Минобрнауки России

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра биохимии и микробиологии

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

«Б1.Д.Б.33 Инженерная энзимология»

Уровень высшего образования

СПЕЦИАЛИТЕТ

Специальность
06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика
(код и наименование специальности)

Биоинженерия
(наименование направленности (профиля)/специализации образовательной программы)

Квалификация
Биоинженер и биоинформатик

Форма обучения
Очная

Год набора 2024

Рабочая программа дисциплины *«Б1.Д.Б.33 Инженерная энзимология»* рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

Кафедра биохимии и микробиологии
наименование кафедры

протокол № _7__ от "_15__" февраля 2024г.

Заведующий кафедрой
Кафедра биохимии и микробиологии _____ Е.С. Барышева
наименование кафедры *подпись* *расшифровка подписи*

Исполнители:
Доцент кафедры БХМБ _____ О.А. Науменко
должность *подпись* *расшифровка подписи*

СОГЛАСОВАНО:
Председатель методической комиссии по специальности
06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика _____ Е.С. Барышева
код наименование *личная подпись* *расшифровка подписи*

Заведующий отделом формирования фонда и научной обработки документов
_____ Н.Н. Бигалиева
личная подпись *расшифровка подписи*

Уполномоченный по качеству факультета
_____ А.Н. Сизенцов

№ регистрации 170

© Науменко О.А., 2024
© ОГУ, 2024

1 Цели и задачи освоения дисциплины

Цели освоения дисциплины:
- формирование представлений о ферментах, как биологических катализаторах;
- формирование представлений о кинетике и термодинамики ферментативных реакций;
- формирование представлений о молекулярных основах превращения энергии в живых системах.

Задачи:
- иметь представление о механизмах формирования пространственной структуры белка;
- знать функциональные группы ферментов, принципы пространственной организации молекулы фермента,
- классификацию ферментов;
- структуру и механизм действия ферментов отдельных групп,
- разные типы регуляции активности ферментов;
- уметь выделять белки для исследования;
- иметь навыки по приготовлению экстрактов, очистке белков методом центрифугирования и фильтрования, определению активности ферментов;
- иметь представление о законах классической термодинамики в биохимии;
- знать теоретические основы кинетики ферментативных реакций и методы расчета параметров ферментативных реакций;
- уметь проводить расчеты кинетических характеристик ферментативных реакций;
- иметь навыки определения скорости ферментативных реакций в зависимости от заданных параметров реакции;
- иметь знания о современных методах синтеза и модификация белков и пептидов.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к базовой части блока Д «Дисциплины (модули)»

Пререквизиты дисциплины: *Б1.Д.Б.23 Биоинженерия, Б1.Д.Б.38 Введение в специальность*

Постреквизиты дисциплины: *Б1.Д.В.Э.4.2 Молекулярная эндокринология*

3 Требования к результатам обучения по дисциплине

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
ОПК-3 Способен проводить экспериментальную работу с организмами и клетками, использовать физико-химические методы исследования макромолекул, математические методы обработки результатов биологических исследований	ОПК-3-В-1 Проводит экспериментальную работу с организмами и клетками с использованием физико-химических методов исследования макромолекул ОПК-3-В-2 Демонстрирует практические навыки математических методов обработки результатов экспериментальных исследований	**Знать:** фундаментальные принципы строения и пространственной организации молекул белков ферментов, проблемы сворачивания полипептидной цепочки в нативную конформацию, ее важность для энзимологии; функциональные группы ферментов; классификацию ферментов; структуру и механизм действия ферментов отдельных групп, разные типы регуляции активности ферментов; кинетические параметры ферментативной реакции, дыхательные цепи переноса электронов, процессы окислительного фосфорилирования и биологического окисления, процессы образования энергии в живом организме, особенности строения и функции ферментов в биологических системах. **Уметь:** формулировать задачи, связанные с выделением белка для исследования, проводить сбор и гомогенизацию биоматериала, уметь очищать белки методами диализа, гель- и ультрафильтрацией, уметь разделять белки путем осаждения, уметь проводить денатурацию балластных белков дей-

