
6. ФГОС ВО – федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования
7. РПД – рабочая программа дисциплины
8. ФОС – фонд оценочных средств
9. СР – самостоятельная работа

## 2. ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### Цель дисциплины (модуля):

ознакомление студентов с основными физическими принципами функционирования биологических систем.

### Задачи дисциплины (модуля):

- формирование у обучающихся логически упорядоченных знаний о наиболее важных законах и принципах функционирования биологических систем;

- ознакомление обучающихся с методами биофизических исследований и направлениями практического применения биофизики в ветеринарии;

- освоение основных экспериментальных навыков, необходимых для работы с физической аппаратурой, диагностическим и технологическим оборудованием, используемым в ветеринарии.

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с индикаторами достижения компетенций:

№ п/п	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК)	Результаты обучения по дисциплине
2	ОПК-4. Способен использовать в профессиональной деятельности методы решения задач с применением	ИД-1 <sub>ОПК-4</sub> . Знать: технические возможности современного специализированного оборудования, методы решения задач профессиональной деятельности	Знать: основные положения классической термодинамики, особенности термодинамики процессов в живых системах, факторы, определяющие кинетику этих процессов.

	современного оборудования при разработке новых технологий и использовать современную профессиональную методологию для проведения экспериментальных исследований и интерпретации их результатов	<b>ИД-2</b> <sub>ОПК-4</sub> . Уметь: применять современные технологии, включая цифровые, и методы исследований в профессиональной деятельности, интерпретировать полученные результаты	Уметь: решать задачи, связанные с термодинамическими особенностями биологических систем и кинетическими закономерностями происходящих в них процессов
		<b>ИД-3</b> <sub>ОПК-4</sub> . Владеть: навыками работы со специализированным оборудованием для реализации поставленных задач при проведении исследований и разработке новых технологий, в том числе цифровых	Владеть: навыками решения задач, связанных с термодинамическими особенностями биологических систем и кинетическими закономерностями происходящих в них процессов

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.18 «Кинетика и термодинамика биологических процессов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, учебного плана ОПОП по специальности 06.03.01 Биология (уровень специалитета) и осваивается:

- по очной форме обучения в 8 семестре.

### ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общий объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единиц, 72 часа.

Вид учебной работы	Всего, час.	Очная форма обучения			
		семестр			
		8	-	-	-
<b>Общий объем дисциплины</b>	<b>72</b>	<b>72</b>	-	-	-
<b>Контактная работа (аудиторная):</b>	<b>38,3</b>	<b>38,3</b>	-	-	-
лекции	18	18	-	-	-
занятия семинарского типа, в том числе:	18	18	-	-	-
семинары	-	-	-	-	-
практические занятия	18	18	-	-	-
практикумы	-	-	-	-	-
лабораторные работы	-	-	-	-	-
другие виды контактной работы	2,65	2,65	-	-	-
<b>Контактная работа (внеаудиторная)</b>	-	-	-	-	-
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>33,7</b>	<b>33,7</b>	-	-	-
изучение теоретического курса	-	-	-	-	-
выполнение домашних заданий (РГР, решение задач, реферат, эссе и другое)	-	-	-	-	-
курсовое проектирование	-	-	-	-	-
другие виды самостоятельной работы	33,7	33,35	-	-	-
<b>Промежуточная аттестация:</b>			-	-	-
зачет	0	0	-	-	-
экзамен	-	-	-	-	-
другие виды промежуточной аттестации	-	-	-	-	-

### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Разделы дисциплины (модуля):

№ раздела	Наименование раздела	Очная форма			ИДК
		Лекции, час.	Занятия семинарского типа, час.	СР, час.	

			Семинары практические занятия и др.	Практикумы, лабораторные работы		
1.	Равновесная термодинамика.	4	4		6	ОПК-4.1.1; ОПК-4.2.1; ОПК-4.3.1
2	Линейная термодинамика.	2	2		6	ОПК-4.1.1; ОПК-4.2.1; ОПК-4.3.1
3.	Нелинейная термодинамика.	2	2	-	7	ОПК-4.1.1; ОПК-4.2.1; ОПК-4.3.1
4.	Кинетика биологических процессов	4	4	-	7	ОПК-4.1.1; ОПК-4.2.1; ОПК-4.3.1
5.	Математическое моделирование биологических процессов	6	6	-	7,7	ОПК-4.1.1; ОПК-4.2.1; ОПК-4.3.1
Итого:		18	18	-	337	

