

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Биологический факультет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
КИНЕТИКА И ТЕРМОДИНАМИКА ФЕРМЕНТАТИВНЫХ РЕАКЦИЙ

Кафедра биохимии и биофизики
биологического факультета

Образовательная программа
06.03.01 Биология

Профиль подготовки
биохимия

Уровень высшего образования
бакалавриат

Форма обучения
Очная

Статус дисциплины: вариативная

Махачкала, 2017

Рабочая программа дисциплины «Кинетика и термодинамика ферментативных реакций» составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 06.03.01 Биология (уровень бакалавриат) от «07» августа 2014 г. № 944.

Разработчик(и):

кафедра биохимии и биофизики, Джафарова Альбина Мехьядиновна, к.б.н., доцент


Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры биохимии и биофизики от «24» 03 2017 г., протокол № 7

Зав. кафедрой  Халилов Р.А.
(подпись)

на заседании Методической комиссии биологического факультета от «28» марта 2017 г., протокол № 7.

Председатель  Гаджиева И.Х.
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим управлением «30» марта 2017 г. 

Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Кинетика и термодинамика ферментативных реакций» входит в вариативную часть образовательной программы бакалавриата по направлению **06.03.01 «Биология»**.

Дисциплина реализуется на биологическом факультете кафедрой биохимии и биофизики.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теориями скоростей химических реакций, их типами и механизмами протекания, с особенностями кинетики и термодинамики ферментативных реакций и их математическими моделями, ингибированием и активацией ферментативных реакций и способами регуляции их скорости.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: общепрофессиональных – ОПК-5.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает контроля успеваемости в форме контрольной работы, коллоквиума и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины **2,0** зачетных единиц, в том **72** числе в академических часах по видам учебных занятий

Се- местр	Учебные занятия						СРС, в том числе экза- мен	Форма промежу- точной аттеста- ции (зачет, диф- ференцированный зачет, экзамен
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все- го	из них						
Лек- ции		Лаборатор- ные заня- тия	Практи- ческие занятия	КСР	консуль- тации			
8	72	20	20				32	

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «**Кинетика и термодинамика ферментативных реакций**» является углубленное изучение кинетики ферментативных реакций, механизмов регуляции скорости, а также связи ферментов с потребностями физиологических процессов

2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «**Кинетика и термодинамика ферментативных реакций**» входит в *вариативную* часть образовательной программы *бакалавриата*, по направлению **06.03.01 «Биология»**.

В начале курса для освоения данной дисциплины (модуля) студент должен иметь достаточные знания по энзимологии, биохимии, биофизике, математической статистике, математическому моделированию.

Курс с общей трудоемкостью 72 ч. (2 зач. ед.) читается на 4 курсе (8 семестр) и является продолжением цикла специальных дисциплин.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Компетенции	Формулировка компетенции из ФГОС ВО	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)
ОПК-5	способностью применять знание принципов клеточной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ, мембранных процессов и молекулярных механизмов жизнедеятельности	Знать: основные закономерности протекания ферментативных реакций, понимать термодинамические основы химических превращений в клетке, Уметь: уметь исследовать экспериментально скорости ферментативных реакций, правильно применять методики измерения скорости ферментативных реакций, анализировать экспериментальные данные по кинетике ферментативных реакций, выяснять их механизмы, самостоятельно приобретать новые знания в данной области. Владеть: комплексом лабораторных и компьютерных методов исследования кинетических и термодинамических параметров ферментативных реакций.

--	--	--

4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет **2,0** зачетных единиц, **72** академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
Модуль 1.									
1	Введение. Предмет и задачи кинетики и термодинамики ферментативных реакций	8	1	1					Устный и письменный опрос, программированный опрос, тренинг, составление рефератов и докладов, работа на компьютере во внеучебное время. Кейс-метод. Деловая игра. Метод развивающейся кооперации. Формы промежуточной аттестации: коллоквиумы, программированный опрос, выполнение контрольных заданий, составление рефератов (ЭССЕ), интерактивные формы опроса, деловая игра. Метод – Дельфи
2	2. Кинетика ферментативных реакций 2.1. Кинетика химических реакций. 2.2. Теория абсолютных скоростей реакций. 2.3. Измерение скорости ферментативных реакций 2.4. Кинетика односубстратной ферментативной реакции.	8	2	1		2		2	
				1				2	
				1		2		2	
3	3. Термодинамика ферментативных реакций. 3.1. Термодинамика ферментативных реакций.	8	3	2		2		2	
4	4. Влияние физико-химических факторов на скорость	8	4						

	ферментативных реакций 4.1. Влияние концентрации водородных ионов на скорость ферментативных реакций. 4.2. Влияние температуры на скорость ферментативных реакций			1		2		2	
				1				2	
	Итого по модулю 1:			10		10		16	коллоквиум
	Модуль 2.								
1	1.Кооперативная кинетика ферментативных реакций.	8	5	2		2		2	Устный и письменный опрос, программированный опрос, тренинг, составление рефератов и докладов, работа на компьютере во внеучебное время. Кейс-метод. Деловая игра. Метод развивающейся кооперации. Формы промежуточной аттестации: коллоквиумы, программированный опрос, выполнение контрольных заданий, составление рефератов (ЭССЕ), интерактивные формы опроса, деловая игра. Метод – Дельфи
2	2. Регуляция ферментативной активности. 2.1.Механизмы регуляции активности ферментов 2.2.Регуляция активности ферментов ингибиторами. 2.3.Регуляция скорости потоков метаболических путей	8	6						
				2		2		3	
				2		2		3	
3	3.Компартментализация метаболических потоков. 3.1.Компартментализация обмена и ее влияние на скорость ферментативных реакций..	8	7	1		2		2	
4	4. Микрокинетика. 4.1.Микрокинетика ферментативных реакций. 4.2.Кинетика реакции одной молекулы	8	8	2		2		4	
5	5. Кинетика ферментативных реакций с точки зрения механики. 5.1.Механические силы и активность ферментов.	8	9	1				2	

	Итого по модулю 1:		10		10		16	КОЛЛОКВИУМ
	ИТОГО:		20		20		32	

4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

Модуль № 1

Раздел 1. Введение.