Код и наименование формируемых компетенций	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций
		ствием температуры, органических растворителей и путем изменения pH; **Владеть** навыками по выделению белков из растительного и животного сырья для исследования, определению активности ферментов в биохимических реакциях, очистке белков методом центрифугирования и фильтрования, методами определения и расчета скорости ферментативной биохимической реакции.
ОПК-5 Способен находить и использовать информацию, накопленную в базах данных по биологическим объектам, включая нуклеиновые кислоты и белки, владеть основными биоинформатическими средствами анализа	ОПК-5-В-1 Использует информацию, накопленную в базах данных по структуре геномов, белков и другую биологическую информацию	**Знать:** современные методы поиска информации в базах данных по структуре и синтезу белков, ферментов, и их биологической роли в биологических процессах и энзимодиагностике **Уметь:** уметь использовать информацию, накопленную в базах данных, применять современные методы обработки, анализа данных результатов лабораторных работ по исследованию белков ферментов в биологических процессах **Владеть:** современными методами обработки, анализа и синтеза информации, полученной в ходе лабораторных и курсовых работ по энзимологии и правилами составления отчетов по результатам работ.

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (252 академических часа).

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	7 семестр	8 семестр	всего
Общая трудоёмкость	**108**	**144**	**252**
Контактная работа:	**50,25**	**52,5**	**102,75**
Лекции (Л)	18	18	36
Практические занятия (ПЗ)	16	16	32
Лабораторные работы (ЛР)	16	16	32
Консультации		1	1
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий		1	1
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,5	0,75
Самостоятельная работа: *- выполнение курсовой работы (КР);* *- выполнение индивидуального творческого задания (ИТЗ);* *- самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий;* *- изучение разделов курса в системе электронного обучения;* *- «Ферменты и микроорганизмы в нашей жизни» https://openedu.ru/course/msu/ENZYMES/* *- подготовка к лабораторным занятиям;* *- подготовка к практическим занятиям;* *- подготовка к рубежному контролю и т.п.)*	**57,75**	**91,5** +	**149,25**

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	7 семестр	8 семестр	всего
Вид итогового контроля	**зачет**	**экзамен**	

Разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	Общие принципы структурной организации белков и молекулярные механизмы их сворачивания в функционально активную конформацию		54	10	8	8
2	Общие вопросы кинетики и термодинамики ферментативных реакций		54	6	8	8
	Итого:	108	18	16	16	58

Разделы дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		всего	аудиторная работа			внеауд. работа
			Л	ПЗ	ЛР	
3	Механизмы регуляции активности ферментов	64	8	8	8	40
4	Синтез и модификация белков и пептидов	80	10	8	8	54
	Итого:	144	18	16	16	94
	Всего:	252	36	32	32	152

4.2 Содержание разделов дисциплины

Раздел 1 Общие принципы структурной организации белков и молекулярные механизмы их сворачивания в функционально активную конформацию

Введение в дисциплину «Энзимология». Определение энзимологии как науки. История открытия ферментов. Номенклатура и классификация ферментов. Химическая природа и строение ферментов.

Простые (мономеры) и сложные ферменты (олигомеры). Структура олигомерных ферментов. Понятие об изоферментах.

Правила техники безопасности в биохимической лаборатории. Методы подготовки исследуемых образцов для биохимических исследований.

Структура белковой молекулы. Первичная, вторичная и супервторичная структура белка. Типы комбинаций элементов вторичной структуры для образования различных мотивов.

Третичная структура белка фермента, как основа его функционирования. Понятие о доменах и активном центре фермента.

Надмолекулярная организация ферментов. Мультиферментные комплексы, мультиферментные ансамбли (метаболоны), мультиферментные коньюгаты. Их структурная и функциональная характеристика.

Кофакторы в составе сложных ферментов Кофакторы. Природа кофакторов. Понятие о коферментах. Роль кофакторов в работе ферментов. Механизм взаимодействия кофактора с субстратом.

Принципы пространственной организации белковой молекулы. Характеристика сил, стабилизирующих третичную структуру белка. Термодинамика формирования третичной структуры белка. Роль водородных, гидрофобных, Ван-дер-Ваальсовых, электростатических и дисульфидных связей в стабилизации нативной глобулы. Значение растворителя – воды в образовании третичной структуры белка.

Выделение белков из растительного и животного сырья для исследования, по гомогенизации биоматериала, по приготовлению экстрактов, очистке белков методом центрифугирования и фильтрования, методы определения активности ферментов.