### Содержание дисциплины (модуля) по видам занятий

#### Лекционные занятия

№ раздел а	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема лекции	Объем, час.
1	<b>Равновесная термодинамика.</b>	Значение термодинамики для анализа биологических процессов. Термодинамические параметры и функции состояния. Законы термодинамики. Экспериментальная проверка первого закона в биологических системах.	4
2	<b>Линейная термодинамика.</b>	Линейная неравновесная термодинамика биологических процессов. Основные понятия неравновесной термодинамики. Стационарные состояния вблизи равновесия.	2
3	<b>Нелинейная термодинамика.</b>	Свойства термодинамических систем вдали от равновесия. Самоорганизация в термодинамических системах. Информационные процессы в биологических системах.	2
4	<b>Кинетика биологических процессов</b>	Кинетика простейшей односубстратной ферментативной реакции. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Ферментативная реакция с субстратным ингибированием. Кооперативная кинетика. Уравнение Хилла. Особенности кинетики биохимических процессов в клетке	4
5	<b>Математическое моделирование биологических процессов</b>	Моделирование биологических процессов. Концепция фазового пространства. Фазовая плоскость. Качественный анализ математических моделей. Множественность стационарных состояний. Модель брюсселятора, диссипативные структуры	6

## Занятия семинарского типа

№ раздела	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема занятия, краткое содержание	Объем, час.
1.	<b>Равновесная термодинамика.</b>	Значение термодинамики для анализа биологических процессов. Виды энергии, важные для функционирования биологических систем. Основные термодинамические функции. Первый закон термодинамики.	2
		Второй закон термодинамики. Понятие обратимости процесса. Энтропия как мера необратимости. лектрохимический потенциал.	1
		Контрольная работа по разделу «Равновесная термодинамика»	1
2	<b>Линейная термодинамика.</b>	Параметры, определяющие состояние открытой системы. Энтропия открытых систем. Сопряжение процессов. Соотношение Онзагера.	2
3.	<b>Нелинейная термодинамика.</b>	Теорема Пригожина. Термодинамика активного и сопряженного транспорта.	2
4.	<b>Кинетика биологических процессов</b>	<i>Контрольная работа по разделу “Линейная термодинамика”</i>	2
		Особенности кинетики биохимических процессов в клетке; разнообразие химических реакций в ограниченном объеме, организация метаболических путей, компартментализация, связь с физиологией клетки. Принцип узкого места.	2
5.	<b>Математическое моделирование биологических процессов</b>	Математическое моделирование биологических процессов. Концепция фазового пространства. Качественный анализ математических моделей. Классификация особых точек.	2
		Коллоквиум по теме “Математическое моделирование биологических процессов”	2
		Итоговое занятие	2

## Самостоятельная работа обучающегося

№ раздела	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема занятия	Вид СРС	Объем, час.
1	<b>Равновесная термодинамика.</b>	Значение термодинамики для анализа биологических процессов. Термодинамические параметры и функции состояния. Законы термодинамики. Экспериментальная проверка первого закона в биологических системах.	Изучение теоретического материала. Изучение видеолекций, размещенных в открытом доступе (Rutube, Coursera и др.). Подготовка к занятиям	6
2	<b>Линейная термодинамика.</b>	Линейная неравновесная термодинамика биологических процессов. Основные понятия неравновесной термодинамики. Стационарные состояния вблизи равновесия.	Изучение теоретического материала. Изучение видеолекций, размещенных в открытом доступе (Rutube, Coursera и др.). Подготовка к занятиям	6
3	<b>Нелинейная термодинамика.</b>	Свойства термодинамических систем вдали от равновесия. Самоорганизация в термодинамических системах. Информационные процессы в биологических системах.	Изучение теоретического материала. Изучение видеолекций, размещенных в открытом доступе (Rutube, Coursera и др.). Подготовка к занятиям	7
4	<b>Кинетика биологических процессов</b>	Кинетика простейшей односубстратной ферментативной реакции. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Ферментативная реакция с субстратным ингибированием. Кооперативная кинетика. Уравнение Хилла. Особенности кинетики биохимических процессов в клетке	Изучение теоретического материала. Изучение видеолекций, размещенных в открытом доступе (Rutube, Coursera и др.). Подготовка к занятиям	7
5	<b>Математическое моделирование биологических процессов</b>	Моделирование биологических процессов. Концепция фазового пространства. Фазовая плоскость. Качественный анализ математических моделей. Множественность стационарных состояний. Модель брюсселятора, диссипативные структуры	Изучение теоретического материала. Изучение видеолекций, размещенных в открытом доступе (Rutube, Coursera и др.). Подготовка к занятиям	7,35