Тема 1.1. Общая организация обмена веществ в клетке. Ферменты – катализаторы и регуляторы химических превращений в клетке. Связь биохимии и физиологии. Классификация ферментов.

Раздел 2. Кинетика ферментативных реакций

Тема 2.1. Кинетика химических реакций.

Кинетика химических реакций. Молекулярность реакций. Порядок реакции. Методы измерения скорости ферментативной реакции. Единицы измерения ферментативной активности. Катализ прямой и обратной реакций.

Тема 2.1. Теория абсолютных скоростей реакций.

Активированный комплекс. Принцип детального равновесия. Энергия и энтропия активации. Стерический фактор и частота столкновения. Уравнение Аррениуса. Энергия активации ферментативных реакций. Влияние физико-химических факторов (рН, температура, давление) на активационные параметры ферментов. Связь кинетических параметров ферментов с энтропией и энергией активации.

Тема 2.3. Измерение скорости ферментативных реакций

Скорость химической реакции. Закон действующих масс. Константа скорости реакции. Скорость химической реакции. Закон действующих масс. Константа скорости реакции. Молекулярность реакции. Порядок реакции. Измерение скорости химической реакции. Измерение активности ферментов. Единицы измерения активности ферментов.

Раздел 2.4. Кинетика односубстратной ферментативной реакции.

Схема простейшей односубстратной ферментативной реакции. Фермент-субстратный комплекс. Уравнение Михаэлиса. Константа Михаэлиса. Максимальная скорость. Насыщение. Линейные анаморфозы для определения кинетических характеристик ферментативной реакции. Координаты Лайнуивера-Берка.

Кинетика двухсубстратных реакций. Графические методы определения кинетических характеристик двухсубстратных реакций.

Раздел 3. Термодинамика ферментативных реакций.

Тема 3.1. Термодинамика ферментативных реакций.

Химическая энергия. Тепловой эффект реакции. Первый закон термодинамики. Энтальпия. Изменение энтальпии в результате химических реакций. Закон Гесса. Энтропия. Свободная энергия. Энтальпия биохимических реакций. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Изменение свободной энергии в ходе биохимических процессов. Роль АТФ в биоэнергетике клетки.

Гликолиз. Энергетика гликолиза.

Сопряжение энергетических процессов в клетке. Коэффициент сопряжения. Окислительное фосфорилирование. Измерение энергетики окислительного фосфорилирования полярографическим методом.

Теория Митчела. Разобщение. Регуляция окислительного фосфорилирования.

Раздел 4. Влияние физико-химических факторов на скорость ферментативных реакций

Тема 4.1. Влияние концентрации водородных ионов на скорость ферментативных реакций.

Структура ферментной молекулы. Структура активного центра. Роль водородных ионов в ферментативном катализе. Ионогенные группировки в белках. Уравнение Гендерсона-Хассельбалха. Зависимость скорости ферментативных реакций от pH. Влияние pH на V_{max} . Влияние pH на K_m .

Тема 4.2. Влияние температуры на скорость ферментативных р Влияние температуры на скорость ферментативных реакций. Температурная за-

зависимость биологических процессов. Пойкилотермия и гомойотермия. Математическое описание температурных зависимостей биологических процессов. Коэффициент Вант-Гоффа. Уравнение Аррениуса и эффективные энергии активации биологических процессов. Зависимость активности ферментов от температуры. Оптимумы. Температурные зависимости V_{max} и K_m . Температурные адаптации на уровне ферментов. Температурная компенсация метаболизма у пойкилотермов. Температурные адаптации на уровне ферментов у рыб. Температурные адаптации на уровне ферментов при зимней спячке млекопитающих. Температурная компенсация активности глутаминазы в мозге при глубокой гипотермии.

Модуль №2

Раздел 1. Кооперативная кинетика ферментативных реакций.

Тема 1.1. Кооперативная кинетика ферментативных реакций.

Кооперативная кинетика ферментативных реакций. Аллостерические центры. Роль четвертичной структуры в регуляции активности ферментов. Положительная и отрицательная кооперативность. Модель Хилла. Уравнение Хилла. Качественное описание моделей Полинга-Уаймена, Моно-Уаймена-Шанже, Кошланда-Немети-Филмера. Роль кооперативных взаимодействий в регуляции ферментативных реакций.

Раздел 2. Регуляция ферментативной активности.

Тема 2.1. Механизмы регуляции активности ферментов

Механизмы регуляции ферментативных реакций. Классификация видов регуляции активности ферментов. Регуляция посредством изменения числа ферментных молекул. Модель Жакоба - Моно. Регуляция скорости ферментативных реакций посредством влияния на активность ферментных молекул. Ингибиторы и активаторы.

Химическая модификация в регуляции активности ферментов. Фосфорилирование – дефосфорилирование. Аденилирование – дезаденилирование. Протеинкиназы и протеинфосфатазы.

Регуляция активности посредством изменения третичной структуры ферментной молекулы. Укладка белков. Конформеры. Шапероны и их возможная роль в регуляции активности ферментов.

Тема 2.2. Регуляция активности ферментов ингибиторами.

Виды ингибирования. Конкурентное и неконкурентное ингибирования. Кинетика односубстратной ферментативной реакции при конкурентном ингибировании. Кинетика ферментативной реакции при неконкурентном ингибировании. Смешанное ингибирование. Определение констант ингибирования графическим методом.

Ингибирование высокими концентрациями субстрата (субстратное ингибирование). Необратимое ингибирование.