Механизм формирования пространственной структуры белка. Парадокс Левинталя. Стадии сворачивания белка. Иерархический принцип сворачивания. Промежуточные состояния в процессе организации нативной конформации; Роль ферментов пептидил-пролил-цис/трансизомеразы и протеиндисульфид-изомеразы в регуляции скорости сворачивания белка.

Механизм защиты частично свернутого белка от неспецифической агрегации. Роль белков «теплового шока» (гистонов) в регуляции сворачивания белка. Шапероны и шаперонины. Классификация и функциональная роль шаперонинов hsp 10, hsp 60 в синтезе белка. Роль hsp 70 в процессе сворачивания белка.Доменная организация молекулы белка-фермента. Структурная и функциональная характеристика доменов

Активный центр фермента и его роль в ферментативном катализе. Структура активного центра фермента. Формирование активного центра фермента Локализация активного центра фермента. Физико-химические свойства среды активного центра молекулы белка-фермента.

Раздел 2 Общие вопросы кинетики и термодинамики ферментативных реакций

Законы классической термодинамики в биохимии. Первый, второй и третий законы термодинамики. Понятие открытой. Закрытой и изолированной термодинамической системы. Термодинамический процесс и его характеристики. Энтальпия и энтропия. Понятие свободной энергии (энергии Гиббса).

Химическая кинетика. Определение порядка и скорости реакции

Константа Михаэлиса.

Ограничения кинетики Михаэлиса-Ментен. Влияние концентрации субстрата на кинетику ферментативной реакции.

Раздел 3 Механизмы регуляции активности ферментов

Виды механизмов регуляции. Интенсивные и экстенсивные.
Необратимая ковалентная модификация (ограниченный протеолиз).
Активаторы и ингибиторы. Обратимая ковалентная модификация. Виды ингибирования.
Конкурентное, бесконкурентное, смешанное ингибирование.
Регуляция активности ферментов без ковалентного связывания. Аллостерический, диссоциативный и абсорбционный механизмы регуляции активности ферментов.

Раздел 4 Синтез белков и пептидов

Определение структуры белка в пептидном синтезе. Методические подходы в определении структуры белка (анализ аминокислотного состава, метод «генетического кода»). Семь основных этапов определения первичной структуры белка. Методы определения N-концевой аминогруппы (динитрофенильный и дансильный методы).

Методы фрагментации полипептидной цепи Метод гидролиза полипептидной цепи. Характеристика ферментов, используемых для ферментативного гидролиза: с относительной и абсолютной субстратной специфичностью. Особенности применения трипсина, альфахемотрипсина, лизин - специфической протеиназы и клострипоина.

Пептидный синтез (определение). Понятие ступенчатого и блочного синтеза белка. Виды пептидного синтеза: синтез пептидов на полимерном носителе, твердофазный синтез, жидкофазный синтез, синтез гомо- и гетерополиаминокислот, ферментативный пептидный синтез, полусинтез пептидов, синтез циклических пептидов.

Схема пептидного синтеза. Типовые условия проведения реакции образования пептидной связи. Стадии синтеза белка (блокирования, активации карбоксильной группы, конденсации с образованием пептидной связи, удаления защитных групп). Методы создания пептидной связи.

Понятия о «защитных группах» в пептидном синтезе. Требования к «защитным группам», используемым в пептидном синтезе. Основные типы защитных групп, используемых в пептидном синтезе: постоянные и временные (для N-концевой аминогруппы и СООН- группы С-концевой аминокислот).

Химический синтез и химическая модификация белков и пептидов. Селективная модификация отдельных аминокислотных остатков; модификация с помощью бифункциональных реагентов; направленная биоспецифическая модификация по «точному адресу».

Хлорангидридный, азидный, карбодиимидный, карбоксиангидридный методы. Синтез полиаминокислот.