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### Перечень основной и дополнительной литературы:

Основная литература

1. Рубин А.Б. Биофизика. Том 1. Теоретическая биофизика [Электронный ресурс] : учебник / А.Б. Рубин. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. — 448 с. — 5-211-06110-1. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/13075.html> (дата обращения 12.09.2018)

2. Биофизика [Электронный ресурс] : учебник для вузов / В.Г. Артюхов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Екатеринбург: Академический Проект, Деловая книга, 2016. — 295 с. — 978-5-8291-1081-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/60018.html> (дата обращения 12.09.2018).

3. Волькенштейн, М.В. Биофизика : учеб. пособие / Волькенштейн, Михаил Владимирович. - 3-е изд., стер. - СПб. [и др.] : Лань, 2008. - 595 с.
4. Рубин, А.Б. Биофизика : в 2 т.: учеб. для вузов . Т.1 : Теоретическая биофизика / Рубин, Андрей Борисович; Моск. гос. ун-т им. М.В.Ломоносова . - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Книж. дом "Университет", 1999. - 448 с.
5. Рубин, А.Б. Биофизика : В 2-х Т.: Учебник для вузов. Т.2 : Биофизика клеточных процессов / Рубин, Андрей Борисович. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : Книж. дом "Университет", 2000. - 467 с.
6. Ремизов А.Н., Максими́на А. Г., Потапенко А. Я. Медицинская и биологическая физика.- М.: Дрофа. , 2008.
7. Артюхов В. Г., Ковалева Т. А., Наквасина М. А. Биофизика – Воронеж: Издательско-полиграфический центр, 2009. – 294 с. 8. Биофизика : Учеб. для вузов / В.Ф.Антонов, А.М.Черныш, В.И.Пасечник и др. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ВЛАДОС, 2003. - 287 с

#### Дополнительная литература

1. Максимов Г.В. Биофизика возбудимой клетки [Электронный ресурс] / Г.В. Максимов. — Электрон. текстовые данные. — Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2016. — 208 с. — 978-5-4344-0372-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/69341.html> (дата обращения 12.09.2018)
2. Шайтан К.В. Проблемы регуляции в биологических системах. Биофизические аспекты [Электронный ресурс] / К.В. Шайтан, А.А. Буздин, А.В. Карговский. — Электрон. текстовые данные. — Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2007. — 480 с. — 978-5-93972-567-5. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/16603.html> (дата обращения 12.09.2018)

#### Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины:

№	Наименование	Ссылка на ресурс	Доступность
<b>Информационно-справочные системы</b>			
1.	Дорожная карта развития «сквозной» цифровой технологии «Компоненты робототехники и сенсорики»	<a href="https://digitech.ac.gov.ru/technologies/robotics_and_sensorics/">https://digitech.ac.gov.ru/technologies/robotics_and_sensorics/</a>	Режим доступа: свободный доступ
2	Сквозные технологии цифровой экономики	<a href="https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Сквозные_технологии_цифровой_экономики">https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Сквозные_технологии_цифровой_экономики</a>	Режим доступа: свободный доступ
<b>Электронно-библиотечные системы</b>			
1.	Электронно-библиотечная система «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com">https://e.lanbook.com</a>	Режим доступа: для авториз. пользователей
2.	Электронно-библиотечная система «Book.ru»	<a href="https://www.book.ru">https://www.book.ru</a>	Режим доступа: для авториз. пользователей
3.	Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM»	<a href="https://znanium.com">https://znanium.com</a>	Режим доступа: для авториз. пользователей
4.	РУКОНТ : национальный цифровой ресурс	<a href="https://rucont.ru">https://rucont.ru</a>	Режим доступа: для авториз. пользователей
<b>Профессиональные базы данных</b>			
1.	Физика. Каталог научных сайтов	<a href="http://elementy.ru">elementy.ru</a>	Режим доступа: свободный доступ