Тема 2.3. Регуляция скорости потоков метаболических путей. Регуляция скорости потоков метаболических путей. Метаболические пути. Принцип узкого места. Регуляторные ферменты. Гликолиз: гексокиназа и фосфофруктокиназа. Регуляция гликолиза в летательных мышцах насекомых. Обратная связь. Теория метаболического контроля. Понятие о первичной, вторичной и третичной структурах метаболического пути.

Раздел 3. Компарментализация метаболических потоков.

Тема 3.1. Компарментализация обмена и ее влияние на скорость ферментативных реакций.

Понятие о метаболическом компартменте. Эндо-, экзо- и эктоферменты. Объем компартмента. Концентрации ферментов и их субстратов в клетке. Стационарная кинетика и переходные состояния. Работа фермента в импульсном режиме. Ацетилхолинэстераза. Компарментализация обмена глутамата в астроглии. Аэробный гликолиз в мозге млекопитающих. Макро- и микрокинетика ферментативных реакций.

Раздел 4. Микрокинетика.

Тема 4.1. Микрокинетика ферментативных реакций.

Тема 4.2. Кинетика реакции одной молекулы

**Раздел 5. Кинетика ферментативных реакций с точки зрения механики.
Тема 5.1. Механические силы и активность ферментов.**

Темы лабораторных занятий.

Тема №1.

Кинетика и термодинамика химических реакций

1. Константа скорости реакции. Скорость химической реакции.
2. Закон действующих масс. Константа скорости реакции
3. Молекулярность реакций. Порядок реакции.
4. Методы измерения скорости ферментативной реакции.
5. Единицы измерения ферментативной активности.
6. Катализ прямой и обратной реакций.
7. Активированный комплекс. Принцип детального равновесия.
8. Энергия и энтропия активации.
9. Стерический фактор и частота столкновения. Уравнение Аррениуса.
Энергия активации ферментативных реакций.
10. Связь кинетических параметров ферментов с энтропией и энергией активации.

Тема № 2

Кинетика ферментативных реакций

1. Схема простейшей односубстратной ферментативной реакции. Фермент-субстратный комплекс.
2. Уравнение Михаэлиса. Константа Михаэлиса. Максимальная скорость. Насыщение.
3. Линейные анаморфозы для определения кинетических характеристик ферментативной реакции. Координаты Лайнуивера-Берка.
4. Кинетика двухсубстратных реакций. Графические методы определения кинетических характеристик двухсубстратных реакций.

Тема №3

Влияние физико-химических факторов на скорость ферментативных реакций

1. Роль водородных ионов в ферментативном катализе. Ионогенные группировки в белках. Уравнение Гендерсона-Хассельбалха.
2. Зависимость скорости ферментативных реакций от pH. Влияние pH на V_{\max} . Влияние pH на K_m .
3. Влияние температуры на скорость ферментативных реакций. Температурная зависимость биологических процессов.
4. Пойкилотермия и гомойотермия.
5. Математическое описание температурных зависимостей биологических процессов.
6. Коэффициент Вант-Гоффа.
7. Уравнение Аррениуса и эффективные энергии активации биологических процессов.
8. Оптимумы. Температурные зависимости V_{\max} и K_m .
9. Температурные адаптации на уровне ферментов.

Тема №4

Кооперативная кинетика ферментативных реакций.

1. Кооперативная кинетика ферментативных реакций.
2. Аллостерические центры. Роль четвертичной структуры в регуляции активности ферментов.
3. Положительная и отрицательная кооперативность.
4. Модель Хилла. Уравнение Хилла.
5. Качественное описание моделей Полинга-Уаймена, Моно-Уаймена-Шанже, Кошланда-Немети-Филмера.
6. Роль кооперативных взаимодействий в регуляции ферментативных реакций.

Тема №5

Регуляция ферментативной активности.

1. Механизмы регуляции ферментативных реакций. Классификация видов регуляции активности ферментов.

2. Регуляция посредством изменения числа ферментных молекул. Модель Жакоба - Моно.
3. Регуляция скорости ферментативных реакций посредством влияния на активность ферментных молекул. Ингибиторы и активаторы.
4. Химическая модификация в регуляции активности ферментов.
5. Фосфорилирование – дефосфорилирование.
6. Аденилирование – дезаденилирование.
7. Регуляция активности посредством изменения третичной структуры ферментной молекулы.
8. Укладка белков. Конформеры. Шапероны и их возможная роль в регуляции активности ферментов.

Тема №6

Ингибирование ферментативных реакций

1. Виды ингибирования. Конкурентное и неконкурентное ингибирования. Кинетика односубстратной ферментативной реакции при конкурентном ингибировании.
2. Кинетика ферментативной реакции при неконкурентном ингибировании.
3. Смешанное ингибирование.
4. Определение констант ингибирования графическим методом.
5. Ингибирование высокими концентрациями субстрата (субстратное ингибирование).
6. Необратимое ингибирование.

Тема №7

Регуляция скорости потоков метаболических путей.

1. Метаболические пути.
2. Принцип узкого места. Регуляторные ферменты.
3. Гликолиз: гексокиназа и фосфофруктокиназа.
4. Регуляция гликолиза в летательных мышцах насекомых. Обратная связь.

5. Теория метаболического контроля. Понятие о первичной, вторичной и третичной структурах метаболического пути.
6. Понятие о метаболическом компартменте.
7. Эндо-, экзо- и эктоферменты. Объем компартмента.
8. Концентрации ферментов и их субстратов в клетке.
9. Стационарная кинетика и переходные состояния.
10. Работа фермента в импульсном режиме.
11. Макро- и микрокинетика ферментативных реакций.

Лабораторные работы (лабораторный практикум)

Лабораторные работы проводятся в специально оборудованной лаборатории с применением необходимых средств обучения (лабораторного оборудования, образцов).

При выполнении лабораторных работ проводятся: подготовка оборудования и приборов к работе, изучение методики работы, воспроизведение изучаемого явления, измерение величин, обработка данных и их анализ, обобщение результатов. В ходе проведения работы используются план работы и таблицы для записи наблюдений. При выполнении лабораторной работы студент ведет рабочие записи результатов измерений и наблюдений, анализирует полученные данные путем установления их соответствия нормам, сравнения их с данными литературы и данными других студентов. Окончательные результаты оформляются в форме заключения.