4.3 Лабораторные работы

№ ЛР	№ раздела	Наименование лабораторных работ	Кол-во часов
1	1	Правила техники безопасности в биохимической лаборатории.	2
2	1	Методы подготовки исследуемых образцов для биохимических исследований.	2
3	1	Реакции осаждения белков - ферментов	2
4-5	1	Методы выделения белков (гель -фильтрации, диализа, центрифугирования)	4
6-7	1	Определение активности каталазы	4
8	1	Определение активности пероксидазы	2
9	2	Влияние активаторов и ингибиторов на активность амилазы	2
10	2	Влияние температуры на активность амилазы	2
11	2	Влияние РН среды на активность амилазы	2
12	3	Количественное определение АТФ-азы в мышечной ткани	2
13	3	Обнаружение НАД в дрожжах.	2
14	4	Обнаружение цитохромоксидазы в мышцах.	2
15	4	Сукцинатдегидрогеназа мышц и конкурентное торможение её активности.	2
16	4	Обнаружение каталазы крови.	2
		Итого:	32

4.4 Практические занятия (семинары)

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
7 семестр			
1	1	Номенклатура и классификация ферментов, объединенных в шесть основных классов. Простые (мономеры) и сложные ферменты (олигомеры). Строение. Структура олигомерных ферментов. Понятие об изоферментах.	2
2	1	Кофакторы в составе сложных ферментов Кофакторы. Природа кофакторов. Понятие о коферментах. Роль кофакторов в работе ферментов. Механизм взаимодействия кофактора с субстратом. Надмолекулярная организация ферментов. Мультиферментные комплексы, мультиферментные ансамбли (метаболоны), мультиферментные коньюгаты. Их структурная и функциональная характеристика.	2
3	1	Принципы пространственной организации белковой молекулы. Характеристика связей, стабилизирующих третичную структуру белка. Термодинамика формирования третичной структуры белка. Роль водородных, гидрофобных, Ван-дер-Ваальсовых,	2

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
		электростатических и дисульфидных связей в стабилизации нативной глобулы. Значение растворителя – воды в образовании третичной структуры белка.	
4	1	Механизм формирования пространственной структуры белка. Парадокс Левинталя. Стадии сворачивания белка. Иерархический принцип сворачивания. Промежуточные состояния в процессе организации нативной конформации;	2
5	1	Роль ферментов пептидил-пролил-цис/трансизомеразы и протеиндисульфид-изомеразы в регуляции скорости сворачивания белка. Механизм защиты частично свернутого белка от неспецифической агрегации. Роль белков «теплового шока» (гистонов) в регуляции сворачивания белка. Шапероны и шаперонины. Классификация и функциональная роль шаперонинов hsp 10, hsp 60 в синтезе белка. Роль hsp 70 в процессе сворачивания белка.	2
6	2	Законы классической термодинамики в биохимии. Первый, второй и третий законы термодинамики. Термодинамический процесс и его характеристики. Энтальпия и энтропия. Понятие свободной энергии (энергии Гиббса).	2
7	2	Химическая кинетика. Определение порядка и скорости реакции. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Константа Михаэлиса и ее физический смысл.	2
8	2	Ограничения кинетики Михаэлиса-Ментен. Влияние концентрации субстрата на кинетику ферментативной реакции.	2
8 семестр			
9	3	Виды механизмов регуляции активности ферментов. Интенсивные и экстенсивные. Активаторы и ингибиторы. Обратимая ковалентная модификация. Виды ингибирования. Конкурентное, бесконкурентное, смешанное ингибирование. Необратимая ковалентная модификация ферментов (ограниченный протеолиз).	2
10	3	Аллостерический механизм регуляции активности ферментов без ковалентной модификации.	2
11	3	Диссоциативный механизм регуляции активности ферментов без ковалентной модификации.	2
12	3	Адсорбционный механизм регуляции активности ферментов без ковалентной модификации.	2
13	4	Определение структуры белка в пептидном синтезе. Методические подходы в определении структуры белка (анализ аминокислотного состава, метод «генетического кода»). Семь основных этапов определения первичной структуры белка. Методы определения N-концевой аминогруппы (динитрофенильный и дансильный методы).	2
14	4	Методы фрагментации полипептидной цепи Метод гидролиза полипептидной цепи. Характеристика ферментов, используемых для ферментативного гидролиза: с относительной и абсолютной субстратной специфичностью. Особенности применения трипсина, альфахемотрипсина, лизин - специфической протеиназы и клострипоина.	2
15	4	Пептидный синтез (определение). Понятие ступенчатого и блочного синтеза белка. Виды пептидного синтеза: синтез пептидов на полимерном носителе, твердофазный синтез, жидкофазный синтез, синтез гомо- и гетерополиаминокислот, ферментативный пептидный синтез, полусинтез пептидов, синтез циклических пептидов.	2
16	4	Схема пептидного синтеза. Типовые условия проведения реакции образования пептидной связи. Стадии синтеза белка (блокирования, активации карбоксильной группы, конденсации с образованием пептидной связи, удаления защитных групп). Методы создания пептидной связи. Понятия о «защитных группах» в пептидном синтезе. Требования к «защитным группам», используемым в пептидном синтезе. Основные типы защитных групп, используемых в пептидном синтезе: постоянные и временные (для N-концевой аминогруппы и СООН- группы С-концевой аминокислот).	2
		Итого:	32