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

**Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства:**

№	Наименование	Правообладатель ПО (наименование владельца ПО, страна)	Доступность (лицензионное, свободно распространяемое)	Ссылка на Единый реестр российских программ для ЭВМ и БД (при наличии)
1.	Операционная система UBLinux	ООО «Юбитех», Российская Федерация	Свободно распространяемое	<a href="https://reestr.digital.gov.ru/reestr/307624/">https://reestr.digital.gov.ru/reestr/307624/</a>
2.	Офисные приложения AlterOffice	ООО «Алми Партнер», Российская Федерация	Свободно распространяемое	<a href="https://reestr.digital.gov.ru/reestr/308464/">https://reestr.digital.gov.ru/reestr/308464/</a>
3.	Антивирус Dr. Web.	Компания «Доктор Веб», Российская Федерация	Лицензионное	<a href="https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301426/">https://reestr.digital.gov.ru/reestr/301426/</a>

### 8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Оценочные средства для проведения текущего и промежуточного контроля знаний по дисциплине (модулю) «Биофизика» представлены в виде фонда оценочных средств (далее – ФОС) в Приложении к настоящей рабочей программе дисциплины (модуля).

### 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

№ п/п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (Ауд.2 УЛК)	Комплект специализированной мебели, интерактивная учебная доска, экран, мультимедийный проектор, компьютер, подключенный к сети «Интернет»
2	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (Ауд 4, 204, 203, 208 УЛК)	Специализированная мебель, интерактивная учебная доска, оборудование для проведения практических занятий по оптическим методам контроля биосистем (спектрофотометр, хемилюминометр )
3	Учебная аудитория для самостоятельной работы	Учебная мебель; аудиторная доска, компьютеры, подключенные к сети «Интернет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**текущего контроля / промежуточной аттестации обучающихся  
при освоении ОПОП ВО, реализующей ФГОС ВО**

*Кафедра*

*Радиобиологии и биофизики имени академика А.Д.Белова*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**«Кинетика и термодинамика биологических процессов»**

**специальность**

**06.03.01 Биология**

**профиль подготовки**

**Биология**

**уровень высшего образования**

**специалитет**

**форма обучения: очная**

## 1. ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Оценка уровня учебных достижений обучающихся по дисциплине осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

**Текущий контроль успеваемости** по дисциплине осуществляется в формах:

1. Опрос
2. Тест

**Промежуточная аттестация по дисциплине** осуществляется в форме зачета, при этом проводится оценка степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения по дисциплине.

## 2. СООТНОШЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ СО ШКАЛОЙ ОЦЕНИВАНИЯ И УРОВНЕМ ИХ СФОРМИРОВАННОСТИ

Планируемые результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	Шкала оценивания	Уровень сформированной компетенции
<b>ОПК-4</b>			
Знать: основные положения классической термодинамики, особенности термодинамики процессов в живых системах, факторы, определяющие кинетику этих процессов.	Глубокие знания основных положений классической термодинамики, особенностей термодинамики процессов в живых системах, факторов, определяющих кинетику этих процессов.	Отлично	Высокий
	Несущественные ошибки в знании основных положений классической термодинамики, особенностей термодинамики процессов в живых системах, факторов, определяющих кинетику этих процессов.	Хорошо	Повышенный
	Фрагментарные представления об основных положений классической термодинамики, особенностей термодинамики процессов в живых системах, факторов, определяющих кинетику этих процессов.	Удовлетворительно	Пороговый
	Отсутствие знаний основных положений классической термодинамики, особенностей термодинамики процессов в живых системах, факторов, определяющих кинетику этих процессов.	Неудовлетворительно	Не сформирован
Уметь: решать задачи, связанные с термодинамическими особенностями биологических систем и кинетическими закономерностями происходящих в них процессов	Уметь в совершенстве решать задачи, связанные с термодинамическими особенностями биологических систем и кинетическими закономерностями происходящих в них процессов	Отлично	Высокий
	Уметь решать задачи, связанные с термодинамическими особенностями биологических систем и кинетическими закономерностями происходящих в них процессов	Хорошо	Повышенный
	Уметь частично решать задачи, связанные с термодинамическими особенностями биологических систем и кинетическими закономерностями происходящих в них процессов	Удовлетворительно	Пороговый
	Неумение решать задачи, связанные с термодинамическими особенностями биологических систем и кинетическими	Неудовлетворительно	Не сформирован

	закономерностями происходящих в них процессов		
Владеть: навыками решения задач, связанных с термодинамическими особенностями биологических систем и кинетическими закономерностями происходящих в них процессов	Полное овладение навыками решения задач, связанных с термодинамическими особенностями биологических систем и кинетическими закономерностями происходящих в них процессов	Отлично	Высокий
	Владение навыками решения задач, связанных с термодинамическими особенностями биологических систем и кинетическими закономерностями происходящих в них процессов	Хорошо	Повышенный
	Фрагментарное владение навыками решения задач, связанных с термодинамическими особенностями биологических систем и кинетическими закономерностями происходящих в них процессов	Удовлетворительно	Пороговый
	Отсутствие навыков решения задач, связанных с термодинамическими особенностями биологических систем и кинетическими закономерностями происходящих в них процессов	Неудовлетворительно	Не сформирован