№ и названия разделов и тем	Цель и содержание лабораторной работы	Результаты лабораторной работы
Лабораторная работа №1 Определение активности ЛДГ		
Определение активности ЛДГ в тканевых экстрактах мозга и мышц крыс	Спектрофотометрическое определение активности ЛДГ в тканевых экстрактах (по убыли концентрации НАДН в среде инкубации). Определение скорости катализа кинетическим методом	По наклону графика зависимости оптической плотности НАДН от времени инкубации фермента определяется скорость катализа ЛДГ

Лабораторная работа №2 Исследование концентрационной зависимости ЛДГ тканевых экстрактов мозга и мышц крыс		
Исследование концентрационной зависимости активности ЛДГ тканевых экстрактов мозга и мышц крыс	Определить активность ЛДГ мозга и печени крыс в диапазоне концентраций 0,1 - 25 мМ.	График концентрационной зависимости ЛДГ тканевых экстрактов мозга и мышц крыс
Лабораторная работа №3. Определение кинетических характеристик ЛДГ		
Определение кинетических характеристик ЛДГ мозга и мышц крыс	Определить константу Михаэлиса, максимальную скорость и константу ингибирования ЛДГ графическими методами и методом наименьших квадратов используя пакет СТАТИСТИКА и модель Холдейна	Кинетические характеристики ЛДГ мышц и мозга крыс
Лабораторная работа № 4. Исследование температурной зависимости ЛДГ		
Исследование температурной зависимости ЛДГ мозга и мышц крыс	Определить активность ЛДГ мозга и печени крыс в диапазоне температур 5-37°C. По графикам в координатах Аррениуса ($\ln K - 1/T$) вычислить эффективные энергии активации ЛДГ.	Эффективные энергии активации ЛДГ, вычисленные по наклонам графиков температурной зависимости в координатах Аррениуса
Лабораторная работа № 5. Исследование кинетики тепловой денатурации АХЭ мембран эритроцитов крыс		
Исследование кинетики тепловой денатурации АХЭ мембран эритроцитов крыс	Исследовать кинетику термоденатурации АХЭ в диапазоне температур 40-52°C и найди соответствующие константы скорости денатурации. По графикам в координатах Аррениуса ($\ln K - 1/T$) вычислить эффективные энергии денатурации АХЭ	Кинетические кривые денатурации, константы скорости денатурации АХЭ и эффективные энергии денатурации

Лабораторная работа №6. Влияние глицерина на кинетику ацетилхолинэстеразы

Эффекты глицерина на кинетику ацетилхолинэстеразы	Исследовать температурную зависимость ацетилхолинэстеразы в среде без и с 2%глицерином.	Температурная зависимость АХЭ в присутствии 2% глицерина и без него. Сравнительный анализ характера температурной зависимости и значений эффективных энергий активаций. Интерпретация результатов. Возможная роль диффузии
---	---	--

5. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентного подхода дисциплина предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся, и в целом в учебном процессе по данной дисциплине они должны составлять не менее 12 часов аудиторных занятий. По дисциплине предусмотрены занятия в интерактивных формах, где возможно применение следующих методов: дискуссии, дебатов, кейс-метода, метода «мозгового штурма»

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

Самостоятельная работа студента над глубоким освоением фактического материала организуется в процессе выполнения лабораторных заданий, подготовки к занятиям, по текущему, промежуточному и итоговому контролю знаний. Пропущенные лекции отрабатываются в форме составления реферата по пропущенной теме. На лабораторных занятиях проводятся эксперименты по исследованию зависимости скорости ферментативных реакций от концентрации субстрата, различных ингибиторов, ионов водорода, от тем-

пературы, ионной силы. Экспериментальные работы проводятся студентами самостоятельно, что способствует выработке практических навыков по исследованию кинетики и термодинамики ферментативных реакций.

Задания по самостоятельной работе разнообразны:

- приготовление ферментативных препаратов
- приготовление химических реактивов заданных концентраций
- освоение методик по определению активности различных ферментов
- налаживание методик по исследованию кинетических и термодинамических характеристик ферментов, а также их зависимости от различных физико-химических условий
- компьютерная обработка полученных экспериментальных данных с помощью пакетов программ STATISTICA, MatCad, EXEL, с использованием различных математических моделей, описывающих кинетику ферментативных реакций
- обработка учебного материала по учебникам и лекциям, текущему, промежуточному и итоговому контролю знаний по модульно-рейтинговой системе;
- поиск и обзор публикаций и электронных источников информации при подготовке к занятиям, написании рефератов, курсовых и дипломных заданий;
- работа с тестами и контрольными вопросами при самоподготовке;
- обработка и анализ статистических и фактических материалов, составление выводов на основе проведенного анализа.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет). При этом проводятся тестирование, экспресс-опрос на практических и лабораторных занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных контрольных работ.