4.5 Курсовая работа (8 семестр)

Биологическое значение ферментов цикла трикарбоновых кислот
Биологическое значение ферментов внутренней мембраны митохондрий животной клетки
Биологическое значение ферментов тилакоида растительной клетки
Биологическое значение ферментов аминотрансфераз
Биологическое значение ферментов антиоксидантной системы растений
Биологическое значение ферментов антиоксидантной системы животных

Биологическое значение ферментов гликолиза
Биологическое значение АТФ- синтазы
Биологическое значение ферментов системы свертывания крови
Биологическое значение сериновых протеаз
Биологическое значение ферментов рестриктаз
Биологическое значение ферментов цикла трикарбоновых кислот
Биологическое значение ферментов внутренней мембраны митохондрий животной клетки

5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

5.1 Основная литература

1 Биохимия [Текст] : учеб.для студентов мед. вузов / под ред. Е. С. Северина.- 5-е изд. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. - 766 с. : ил. - Прил. : с. 735-760. - Предм. указ.: с. 748-760. - ISBN 978-5-9704-1195-7.

2. Комов, В. П. Биохимия [Текст] : учебник для вузов / В. П. Комов, В. Н. Шведова.- 2-е изд., испр. - М. : Дрофа, 2006. - 638 с. - (Высшее образование. Современный учебник). - Предм. указ.: с. 620-630. - ISBN 5-358-01012-2.

3. Клиническая биохимия [Текст] : учеб. пособие для студентов мед. вузов / под ред. В. А. Ткачука .- 3-е изд., испр. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2008. - 462 с. : ил.. - Библиогр.: с. 430. - Предм. указ.: с. 451-454. - ISBN 978-5-9704-0733-2.

5.2 Дополнительная литература

1. Барышева, Е. С. Теоретические основы биохимии [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности "Биохимия" для направления подготовки бакалавров "Биология" / Е. С. Барышева, О. В. Баранова, Т. В. Гамбург; М-во образования и науки Рос. Федерации, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 14.80 Мб). - Оренбург : ГОУ ОГУ, 2011. - 362 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/11_20110615.pdf. - ■ гос. регистрации 0321102524.
2. Биохимия [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки (специальностям): 06.05.01 - Биоинженерия и биоинформатика / Е. С. Барышева [и др.]; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. биохимии и микробиологии. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 3.43 Мб). - Москва : Академия Естествознания, 2020. - 90 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 5.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/133314_20201110.pdf - ISBN 978-5-91327-638-4.
3. Науменко, О. А. Инженерная энзимология [Электронный ресурс] : учебное пособие для обучающихся по образовательным программам высшего образования по специальности 06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика / О. А. Науменко, Е. С. Барышева, Е. В. Бибарцева; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 1.99 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2021. - 182 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 7.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/140449_20210304.pdfНауменко, О. А. Энзимология [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 06.03.01 Биология / сост. О. А. Науменко; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. биохимии и микробиологии. - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 0.63 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2023. - 28 с. - Загл. с тит. экрана. - Adobe Acrobat Reader 6.0. - Режим доступа: http://artlib.osu.ru/web/books/metod_all/189773_20230623.pdf

5.3 Периодические издания

1. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2020, 2021, 2022.
2. Журнал неорганической химии : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2018.
3. Журнал физической химии : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2020.
4. Клиническая лабораторная диагностика : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2018.
5. Почвоведение : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2020.
6. Прикладная биохимия и микробиология : журнал. - М. : Академиздатцентр "Наука" РАН, 2020.
7. Химическая промышленность сегодня : журнал. - М. : Агентство "Роспечать", 2020.