### 3. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Текущий контроль успеваемости обучающихся:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Форма текущего контроля	Оценочные средства	ИДК
1	<b>Равновесная термодинамика.</b>	1. Опрос 2. Тест	1. Банк вопросов к опросу 2. Банк тестовых заданий	ОПК-4.1.1; ОПК-4.2.1; ОПК-4.3.1
2	<b>Линейная термодинамика.</b>	Опрос	Банк вопросов к опросу	ОПК-4.1.1; ОПК-4.2.1; ОПК-4.3.1
3.	<b>Нелинейная термодинамика.</b>	1. Опрос	1. Банк вопросов к опросу	ОПК-4.1.1; ОПК-4.2.1; ОПК-4.3.1
4.	<b>Кинетика биологических процессов</b>	1. Опрос 2. Тест	1. Банк вопросов к опросу 2. Банк тестовых заданий	ОПК-4.1.1; ОПК-4.2.1; ОПК-4.3.1
5.	<b>Математическое моделирование биологических процессов</b>	1. Опрос	1. Банк вопросов к опросу	ОПК-4.1.1; ОПК-4.2.1; ОПК-4.3.1

#### Промежуточная аттестация

Способ проведения промежуточной аттестации:

- экзамен проводится в 7 семестре 4 курса;

Перечень видов оценочных средств, используемых для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю):

Банк вопросов к экзамену

#### **4. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

##### **Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости**

- комплект вопросов для опроса по дисциплине – 50 шт. (Приложение 1);
- комплект тестовых заданий по дисциплине – 19 шт. (Приложение 2).

##### **Оценочные материалы для промежуточной аттестации**

- комплект вопросов к экзамену по дисциплине – 50 шт. (Приложение 3);

## **Комплект вопросов для опроса по дисциплине**

### Перечень контрольных вопросов для оценки компетенции (ОПК-4):

#### **Раздел 1. Равновесная термодинамика**

1. Определение термодинамики. Термодинамическая система, виды термодинамических систем.
2. Термодинамическое равновесие. Условия, при которых оно достигается в изолированной системе.
3. Термодинамические параметры и функции состояния.
4. Внутренняя энергия, энтальпия как функции состояния. Первый закон термодинамики.
4. Свободная энергия и работа. Потенциалы Гиббса и Гельмгольца. Изменение свободной энергии в самопроизвольно протекающем процессе.
5. Свободная энергия и ее изменение в условиях термодинамического равновесия.
6. Первый закон термодинамики, его выполнение в биологических системах.
7. Понятие обратимости процесса. Энтропия как мера необратимости и как мера неупорядоченности.
8. Энтропия в явлениях переноса.
9. Энтропия и информация.
10. Понятие химического, электрохимического и диффузионного потенциала.
11. Изменение термодинамических параметров при активном и пассивном транспорте через биомембрану.

#### **Раздел 2. Линейная термодинамика.**

1. Открытая система. Понятия равновесного и стационарного состояния.
2. Основные понятия неравновесной термодинамики; силы и потоки, линейные соотношения, степень сопряжения, эффективность сопряжения.
3. Параметры, определяющие состояние открытой системы.
4. Энтропия открытых систем.
5. Стационарные состояния вблизи равновесия.
6. Критерий направленности необратимых процессов в открытых системах.
7. Соотношения Онзагера.
8. Теорема Пригожина.

#### **Раздел 3. Нелинейная термодинамика.**

1. Свойства термодинамических систем вдали от равновесия.
2. Самоорганизация в термодинамических системах.
3. Точки стационарного состояния открытых систем. Их количество в зависимости от линейности процесса.
4. Типы устойчивости особых точек: устойчивый узел, неустойчивый узел, седло.
5. Типы устойчивости особых точек: устойчивый фокус, неустойчивый фокус, центр.

#### **Раздел 4. Кинетика биологических процессов.**

1. Понятие об энергии активации. Роль ферментов в биологических процессах.
2. Скорость химических процессов в гомогенной и гетерогенной фазе.