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Виды и содержание самостоятельной работы
Графические методы определения кинетических характеристик.	доклад
Двухсубстратные ферментативные реакции.	самостоятельная подготовка по дополнительной литературе
Кооперативная кинетика ферментативных реакций. Уравнение Хилла.	реферат
Температурная зависимость ферментативных реакций	доклад

Пути движения субстратов и продуктов в молекулах ферментов.	реферат
Метаболонны: структура и функции.	самостоятельная подготовка по дополнительной литературе
Компартментализация ферментативного аппарата и ее роль в регуляции скорости ферментативных реакций.	реферат
Субстратное ингибирование. Биологический смысл.	самостоятельная подготовка по дополнительной литературе
Химическая модификация ферментативных молекул.	самостоятельная подготовка по дополнительной литературе

7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

Компетенция	Знания, умения, навыки	Процедура освоения
ОК-5	<p>Знать: основные закономерности протекания ферментативных реакций, понимать термодинамические основы химических превращений в клетке,</p> <p>Уметь: уметь исследовать экспериментально скорости ферментативных реакций, правильно применять методики измерения скорости ферментативных реакций, анализировать экспериментальные данные</p>	Устный опрос, письменный опрос, лабораторная работа, кейс-опрос, ситуационные задачи, тестирование

	<p>по кинетике ферментативных реакций, выяснять их механизмы, самостоятельно приобретать новые знания в данной области.</p> <p>Владеть: комплексом лабораторных и компьютерных методов исследования кинетических и термодинамических параметров ферментативных реакций.</p>	
--	--	--

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

ОК-1

Схема оценки уровня формирования компетенции «способностью применять знание принципов клеточной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ, мембранных процессов и молекулярных механизмов жизнедеятельности» (приводится содержание компетенции из ФГОС ВО)

Уровень	Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)	Оценочная шкала		
		Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Пороговый	Студент должен знать основные закономерности протекания ферментативных реакций, понимать термодинамические основы химических превращений в клетке, Студент должен уметь исследовать экспериментально скорости ферментативных реакций, правильно применять методики измерения скорости	Имеет представления об основных закономерностях протекания ферментативных реакций, вполне понимает термодинамические основы химических превращений в клетке, однако он не умеет анализировать экспериментальные данные по кинетике фер-	Хорошо знает основные закономерности протекания ферментативных реакций, понимает термодинамические основы химических превра-	Очень хорошо ориентируется в физиических принципах протекания ферментативных реакций, понимает термодинамические основы химических превращений в клетке,

	<p>ферментативных реакций, анализировать экспериментальные данные по кинетике ферментативных реакций, выяснять их механизмы, самостоятельно приобретать новые знания в данной области. Студент должен владеть комплексом лабораторных и компьютерных методов исследования кинетических и термодинамических параметров ферментативных реакций.</p>	<p>ментативных реакций, выяснять их механизмы и самостоятельно приобретать новые знания в данной области. Слабо владеет комплексом лабораторных и компьютерных методов исследования.</p>	<p>щений в клетке, Умеет применять различные методы измерения скорости ферментативных реакций, анализировать экспериментальные данные и выяснять их механизмы ферментативных реакций.. Владеет комплексом лабораторных и компьютерных методов исследования кинетических и термодинамических параметров ферментативных реакций.</p>	<p>Умеет на высоком уровне обосновать выбор того или иного метода исследования активности фермента. Может пре-красно , анализировать экспериментальные данные по кинетике фермента- тивных ре-акций, вы-яснять их механизмы, самостоя-тельно при-обретать новые зна-ния в дан-ной области. Свободно владеет комплексом лаборатор-ных и ком-пьютерных методов ис-следования кинетиче-ских и тер-модинами-ческих па-раметров фермента- тивных ре-акций.</p>
--	---	--	--	---

Если хотя бы одна из компетенций не сформирована, то положительная оценки по дисциплине быть не может.

7.3. Типовые контрольные задания

Контрольные вопросы к разделам курса

1. Ферменты. Химическая и функциональная классификация ферментов.
2. Кинетика односубстратной ферментативной реакции. V_m и K_m .
3. Схема простейшей односубстратной ферментативной реакции..
4. Уравнение Михаэлиса. Константа Михаэлиса. Максимальная скорость. Насыщение.
4. Кинетика двухсубстратных реакций. Графические методы определения кинетических характеристик двухсубстратных реакций.
5. Энергия активации ферментативных реакций.
6. Влияние физико-химических факторов (рН, температура, давление) на активационные параметры ферментов.
7. Термодинамика ферментативных реакций
8. Кооперативная кинетика ферментативных реакций.
9. Механизмы регуляции ферментативных реакций.
10. Регуляция скорости потоков метаболических путей.
11. Температурные адаптации на уровне ферментов. Пойкилотермия.
12. Температурная компенсация ферментативной активности.
13. Конкурентное ингибирование. Определение константы ингибирования.
14. Неконкурентное ингибирование. Определение константы ингибирования.
15. Субстратное ингибирование. Биологический смысл.
16. Функциональная классификация ферментов. Метаболические и физиологические ферменты.

Примерная тематика рефератов.

1. Методы анализа кинетических кривых ферментативного катализа.
2. Термодинамические характеристики ферментов.
3. Температурные адаптации ферментов.
4. Механизмы зависимости активности ферментов от концентрации водородных ионов.
5. Химическая модификация в регуляции активности ферментов.
6. Пути движения субстратов и продуктов в молекулах ферментов.
7. Механизмы конкурентного ингибирования ферментативных реакций.
8. Кинетические характеристики мембранных ферментов.

9. Метаболонны: структура и функции.

Примерные контрольные тесты

1. Автором теории индуцированного соответствия в ферментативном катализе является

Д.Кошланд

Л.Михаэлис

Дж.Бриггс

Дж.Холдейн-Э.Фишер

2.Скорость ферментативной реакции зависит от:

концентрации субстрата

молекулярной массы фермента

молекулярной массы субстрата

молекулярной гетерогенности фермента

3. Конкурентными ингибиторами ферментов являются

вещества по структуре подобные субстрату

металлы

аминокислоты

вещества по структуре подобные активному центру

полипептиды

4.Константа Михаэлиса численно равна такой концентрации субстрата, при которой скорость реакции равна

1/2 максимальной

максимальной

1/5 максимальной

1/10 максимальной

5.Характер кривой скорости ферментативной реакции от рН определяется

ионизацией функциональных групп активного центра фермента

концентрацией фермента

концентрацией субстрата

ионизацией химических группировок субстрата

6.Мультиферменты представляют собой

полиферментные системы, выполняющие определенные функции

совокупность ферментов одного класса

ферменты, катализирующие сходные реакции

ферменты, ассоциированные с клеточной мембраной

7. Активный центр сложных ферментов формируется из

остатков нескольких аминокислот и небелковых компонентов

одной аминокислоты

остатков нескольких аминокислот

небелковых компонентов

8. В результате взаимодействия фермента с субстратом энергия активации соответствующей ферментативной реакции