5.4 Интернет-ресурсы

1. ГАРАНТ Платформа F1 [Электронный ресурс]: справочно-правовая система. / Разработчик ООО НПП «ГАРАНТ-Сервис», 119992, Москва, Воробьевы горы, МГУ, [1990–2024]. – Режим доступа в сети ОГУ http://garant.net.osu.ru
2. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: электронное периодическое издание справочная правовая система. / Разработчик ЗАО «Консультант Плюс», [1992–2024].
3. http://edu.garant.ru/garant/study/ - Интернет-версия ГАРАНТ-Образование, Система ГАРАНТ для студентов, аспирантов и преподавателей
4. Онлайновая версия научно-популярного проекта «Элементы», целью которого является популяризация науки. Режим доступа: http://elementy.ru/
5. Научно-популярный сайт, посвящённый молекулярным основам современной биологии и практическим применениям научных достижений в медицине и биотехнологии. Режим доступа: http://biomolecula.ru/
6. Научно-популярный журнал «Мембрана» – площадка для обмена информацией о технологиях, которые меняют жизнь, посвященная победам науки, достижениям техники, прорывам в дизайне, открытиям в медицине, успехам в бизнесе. Режим доступа: http://www.membrana.ru/
7. Барышева, Е. С. Биохимия мышечной деятельности [Электронный ресурс] : электронный курс в системе Moodle / Е. С. Барышева, А. Н. Сизенцов; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург : ОГУ. - 2019. - 5 с- Загл. с тит. экрана.

Онлайн-лекции

Барышева, Е. С. Биохимия мышечного сокращения [Электронный ресурс] : электронный курс лекций / Е. С. Барышева; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Электрон. текстовые дан. (1 файл: 11.63 Мб). - Оренбург : ОГУ, 2012. - 5 с. - Загл. с тит. экрана. - Архиватор 7-Zip. - Режим доступа: http://ufer.osu.ru/index.php?option=com_uferdbsearch&view=uferdbsearch&action=details&ufer_id=724

https://old.mipt.ru/online/#view.php?search&chair=0&course=2356&teacher=0&semester=0&embedded=1&id=314&searchpage=0 Московский физико-технический институт, Курс «Молекулярная биология»;

https://old.mipt.ru/online/#search.php?search=&course=729&chair=0&teacher=0&semester=0&embedded=1

- Московский физико-технический институт, Курс «Биофизика клетки»;

https://lectoriy.mipt.ru/course/Biophysics_2018 - Московский физико-технический институт, Курс «Биофизика клетки (2-ый семестр)»;

5.5 Программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы современных информационных технологий

1. Операционная система РЕД ОС
2. Пакет офисных приложений LibreOffice
3. Программная система для организации видео-конференц-связи MTS Link
4

6 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Аудитории оснащены комплектами ученической мебели, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой, подключенной к сети "Интернет", и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ОГУ.

При проведении занятий используются специализированные аудитории и лаборатории: лаборатория биохимического анализа, лаборатория спектральных методов и люминесцентного анализа, автоклавная, термостатная.

Перечень оборудования, используемого при проведении лабораторных работ и научных исследований, определяется тематикой:

Основные аппараты: Анализатор вольтамперометрический АВА-3; Весы Ohaus PA 64C; источник питания для э/ф УЭФ-01-ДНК-Техн. "Эльф-8", ДНК-Технология О-ELF8, Камера электрофоретическая горизонтальная S-2N (SE-2), размер геля 120х170 мм; Рефрактометр ИРФ-454 Б2М; pH-метр "Эксперт-pH" (ИП, термодатчик ТДС-3, электрод ЭСК-10601/7); спектрофотометр ПЭ-5400ВИ; термостат ТС-80; шкаф вытяжной с подводом воды ШВ-УК-1КГ; трансиллюминатор ECX-F15.C; микроскоп "МИКРОМЕД-1", микроскоп медицинский МИКМЕД-5; центрифуга СМ-6М (для стекл. и пластик. пробирок, 12 на 15мл); центрифуга-вортекс СМ-50М настольная, до 15000 об/мин

2. Технические и электронные средства обучения и контроля знаний .

При проведении лекций применяется мультимедийное оборудование, включающее: 1) компьютер IBM PC 686 (Pentium II,K6-2) с установленным лицензионным программным обеспечением MS Windows 9.x/NT5.x (95, 98, ME, 2000, XP) и инструментальным ПО Microsoft PowerPoint; 2) мультимедийный проектор BenQ MP512 (тип: DLP, яркость: 2200 ANSI lm, разрешение: 800x600, контрастность: 2500:1); 3) экран 1,5*1,0 м.