3. Закон действия масс.
4. Фермент-субстратное взаимодействие. Понятие о быстрых и медленных переменных.
5. Уравнение Михаэлиса — Ментен. Условия, при которых кинетика ферментативной реакции описывается этим уравнением.
6. Понятие о фермент — субстратном комплексе. Процессы, определяющие время его существования.
7. Условия, при которых достигается максимальная скорость ферментативной реакции.
8. Константа Михаэлиса: размерность, значение.
9. Способы регуляции скорости ферментативных реакций в открытой системе.
10. Открытая ферментативная система с субстратным ингибированием. Зависимость скорости образования продукта от концентрации субстрата.
11. Стационарные точки в открытой системе с субстратным ингибированием. Их число и устойчивость.
12. Конкурентное ингибирование ферментативной реакции. Влияние ингибитора на максимальную скорость и константу Михаэлиса.
13. Неконкурентное ингибирование ферментативной реакции. Влияние ингибитора на максимальную скорость и константу Михаэлиса.
14. Константа ингибирования. Метод Диксона для определения константы ингибирования при конкурентном и неконкурентном ингибировании.
15. Кооперативный эффект связывания лигандов. Уравнение Хилла.
16. Методы исследования ферментативных реакций: условия, которым они должны отвечать. Метод непрерывного потока, метод остановленной струи.
17. Принцип узкого места.

### **Раздел 5. Математическое моделирование биологических процессов**

1. Свойства систем с множественностью стационарных состояний; гистерезис, триггерность, колебательный режим.
2. Определение модели, виды моделей.
3. Распределенные модели биологических систем.
4. Базовая модель с двумя переменными и ее особенности.
5. Брюсселятор. Основные характеристики модели.
6. Хаотические процессы в детерминированных системах.
7. Модель Лоренца
8. Модель динамики популяций.
9. Модель В.Вольтерры «хищник-жертва»

### Критерии оценивания учебных действий обучающихся при проведении *опроса*

<b>Отметка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
отлично	обучающийся четко выражает свою точку зрения по рассматриваемым вопросам, приводя соответствующие примеры
хорошо	обучающийся допускает отдельные погрешности в ответе
удовлетворительно	обучающийся обнаруживает пробелы в знаниях основного учебного и нормативного материала
неудовлетворительно	обучающийся обнаруживает существенные пробелы в знаниях основных положений дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи

**Комплект тестовых заданий по дисциплине**

Тестовые задания для оценки компетенции (УК-1, ОПК-4):

**Раздел 1. Равновесная термодинамика.**

I. Понятие «энтальпия» отражает...

- А) понятие «энтальпия» отражает теплосодержание системы
- Б) при  $T, P = \text{const}$   $\Delta H = \Delta Q$
- В) понятие «энтальпия» отражает меру упорядоченности системы
- Г) понятие «энтальпия» отражает количество энергии, необходимой для совершения полезной работы

2. Энтальпия образования – это величина, отражающая ...

- А) направление, в котором будет проходить тот или иной процесс при образовании 1 моля вещества
- Б) количество энергии, образующейся в результате сгорания 1 моля вещества при стандартных условиях
- В) количество тепла, поглощенное или выделенное в процессе синтеза 1 моля вещества из его элементов при стандартных условиях.

3. Закон Гесса можно выразить в следующем виде....

- А)  $\Delta Q = \Delta U + A$
- Б)  $\Delta Q = \sum \Delta H$  продуктов —  $\sum \Delta H$  исходных в-в
- В)  $\Delta U = \Delta Q - A$
- Г)  $\Delta Q = \Delta U + A + \sum \Delta \mu_i$

4. С позиции статистической физики энтропию можно выразить следующей формулой..

- А)  $S = \Delta Q / T$
- Б)  $S = k \ln W$
- В)  $dS/dt = -(1/T)\Delta G/t$

5. Энтропия уменьшается....

- А) в равновесном состоянии
- Б) при сжатии газа под поршнем
- В) при распаде химического соединения до конечных продуктов
- Г) в процессах биосинтеза

6. Свободная энергия – это ...