уменьшается
увеличивается
не изменяется

9. До начала взаимодействия фермента с субстратом пространственные структуры фермента и субстрата

приблизительно соответствуют друг другу
полностью соответствуют друг другу
не соответствуют друг другу

10. В мультферментных комплексах

продукты превращения одного субстрата являются исходным субстратом для следующего фермента
все субстраты подобны друг другу
все субстраты отличаются друг от друга
все ферменты катализируют превращения одного и того же субстрата

11. Для большинства ферментов характерна кривая зависимости скорости реакции от концентрации субстрата

гиперболическая
прямолинейная
S-образная

12. Ингибирование аллостерических ферментов происходит в результате действия:

отрицательного эффектора
субстрата
положительного эффектора
кофермента

13. В результате иммобилизации фермента чаще всего изменяется его

стабильность
активность
концентрация

молекулярная гетерогенность

взаимодействие с одним из компонентов реакционной среды

14. Выберите правильные положения, характеризующие активный центр ферментов?

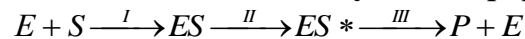
это участок, непосредственно взаимодействующий с субстратом и участвующий в катализе

между активным центром и субстратом имеется комплементарность

активный центр составляет относительно небольшую часть молекулы фермента

в активный центр входят только полярные аминокислоты

15. Установите в правильной последовательности события, происходящие на стадиях следующей ферментативной реакции:



Диффузия субстрата к активному центру фермента

Стереохимическое узнавание и адсорбция субстрата группировками активного центра фермента

перераспределение электронной плотности в химических связях субстрата
образование новых химических связей в молекулах субстрата
десорбция продуктов реакции из активного центра

16. Запишите последовательность событий, происходящих при аллостерическом ингибировании активности фермента

эффлектор присоединяется в аллостерическом центре
изменяется конформация фермента
изменяется конформация активного центра
нарушается комплементарность активного центра субстрату
уменьшается скорость ферментативной реакции

№ Вопрос 4

17. Установите соответствие между ферментами и катализируемыми ими реакциями:

1. Протеиназа
2. Протеинкиназа
3. Каталаза
4. α -амилаза

гидролизует пептидные связи

переносит электроны

фосфорилирует белок

расщепляет H_2O_2

гидролизует 1,4-гликозидные связи

18. Установите соответствие между классом фермента и катализируемой ею реакцией:

1. $Ала + mPНК + АТФ \rightarrow Ала - mPНК + АМФ + ФФ$

2. $1,3 - \text{дифосфоглицерат} + АДФ \rightarrow 3 - \text{фосфоглицерат} + АТФ$

3. $Фен + НАДФН + H^+ + O_2 \rightarrow Тир + НАДФ + H_2O$

4. $Фосфодиоксиацетон \rightarrow \text{фосфоглицериновый альдегид}$

5. $Триацилглицерин + H_2O \rightarrow \text{глицерин} + \text{жирная кислота}$

6. $Фруктозо - 1,6 - \text{дифосфат} \rightarrow \text{диоксиацетонфосфат} + \text{фосфоглицериновый альдегид}$

лигазы

трансферазы

оксидоредуктазы

изомеразы

гидролазы

лиазы

19. Количество фермента, катализирующее превращение субстрата со скоростью 1 моль/мин при 25°C называется

20. Числовое значение субстрата, при котором скорость реакции равна половине максимальной называется

21. Количество единиц активности фермента в образце ткани, деленное на массу белка в этой ткани, называется.....

22. Количество фермента, катализирующее превращение субстрата со скоростью 1 мкмоль/с при 25°C называется

Вопросы к коллоквиуму №1

1. Дайте определение понятиям «молекулярность» и «порядок» реакции.
2. Мономолекулярные реакции. Константа скорости мономолекулярной ферментативной реакции.
3. Бимолекулярные реакции. Константа скорости бимолекулярной ферментативной реакции.
4. Понятие активационного барьера. Уравнение Аррениуса.
5. Теория химических реакций с позиций Эйринга.
6. Уравнение Эйринга. Применение уравнения в экспериментальной практике.
7. Энтальпия, энтропия, свободная энергия активации химических реакций.
8. Зависимость скорости химических реакций от частоты столкновения атомов в газовой среде
9. Зависимость скорости химических реакций от частоты столкновения атомов в растворах.
10. Физические и химические методы определения скорости химических реакций.
11. Понятие «оптическая плотность» и применение его для измерения скорости химической реакции.
12. Схема элементарной ферментативной реакции. Определите молекулярность и единицы измерения констант скоростей всех стадий ферментативной реакции.
13. Уравнение Анри. Измерение скорости ферментативной реакции по лимитирующей стадии
14. Вывести уравнение, описывающее скорость ферментативной реакции в равновесии.
15. Вывести уравнение, описывающее скорость ферментативной реакции в стационарном состоянии.
16. Константа Михаэлиса. Размерность и физический смысл.
17. Максимальная скорость и число оборотов. Размерность и физический смысл.
18. Уравнение Михаэлиса-Мэнтен для обратимой ферментативной реакции
19. Нахождение кинетических констант ферментативной реакции методом Лайнуивера-Берка
20. Нахождение кинетических констант ферментативной реакции методом Эдди-Хофсти
21. Нахождение кинетических констант ферментативной реакции методом Диксона
22. Нахождение кинетических констант ферментативной реакции методом Корниш-Боудена

Вопросы к коллоквиуму №2

1. Влияние температуры на скорость ферментативных реакций. Уравнение Аррениуса
2. Энергия активации. Физический смысл и методы нахождения значения энергий активации для ферментативных реакций.
3. Механизмы температурных адаптаций
4. Температурные зависимости активности ферментов
5. Уравнение Гендерсона –Хассельбалха. Физический смысл понятий «рН» и «рК». Ионогенные группировки в белках.
6. Влияние рН на скорость ферментативных реакций
7. Необратимое ингибирование ферментативных реакций. Примеры
8. Конкурентное ингибирование. Влияние конкурентных ингибиторов на скорость и кинетические параметры ферментативных реакций.
9. Приведите примеры конкурентного ингибирования
10. Неконкурентное ингибирование. Влияние неконкурентных ингибиторов на скорость и кинетические параметры ферментативных реакций
11. Бесконкурентное ингибирование
12. Смешанное ингибирование
13. Субстратное ингибирование
14. Кооперативная кинетика ферментативных реакций. Биологический смысл кооперативности
15. Модель Хилла
16. Модель Эдера
17. Модель Поллинга
18. Модель Моно –Уаймена –Шанже
19. Регуляции активности ферментов. Конститутивные и индуцибельные ферменты
20. Регуляция скорости катализа по принципу обратной связи
21. Химическая модификация ферментов посредством фосфорилирования, ацетилирования, аденилирования, ограниченного протеолиза
22. Регуляция активности ферментов посредством агрегации и дезагрегации субъединиц, посредством взаимодействия ферментов с мембранами
23. Метаболические пути. Примеры метаболических путей
24. Регуляция скорости метаболических путей. Примеры

Примерные вопросы к зачету

1. Кинетика односубстратной ферментативной реакции. V_m и K_m .
2. Графические методы определения кинетических характеристик.
3. Двухсубстратные ферментативные реакции.
4. Теория абсолютных скоростей реакции. Активированный комплекс. Энтальпия и энтропия активации.
5. Уравнение Аррениуса. Энергия активации. Определение энергии активации.

6. Влияние температуры на активность ферментов.
7. Влияние pH на активность ферментов.
8. Термодинамика ферментативных реакций. Тепловой эффект реакции. Закон Гесса.
9. Энтропия. Свободная энергия. Обратимые и необратимые реакции.
10. Роль АТФ в биоэнергетике клетки. Источник АТФ.
11. Гликолиз. Энергетика гликолиза.
12. Сопряжение энергетических процессов в клетке. Окислительное фосфорилирование.
13. Теория Митчелла. Разобщители. Регуляция окислительного фосфорилирования.
14. Температурные адаптации на уровне ферментов. Пойкилотермия.
15. Температурная компенсация ферментативной активности.
16. Конкурентное ингибирование. Определение константы ингибирования.
17. Неконкурентное ингибирование. Определение константы ингибирования.
18. Субстратное ингибирование. Биологический смысл.
19. Кооперативная кинетика ферментативных реакций. Положительная кооперативность.
20. Модель Хилла. Уравнение Хилла.
21. Модели Эдера, Полинга-Уаймена.
22. Механизмы регуляции ферментативных реакций.
23. Химическая модификация ферментативных молекул.
24. Регуляция скорости метаболических путей. Принцип узкого места.
25. Структурная организация ферментативного аппарата. Метаболон.
26. Компартиментализация ферментативного аппарата и ее роль в регуляции скорости ферментативных реакций.
27. Функциональная классификация ферментов. Метаболические и физиологические ферменты.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля - 40% и промежуточного контроля - 50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий - 5 баллов,
- участие на практических занятиях - ___ баллов,
- выполнение лабораторных заданий – 45 баллов,
- выполнение домашних (аудиторных) контрольных работ - 50 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос - ___ баллов,
- письменная контрольная работа - 50 баллов,
- тестирование - 50 баллов.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

а) основная литература:

1. Артюхов В. Г., Ковалева Т. А., Наквасина М. А. Биофизика – Воронеж: Издательско-полиграфический центр, 2009. – 294 с.
2. Галимова М.Х. Ферментативная кинетика: Справочник по механизмам реакций. - 2007. 320 с.
3. Варфоломеев С. Д., Гуревич К. Г. Биокинетика: Практический курс.- М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999.- 720 с.

б) дополнительная литература:

1. Антонов В. Ф., Черныш А. М., Пасечник В. И. и др. Практикум по биофизике – М.: ВЛАДОС., 2001. – 352с.
2. Мейланов И.С. Исследование молекулярных механизмов гипотермических состояний у млекопитающих: учебное пособие для студентов 3-5 курсов (специальность «Биохимия»). / Мейланов И.С., Кличханов Н.К., Халилов Р.А., Джафарова А.М., Астаева М.Д., Саидов М.Б., Нурмагомедова П.М., Абасова М.О., Абдуллаев В.Р., Эмирбеков Э.З. – Махачкала: Изд. ДГУ -2010. – 162с.
3. Халилов Р. А., Пиняскина Е. В., Джафарова А. М., Абдурахманов Р. Г. Практикум по биофизике/ Махачкала: ИПЦ ДГУ, 2013. 189с.
4. Ризниченко Г. Ю. _Лекции по математическим моделям в биологии (изд. 2-е, испр. и дополн.) Издательство РХД, 2011 г. 560 стр.
5. Коэн Ф. Регуляция ферментативной активности. М.: Мир, 1986.
6. Колпакова Н.А. Сборник задач по химической кинетике / Н.А. Колпакова, С.В. Романенко, В.А. Колпаков. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. — 280 с.
7. Rosenberry T. L. Strategies to Resolve the Catalytic Mechanism of Acetylcholinesterase // J. Mol. Neurosci. -2010 -V.40 -P.32–39.
8. Zakhartsev M., Johansen T., Portner H.O., Blust R. Effects of temperature acclimation on lactate dehydrogenase of cod (*Gadus morhua*): genetic,

kinetic and thermodynamic aspects// the journal of experimental biology. – 2007. V.207. – 95 – 112.