- А) часть внутренней энергии, которая может рассеяться в виде тепла
- Б) часть внутренней энергии, которая может пойти на совершение полезной работы
- В) величина, отражающая количество энергии, имеющейся в системе.
- Г) энергия, освобождающаяся в ходе физических и химических процессов

7. Для каких процессов можно применить следующие выражения свободной энергии -  $\Delta G = nF\Delta\phi$

- А) только для реакций, катализируемых ферментами
- Б) для электрохимических процессов на мембране тилакоидов хлоропластов
- В) для любых химических реакций
- Г) для электрохимических процессов на внутренней мембране митохондрий

8. Вблизи равновесия отношения между потоками и силами можно представить в следующем виде:

- А)  $J=L/X$
- Б)  $J=L \cdot X$
- В)  $J=L+X$
- Г)  $J=L \cdot X^2$

#### **Раздел 4. Кинетика биологических процессов**

1. Энергией активации называется:

А) Минимальная кинетическая энергия поступательного движения, которой должны обладать молекулы реагентов, чтобы их столкновение было химически успешным. Б) Минимальная кинетическая энергия поступательного и вращательного движения, которой должны обладать молекулы реагентов, чтобы их столкновение было химически успешным. В) Энергия, при которой молекула переходит в возбужденное состояние. Г) Энергия, необходимая для ионизации молекулы.

2. Ферменты в живых тканях:

А) Повышают энергию активации. Б) Понижают энергию активации. В) Изменяют свободную энергию процесса. Г) Изменяют энтропию процесса.

3) Уравнение Михаэлиса — Ментен отражает зависимость:

А) Скорости образования продукта от концентрации субстрата при данной концентрации фермента. Б) Скорости образования продукта от концентрации одного из субстратов при данной концентрации фермента. В) Скорости образования продукта от концентрации активного фермента. Г) Степень инактивации фермента субстратом.

4) Быстрыми переменными в ферментативной кинетике называются:

А) Переменные, величины которых убывают со временем быстрее, чем других. Б) Переменные, величины которых изменяются со временем быстрее, чем других. В) Переменные, изменения величин которых настолько быстры, что величину их концентрации можно признать нулевой. Г) Переменные, изменения величин которых настолько быстры, что величину их концентрации можно признать постоянной.

5) В кинетике, описываемой уравнением Михаэлиса — Ментен быстрыми переменными являются:

А) Концентрация субстрата [S]. Б) Концентрация фермента [E]. В) Концентрация продукта [P]. Г) Концентрации фермента и фермент — субстратного комплекса ([E] и [ES]).

6) Максимальная скорость образования продукта ( $V_p$ ) при кинетике Михаэлиса — Ментен достигается при условии:

А) Отсутствия ингибиторов. Б) Концентрации субстрата, многократно превышающей концентрацию фермента. В) При максимальном насыщении фермента субстратом: весь E переходит в ES.

7) Константа Михаэлиса имеет размерность:

А) М/с. Б) М/с<sup>2</sup>. В) М•с. Г) М

8) Величина константы Михаэлиса равна:

А) Максимальной скорости образования продукта, которая возможна при данной концентрации фермента. Б) Половине значения максимальной скорости образования продукта, которая возможна при данной концентрации субстрата. В) Концентрации субстрата, при которой достигается максимальная скорость образования продукта. Г) Концентрации субстрата, при которой скорость образования продукта равна половине максимальной.

9) Процесс может быть описан кинетикой Михаэлиса — Ментен при следующих условиях:

А)  $[S] \geq [E]$ . Б)  $[S] \gg [E]$ . В)  $d[E]/dt = 0$ . Г)  $[S] \geq [E]$ ,  $d[E]/dt = d[ES]/dt = 0$ .

10) При конкурентном ингибировании ферментативной реакции:

А) Уменьшается константа Михаэлиса, но не изменяется максимальная скорость. Б) Не изменяется константа Михаэлиса, но уменьшается максимальная скорость. В) Увеличивается константа Михаэлиса, но не изменяется максимальная скорость. Г) Увеличивается константа Михаэлиса, но уменьшается максимальная скорость.

11) При неконкурентном ингибировании:

А) Уменьшается константа Михаэлиса, но не изменяется максимальная скорость. Б) Не изменяется константа Михаэлиса, но уменьшается максимальная скорость. В) Увеличивается константа Михаэлиса, но не изменяется максимальная скорость. Г) Увеличивается константа Михаэлиса, но уменьшается максимальная скорость.

## **Критерии оценивания учебных действий обучающихся при проведении тестирования**

Результат тестирования оценивается по процентной шкале оценки.