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

<http://www.library.biophys.msu.ru/LectMB/>

2. электронные образовательные ресурсы образовательного сервера ДГУ edu.dgu.ru
3. электронные образовательные ресурсы регионального ресурсного центра rrc.dgu.ru
4. электронные образовательные ресурсы библиотеки ДГУ (East View Information, Bibliophika, ПОЛПРЕД, Книгафонд, eLibrary, Электронная библиотека Российской национальной библиотеки, Российская ассоциация электронных библиотек //eLibrary Электронная библиотека РФФИ).
5. Международная база данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
6. Научные журналы и обзоры издательства Elsevier <http://www.sciencedirect.com/>
7. Ресурсы Российской электронной библиотеки www.elibrary.ru, включая научные обзоры журнала «Успехи биологической химии» <http://www.inbi.ras.ru/ubkh/ubkh.html>
8. Российское образование. Федеральный портал «Университетская библиотека ONLINE» <http://www.biblioclub.ru>

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам, для подготовки к занятиям представлен в разделе 1.7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Биохимия».

Лекционный курс.

Лекция является основной формой обучения в высшем учебном заведении. В ходе лекционного курса проводится систематическое изложение современных научных материалов, освещение основных проблем биохимии. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования студент делает необходимые пометки. Записи должны быть избирательными, полностью следует записывать только определения. В конспектах рекомендуется применять сокращения слов, что ускоряет запись. В ходе изучения курса данного курса особое значение имеют рисунки, схемы и поэтому в конспекте лекции рекомендуется делать все рисунки, сделанные преподавателем на доске, или указанные в наглядном пособии. Вопросы, возникшие у Вас в ходе лекции, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю.

Студенту необходимо активно работать с конспектом лекции: после

окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения на полях. Конспекты лекций следует использовать при выполнении лабораторно-практических занятий, при подготовке к экзамену, контрольным тестам, коллоквиумам, при выполнении самостоятельных заданий.

Лабораторные занятия. Лабораторные занятия по дисциплине имеют целью закрепить теоретические знания и выработать практические навыки исследования биохимических процессов в тканях человека и животных.

Прохождение всего цикла лабораторных занятий является обязательным для получения допуска студента к экзамену. В случае пропуска занятий по уважительной причине пропущенное занятие подлежит отработке.

В ходе лабораторных занятий студент под руководством преподавателя выполняет комплекс лабораторно-практических заданий, позволяющих закрепить лекционный материал по изучаемой теме, научиться выполнять эксперименты, статистическую обработку полученных данных, научиться работать с методиками, руководящими документами, информацией различного уровня. Для прохождения лабораторного занятия студент должен иметь «Практикум по биохимии», калькулятор, простой карандаш, ластик, линейку, ручку. Специальное оборудование, позволяющее выполнить комплекс некоторых работ из «Практикума» выдается для пользования на каждом занятии преподавателем или лаборантом кафедры и подготавливается к занятию лаборантом.

Студент должен вести активную познавательную работу. Целесообразно строить ее в форме наблюдения, эксперимента и конспектирования. Важно научиться включать вновь получаемую информацию в систему уже имеющихся знаний. Необходимо также анализировать материал для выделения общего в частном и, наоборот, частного в общем.

Реферат. Реферат – это обзор и анализ литературы на выбранную Вами тему. *Реферат это не списанные куски текста с первоисточника.* Недопустимо брать рефераты из Интернета.

Тема реферата выбирается Вами в соответствии с Вашими интересами. Необходимо, чтобы в реферате были освещены как теоретические положения выбранной Вами темы, так и приведены и проанализированы конкретные примеры.

Реферат оформляется в виде машинописного текста на листах стандартного формата (А4).

Структура реферата включает следующие разделы:

- титульный лист;
- оглавление с указанием разделов и подразделов;
- введение, где необходимо указать актуальность проблемы, новизну исследования и практическую значимость работы;
- литературный обзор по разделам и подразделам с анализом рассматриваемой проблемы;
- заключение с выводами;
- список используемой литературы.

Желательное использование наглядного материала - таблицы, графики, рисунки и т.д. Все факты, соображения, таблицы, рисунки и т.д., приводимые из литературных источников студентами, должны быть сопровождаемы ссылками на источник информации. Недопустимо компоновать реферат из кусков дословно заимствованного текста различных литературных источников. Все цитаты должны быть представлены в кавычках с указанием в скобках источника, отсутствие кавычек и ссылок означает плагиат и является нарушением авторских прав. Используемые материалы необходимо комментировать, анализировать и делать соответственные и желательные собственные выводы. Все выводы должны быть ясно и четко сформулированы и пронумерованы. Список литературы оформляется строго по правилам Государственного стандарта. Реферат должен быть подписан автором, который несет ответственность за проделанную работу.

Перечень учебно-методических материалов, предоставляемых студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- словарь терминов;
- тезисы лекций,
- раздаточный материал по тематике лекций.

Самостоятельная работа студентов:

- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников по тематике дисциплины;
- выполнение курсовых работ (проектов);
- написание рефератов;
- работа с тестами и вопросами для самопроверки.

11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.

- компьютерное и мультимедийное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
- пакет прикладных обучающих и контролирующих программ, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
- электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Лабораторная база кафедры биохимии и биофизики: спектрофотометр с термостатированием, флуориметр, фотоколориметр, рН –метр, торсионные и аналитические весы, электронные и механические автопипетки, лабораторные животные и необходимые химические реактивы

Учебная литература (дополнительная и основная, «Практикум»), учебные и научно-популярные фильмы (Кобрин Н. «Термодинамика биологических процессов» (I и II части), Кинетика биологических процессов (I и II части). На лекционных и лабораторно-практических занятиях используются методические разработки, практикумы, наглядные пособия, тесты, компьютерные программы, а также компьютеры (для обучения и проведения тестового контроля), наборы слайдов и таблиц по темам, оборудование лабораторий кафедры, а также результаты научных исследований кафедры (монографии, учебные и методические пособия и т.д.).