Каждому обучающемуся предлагается комплект тестовых заданий, количество которых приравнивается к 100%:

<b>Отметка</b>	<b>Критерии оценивания</b>
отлично	больше 85% правильных ответов
хорошо	66-85% правильных ответов
удовлетворительно	51-65% правильных ответов
неудовлетворительно	меньше 50% правильных ответов

**Комплект вопросов к зачету по дисциплине**

**Вопросы к зачету для оценки компетенции (УК-1, ОПК-4):**

**Раздел 1. Равновесная термодинамика**

1. Определение термодинамики. Термодинамическая система, виды термодинамических систем.
2. Термодинамическое равновесие. Условия, при которых оно достигается в изолированной системе.
3. Термодинамические параметры и функции состояния.
4. Внутренняя энергия, энтальпия как функции состояния. Первый закон термодинамики.
4. Свободная энергия и работа. Потенциалы Гиббса и Гельмгольца. Изменение свободной энергии в самопроизвольно протекающем процессе.
5. Свободная энергия и ее изменение в условиях термодинамического равновесия.
6. Первый закон термодинамики, его выполнение в биологических системах.
7. Понятие обратимости процесса. Энтропия как мера необратимости и как мера неупорядоченности.
8. Энтропия в явлениях переноса.
9. Энтропия и информация.
10. Понятие химического, электрохимического и диффузионного потенциала.
11. Изменение термодинамических параметров при активном и пассивном транспорте через биомембрану.

**Раздел 2. Линейная термодинамика.**

9. Открытая система. Понятия равновесного и стационарного состояния.
10. Основные понятия неравновесной термодинамики; силы и потоки, линейные соотношения, степень сопряжения, эффективность сопряжения.
11. Параметры, определяющие состояние открытой системы.
12. Энтропия открытых систем.
13. Стационарные состояния вблизи равновесия.
14. Критерий направленности необратимых процессов в открытых системах.
15. Соотношения Онзагера.
16. Теорема Пригожина.
- 17.

**Раздел 3. Нелинейная термодинамика.**

6. Свойства термодинамических систем вдали от равновесия.
7. Самоорганизация в термодинамических системах.
8. Точки стационарного состояния открытых систем. Их количество в зависимости от линейности процесса.
9. Типы устойчивости особых точек: устойчивый узел, неустойчивый узел, седло.
10. Типы устойчивости особых точек: устойчивый фокус, неустойчивый фокус, центр.

**Раздел 4. Кинетика биологических процессов.**

18. Понятие об энергии активации. Роль ферментов в биологических процессах.
19. Скорость химических процессов в гомогенной и гетерогенной фазе.

20. Закон действия масс.
21. Фермент-субстратное взаимодействие. Понятие о быстрых и медленных переменных.
22. Уравнение Михаэлиса — Ментен. Условия, при которых кинетика ферментативной реакции описывается этим уравнением.
23. Понятие о фермент — субстратном комплексе. Процессы, определяющие время его существования.
24. Условия, при которых достигается максимальная скорость ферментативной реакции.
25. Константа Михаэлиса: размерность, значение.
26. Способы регуляции скорости ферментативных реакций в открытой системе.
27. Открытая ферментативная система с субстратным ингибированием. Зависимость скорости образования продукта от концентрации субстрата.
28. Стационарные точки в открытой системе с субстратным ингибированием. Их число и устойчивость.
29. Конкурентное ингибирование ферментативной реакции. Влияние ингибитора на максимальную скорость и константу Михаэлиса.
30. Неконкурентное ингибирование ферментативной реакции. Влияние ингибитора на максимальную скорость и константу Михаэлиса.
31. Константа ингибирования. Метод Диксона для определения константы ингибирования при конкурентном и неконкурентном ингибировании.
32. Кооперативный эффект связывания лигандов. Уравнение Хилла.
33. Методы исследования ферментативных реакций: условия, которым они должны отвечать. Метод непрерывного потока, метод остановленной струи.
34. Принцип узкого места.

#### **Раздел 5. Математическое моделирование биологических процессов**

10. Свойства систем с множественностью стационарных состояний; гистерезис, триггерность, колебательный режим.
11. Определение модели, виды моделей.
12. Распределенные модели биологических систем.
13. Базовая модель с двумя переменными и ее особенности.
14. Брюсселятор. Основные характеристики модели.
15. Хаотические процессы в детерминированных системах.
16. Модель Лоренца
17. Модель динамики популяций.
18. Модель В.Вольтерры «хищник-жертва»

1. Критерии оценивания учебных действий обучающихся при проведении зачета

2. Отметка	3. Критерии оценивания
4. зачтено	5. обучающийся показал знания основных положений учебной дисциплины, умение решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты расчетов или эксперимента
6. не зачтено	7. при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины

