

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

---

УТВЕРЖДЕНО  
Президиумом Ученого совета ННГУ  
протокол от  
«14» декабря\_2021 г. № 4\_

## **Рабочая программа дисциплины**

### **Энзимология**

Уровень высшего образования  
**Бакалавриат**

Направление подготовки  
**06.03.01 Биология**

Профиль подготовки  
**Биология (общий профиль)**

Квалификация (степень) выпускника  
**Бакалавр**

Форма обучения  
**Очная**

Нижний Новгород

2022 год

## 1. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина “Энзимология” относится к дисциплинам по выбору ООП направления подготовки 06.03.01 Биология. Для освоения дисциплины студент должен владеть основными понятиями математики, физики, химии, биохимии, физиологии, обладать навыками работы в биохимической лаборатории.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
<b>ПК-1</b> – Способен осуществлять информационный поиск по выбранной научной тематике в области биологии, излагать и критически анализировать получаемую информацию, представлять результаты исследований в виде презентаций, научно-технических отчетов, обзоров, аналитических карт, пояснительных записок, публикаций в научных изданиях; поддерживать дискуссию по актуальным вопросам биологии и экологии	ПК-1.1. Знает: - правила сбора и анализа информации по теме исследования, способы и правила представления результатов в письменной и устной формах	Знает и способен последовательно и логично изложить сведения по основным вопросам энзимологии в письменной и устной формах.	Вопросы к экзамену  Устный опрос  Контрольная работа  Коллоквиум  Доклад с презентацией       Отчеты по лабораторным работам
	ПК-1.2. Умеет: - планировать и осуществлять поиск научной информации, оформлять результаты исследования для представления в письменной и устной формах.	Умеет планировать и проводить исследование в области энзимологии, представлять его результаты в виде отчета, критически анализировать результаты собственного исследования на основе данных научной литературы	
	ПК-1.3. Владеет: - опытом поиска, анализа, представления и обсуждения результатов исследования	Имеет опыт поиска, анализа, представления и обсуждения результатов энзимологического исследования	

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная форма обучения</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>4 ЗЕТ</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
<b>в том числе</b>	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия практического типа	32
<b>самостоятельная работа</b>	<b>42</b>
<b>КСР</b>	<b>2</b>
<b>Промежуточная аттестация:</b> <b>экзамен – 7 семестр</b>	<b>36</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы, из них			
Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины	Всего, часы	Занятия лекционного типа	Практические занятия	Всего	Самостоятельная работа обучающегося, часы
1. Введение. Химическая природа биологических катализаторов. Выделение и очистка ферментов.	28	10	8	18	10
2. Механизмы ферментативного катализа. Кинетика ферментативных реакций. Обработка данных энзимологического исследования.	28	6	12	18	10
3. Регуляция ферментативной активности	26	10	4	14	12
4. Номенклатура и классификация ферментов. Промышленное получение и сферы применения ферментов	24	6	8	14	10
<b>Итого</b>	<b>106</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>64</b>	<b>42</b>

Практические занятия организуются, в том числе в форме практической подготовки, лабораторных работ, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

Практическая подготовка предусматривает выполнение лабораторных работ, написание отчетов по лабораторным работам, написание контрольных, участие в научных дискуссиях в рамках устных опросов и коллоквиумов.

На проведение практических занятий в форме практической подготовки отводится 32 часа.

Практическая подготовка направлена на формирование и развитие:

- практических навыков в соответствии с перечнем задач профессиональной деятельности ООП:

- Участие в планировании, проведении и представлении результатов фундаментальных и практических научных исследований по актуальным проблемам в соответствующей области знания
- Участие в разработке и контроле эффективности и биобезопасности биологически активных веществ, лекарственных средств, а также биомедицинских изделий и здоровьесберегающих технологий
- Участие в организации и проведении контроля биологической и экологической безопасности продуктов сельскохозяйственного производства, участие в исследованиях по созданию новых сортов в растениеводстве.

- компетенции:

**ПК-1** – Способен осуществлять информационный поиск по выбранной научной тематике в области биологии, излагать и критически анализировать получаемую информацию, представлять результаты исследований в виде презентаций, научно-технических отчетов, обзоров, аналитических карт, пояснительных записок, публикаций в научных изданиях; поддерживать дискуссию по актуальным вопросам биологии и экологии

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках практических занятий, устных опросов и коллоквиума, контрольных работ, доклада с презентацией.

### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа по освоению материала проводится к каждому практическому занятию с привлечением конспектов лекций, знаний, полученных на практических занятиях, основной и дополнительной литературы по всем темам курса.

По всем темам самостоятельная работа включает написание отчета по каждой из проделанных лабораторных работ.

Кроме того, самостоятельная работа студентов включает подготовку к устным опросам, к контрольным работам, докладу с презентацией.

Методическое обеспечение при подготовке к лабораторным занятиям:

#### **Вопросы для подготовки к контрольной работе №1**

Строение ферментов. Одно- и двухкомпонентные ферменты. Функции белковой и небелковой частей. Кофакторы (коферменты и простетические группы), их классификация: нуклеотидного типа строения (НАД(Ф), ФМН, ФАД, КоА, НТФ, НДФС); производные витаминов (ТПФ, ПЛФ, ПМФ, дезоксиаденозилкобаламин, метилкобаламин, биотин, ТГФК), алифатического ряда (глутатион, липоевая кислота). Пирролохинолинихинон (PQQ) как

кофактор. Основные типы реакций и примеры ферментов с кофакторами разных групп. Строение и функционирование пируватдегидрогеназного комплекса. Металлоферменты. Строение и типы организации железо-серных центров; металлофлавопротеины. Методы выделения и очистки ферментов, их основные стадии. Лабораторное оборудование и материалы, необходимые для выделения и очистки ферментов.

#### Вопросы для подготовки к контрольной работе №2

1. Кинетика ферментативных реакций. Общая, удельная и молекулярная активность (число оборотов). Единицы ферментативной активности. Зависимость скорости ферментативной реакции от времени, концентрации субстрата, температуры и pH. Константа Михаэлиса и ее смысл. Правила выделения и методы расчета активности альфа-амилазы, креатинкиназы, СОД, АсАт и АлАт, трипсина.

2. Графические способы определения константы Михаэлиса. Метод Лайнуивера – Бэрка, Иди – Хофсти (Скэтчарда), Вульфа – Хайнса, Эйзенталя и Корниш-Боудена.

3. Общие правила работы с ферментами. Способы выделения, очистки, стабилизации, контроля чистоты и хранения ферментативных препаратов. Основные методические приемы определения активности ферментов.

#### Вопросы для подготовки к устным опросам

##### К устному опросу “Механизмы ферментативного катализа”

1. Различия в локализации ферментов, их значение и пути достижения. “Цитоплазматический” и “секреторный” пути транспорта ферментов.
2. Причины высокой каталитической активности и избирательности действия ферментов. Теория Фишера. Теория дыбы. Теория Кошля(э)нда.
3. Механизмы протекания двухсубстратных реакций.
4. Строение и функционирование сериновых протеиназ.

##### К устному опросу “Регуляция ферментативной активности”

##### Вопросы к коллоквиуму по разделу 5 “Регуляция ферментативной активности”

1. Регуляция через изменение количества ферментов: контроль биосинтеза ферментов, компартментализация метаболических процессов.
2. Проферменты (зимогенные формы ферментов). Химотрипсиноген и его активация. Примеры других ферментов, имеющих зимогенные формы.
3. Регуляция каталитической активности путем ковалентной модификации ферментов. Изостерическая регуляция: кофактором, субстратом, продуктом реакции.
4. Аллостерическая регуляция. Коэффициент Хилла. Кинетика аллостерических ферментов. Примеры аллостерической регуляции.
5. Множественные молекулярные формы ферментов (ММФФ), механизмы их образования и методы обнаружения.
6. Изоферментная регуляция метаболизма. Спектры ММФФ как диагностический тест в клинической медицине.
7. Изоферменты лактатдегидрогеназы и регулируемые ими процессы.
8. Каскадный механизм активации ферментов. Белок-белковые взаимодействия в регуляции ферментативной активности.
9. Надмолекулярная организация ферментов. Строение и особенности функционирования пируватдегидрогеназного комплекса. Роль надмолекулярных комплексов в регуляции. Мембранная регуляция

##### К коллоквиуму с решением задач “Кинетика ферментативных реакций. Обработка данных энзимологического исследования”.

1. Скорость ферментативной реакции: общая, удельная и молекулярная активность (число оборотов), единицы ферментативной активности, способы ее расчета.

2. Зависимость скорости ферментативной реакции от времени, pH, температуры. Влияние концентрации фермента и субстрата на начальную скорость реакции. Субстратная константа и константа Михаэлиса. Границы применимости кинетики Михаэлиса – Ментен.
3. Ингибиторы ферментов. Обратимое и необратимое ингибирование. Типы ингибирования: конкурентное, неконкурентное, бесконкурентное, смешанное и методы их установления. Константа ингибирования. Субстратное ингибирование, ингибирование продуктом. Примеры ингибиторов.
4. Особенности строения и функционирования гексокиназы.

#### **:Вопросы для подготовки к выполнению практических заданий на лабораторных занятиях**

1. Основные блоки спектрофотометра. Правила работы на нем.
2. Понятие спектра поглощения. Закон Бугера – Ламберта – Бэра.
3. Правила pH-метрии и приготовления буферных растворов для энзимологического исследования.
4. Правила работы на центрифуге (с применением центрифужных весов).
5. Условия выделения ферментов, максимально сохраняющие их каталитическую активность.
6. Алгоритм определения удельной ферментативной активности фермента с помощью спектрофотометра
7. Техника безопасности при работе с системой для электрофореза.
8. Понятие изоформ, алгоритм их определения с применением электрофореза.
9. Пути аллостерической регуляции ферментативной активности.
10. Пути изостерической регуляции ферментативной активности.
11. Последовательность событий, составляющих механизм действия ферментов, важных в энзимодиагностике..
12. Графическое представление результатов энзимологического эксперимента для определения константы Михаэлиса.
13. Алгоритм определения общей и удельной активности фермента.
14. Алгоритм определения специфичности фермента.
15. Алгоритм определения константы Михаэлиса с помощью графиков, построенных в координатах Лайнуивера – Бэрка, Иди – Хофсти, Вульфа – Хайнса, Эйзенталя и Корниш-Боудена.

#### **Требования по подготовке доклада с презентацией**

Фермент (группу близкородственных ферментов), которому будет посвящен доклад, выбирает сам студент по согласованию с преподавателем. Доклад должен иметь длительность 7-10 мин. Для фермента приводится шифр КФ (с пояснением), катализируемая реакция (с указанием механизма катализа), даются сведения о строении (состав холофермента, кофактор, др.), демонстрируется изображение молекулы. Описывается алгоритм хотя бы одного метода определения активности фермента с использованием современного биохимического оборудования, используемый в отраслях народного хозяйства. Раскрывается роль фермента в организме, локализация (в клетке, органе), а также значение в биологических исследованиях. Возможна демонстрация связи изменений активности фермента с определенными морфофункциональными, физиологическими состояниями и патологическими процессами в организме. Приветствуется наличие в докладе сведений об особенностях кодирования фермента, его синтеза, регуляции активности, ингибирования.

Пользуясь информацией докладов, слушатели во время доклада должны заполнить таблицу “Представители ферментов разных классов”:

Название фермента	Шифр (КФ)	Катализируемая реакция	Кофакторы, эффекторы,	Особенности выделения и	Значение в энзимодиагностике и
-------------------	-----------	------------------------	-----------------------	-------------------------	--------------------------------

			особенности строения	определения активности	энзимотерапии

Для подготовки докладов с презентациями обязательно использование открытой международной базы данных по ферментам <http://www.exPASy.org/enzyme/> (ExPASy Proteomics Server, Швеция) и связанных с ней баз данных, самостоятельный отбор материала из интернет-источников свободного доступа, а также анализ статей (не менее 2х) из научных журналов (индивидуально рекомендуются преподавателем). В бумажном виде оформляется краткое содержание доклада (не более 3 листов, шрифт Times New Roman, 12 пт, межстрочный интервал 1,5). Дополнительно оформляется титульный лист в свободном стиле, с указанием названия фермента, ФИО и номера студенческой группы автора, а также лист со списком использованных источников информации. Бумажный вариант сдается преподавателю не позднее, чем за 1 неделю до окончания семестра. Презентация должна иметь 5 – 6 слайдов, отражать и дополнять текст выступления.

Примеры выбираемых ферментов:

Класс 1 – Моноаминоксидаза, лактатдегидрогеназа, глюкозооксидаза, супероксиддисмутаза, каталаза.

Кл.2 – Трансферазы: теломераза 2.7.7.49, аминотрансферазы (АСАТ 2.6.1.1 и АЛАТ 2.6.1.2), фосфотрансферазы

Кл.3 – Гидролазы: трипсин, пепсин А, амилазы ( $\alpha$ -), щелочная фосфатаза, катепсины, лизоцим

Кл.4 – Лиазы: альдолаза, аденилатциклаза

Кл.5 – Изомеразы: триозофосфатизомераза, гексозофосфатизомеразы, ретиналь-изомераза

Кл.6 – Лигазы (синтетазы): глутаминсинтетаза, АРСазы

### **Требования к оформлению отчетов по лабораторным работам**

Все отчеты должны быть оформлены в форме единого документа (в одной тетради либо отдельные листы сшиты в единый документ). В каждом отчете должны быть приведены название работы, ее цель, принцип метода; словесно или графически представлен ход работы. Раздел “Результаты” должен включать первичные данные и их обработку в объеме, достаточном для подтверждения достижения цели работы и сделанных выводов. Работы должны быть проиллюстрированы схемами необходимого оборудования (при использовании установок или приборов), содержать словесное описание и/или изображение полученных результатов качественных реакций. Работы, включающие количественный анализ, должны включать расчетные формулы, первичные данные (в том числе – калибровочную таблицу и калибровочный график), расчет требуемых величин по собственным первичным данным. Вывод работы должен быть развернутым, полностью соответствовать полученным результатам. Отчеты за пропущенные лабораторные работы к проверке не допускаются.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

## **5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**

### **5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	Шкала оценивания сформированности компетенций						
	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме.	Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки.	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценки при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне, выше предусмотренного программой



<b>зачтено</b>	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### Шкала оценивания отчетов по лабораторным работам

Примечание:

Отчеты за пропущенные и не отработанные студентом лабораторные работы к проверке не допускаются. К отработкам допускаются студенты, допустившие пропуск по уважительной причине и представившие соответствующий документ преподавателю и в ОУВР ИББМ.

Зачтено	Отчеты оформлены согласно требованиям п.4, сданы на проверку не позднее, чем в день последнего занятия (семинарского или лабораторного) в семестре. Внесены все исправления согласно замечаниям преподавателя (возможно на последнем занятии).
Не зачтено	Отчеты оформлены не по требованиям либо не подготовлены и не сданы в день последнего занятия (семинарского или лабораторного) в семестре. Не исправлены ошибки, не проработаны замечания преподавателя.

Шкала оценивания контрольной работы, устных ответов при опросе, коллоквиума (включая решение расчетных задач и задач - практических заданий):

Критерии оценивания	1 плохо	2 неудовл.	3 удовл.	4 хорошо	5 отлично
% правильно выполненных заданий контрольной работы	Менее 50%	50-60 %	61-75 %	76-90 %	91-100 %
Характеристика знаний и умений при ответе на коллоквиуме, устном опросе, решении задач,	Не знает, не умеет	Фрагментарные знания, умения, много грубых ошибок.	Неполное знание, 1 грубая или несколько небольших ошибок, в целом успешное, но не систематическое умение, требующее	Знание и умение с небольшими пробелами, мало ошибок, успешное, но не полностью	Знание и умение полное и устойчивое, систематическое,

выполнении практических заданий			помощи преподавателя.	самостоятельно	успешное, самостоятельное
---------------------------------	--	--	-----------------------	----------------	---------------------------

### Шкала оценивания доклада с презентацией

Зачтено	Доклад выполнен согласно требованиям п.5, краткое содержание доклада в бумажном виде с учетом замечаний преподавателя, сделанных после заслушивания доклада, сдано не позднее, чем за 1 неделю до окончания семестра.
Не зачтено	Доклад не соответствует требованиям п.5 и/или не сдан в срок не позднее, чем за 1 неделю до окончания семестра.

### Шкала оценивания ответа на экзамене

Превосходно	Безупречное знание понятий, концепций, умение сопоставлять и анализировать материал. В текущей успеваемости при обучении по дисциплине – “зачтено”, “4” или “5” по всем соответствующим видам деятельности.
Отлично	Знание материала и демонстрация навыков с незначительными недочетами, неточностями, пр. В текущей успеваемости при обучении по дисциплине – “зачтено”, “3”, “4” или “5” по всем соответствующим видам деятельности ИЛИ ответ на экзамене соответствует оценке “очень хорошо”, но в текущей успеваемости при обучении дисциплине - “зачтено” и “5” по всем соответствующим видам деятельности.
Очень хорошо	Недочеты при сравнительном анализе, незначительные ошибки, устраняемые после наводящих вопросов преподавателя. В текущей успеваемости при обучении по дисциплине – “зачтено”, “3”, “4” или “5” по всем соответствующим видам деятельности.
Хорошо	Знание теоретического материала в неполном объеме, неточности и ошибки. В текущей успеваемости при обучении по дисциплине – “зачтено”, “3”, “4” или “5” по соответствующим видам деятельности ИЛИ ответ на экзамене соответствует оценке “удовлетворительно”, но в текущей успеваемости при обучении дисциплине - “зачтено”, “4” или “5” по всем соответствующим видам деятельности.
Удовлетворительно	Знание материала в объеме 50%, грубые ошибки (не более 3). В текущей успеваемости при обучении по дисциплине – “зачтено”, “3”, “4” или “5” по соответствующим видам деятельности.
Неудовлетворительно	Знание только самых основ, неумение сопоставлять и анализировать. И/ИЛИ “не зачтено” в текущей успеваемости при обучении по дисциплине более чем по одному из проверяемых видов деятельности.
Плохо	Грубые ошибки в понимании теоретического материала и “не зачтено”, “1” и/или “2” в текущей успеваемости при обучении по дисциплине хотя бы по одному из проверяемых видов деятельности ИЛИ отказ от ответа на экзамене.

## 5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

### 5.2.1 Контрольные вопросы - экзамен

#### Перечень экзаменационных вопросов, определяющих сформированность компетенции ПК-1

1. Биологическая роль, общие и специфические свойства ферментов. Строение ферментов. Активный центр, его сайты и типичные аминокислоты.
2. Активные центры ферментов, подцентры (сайты) АЦ. Процесс формирования активного центра при фолдинге. Примеры строения АЦ (сериновые протеиназы, дегидрогеназы и др.). Роль кофакторов в функционировании АЦ.
3. Апоферменты: строение, синтез, роль в ферментативном катализе.
4. Понятие кофактора. Кофакторы алифатического ряда (глутатион, липоевая кислота).
5. Понятие кофакторов. Кофакторы-производные витаминов. ТПФ (ТДФ), ПЛФ, ПМФ, дезоксиаденозилкобаламин, метилкобаламин, биотин, ТГФК. Примеры ферментов с кофакторами данной группы.

6. Понятие кофакторов. Кофакторы нуклеотидного типа строения (НАД(Ф), ФМН, ФАД, КоА, НТФ, НДФС – формулы, примеры ферментов).
7. Принципы Международной системы номенклатуры и классификации ферментов, примеры. Другие принципы деления ферментов на семейства, классы и группы.
8. Кинетика ферментативных реакций. Общая, удельная и молекулярная активность (число оборотов). Единицы ферментативной активности. Зависимость скорости ферментативной реакции от времени, концентрации субстрата, температуры и pH. Константа Михаэлиса и ее смысл.
9. Графические способы определения константы Михаэлиса. Метод Лайнуивера – Бэрка, Иди – Хофсти (Скэтчарда), Вульфа – Хайнса, Эйзенталя и Корниш-Боудена.
10. Общие правила работы с ферментами. Способы выделения, очистки, стабилизации, контроля чистоты и хранения ферментативных препаратов. Основные методические приемы определения активности ферментов.
11. Активаторы и ингибиторы ферментов. Типы ингибирования. Природные соединения и вещества антропогенного происхождения как ингибиторы и активаторы ферментов.
12. Механизм ферментативного катализа. Причины высокой каталитической активности и избирательности действия ферментов. Теория Фишера, теория дыбы, теория Кошля(э)нда. Работа гексокиназы как пример индуцированного соответствия.
13. Механизмы протекания двухсубстратных реакций (пинг-понг, разновидности последовательного механизма). Свободнорадикальный механизм ферментативных реакций.
14. Ковалентный катализ на примере сериновой протеиназы.
15. Лактатдегидрогеназа: шифр (с пояснением), строение, катализируемая реакция, механизм катализа, функционирование, роль изоферментов ЛДГ в регуляции метаболизма, смысл такой регуляции.
16. Иммуноферментный анализ, варианты и стадии его проведения.
17. Ферменты как инструменты физико-химических исследований.
18. Сортировка и транспорт ферментов: цитоплазматический путь. Сигналы адресации и механизм транспорта ферментов в ядро.
19. Секреторный путь транспорта ферментов, прохождение отдельных компартментов. Примеры секретируемых ферментов и их функций.
20. Системы регуляции белкового синтеза как способ регуляции метаболизма через ферментативный аппарат. Возможные способы регуляции trp-оперона.
21. Значение энзимологических исследований для медицины. Энзимодиагностика. Энзимопатология. Энзимотерапия. Глюкозооксидазный метод определения глюкозы, другие примеры.
22. Эволюция биологических катализаторов. Рибозимы. Ферменты. Абзимы.
23. Строение ферментов. Одно- и двухкомпонентные ферменты (с примерами). Функции кофакторов и апоферментов.
24. Надмолекулярная организация ферментов, примеры. Строение и особенности функционирования пируватдегидрогеназного комплекса.
25. Кофакторы (коферменты и простетические группы): различные классификации, роль в ферментативном катализе.
26. Абзимы: понятие, строение, перспективы применения.
27. Пути регуляции метаболизма через ферментативный аппарат. Общая схема “медленной” и “быстрой” регуляции. Примеры каждого типа регуляции.
28. Системы регуляции белкового синтеза как способ регуляции метаболизма через ферментативный аппарат. Возможные способы регуляции lac-оперона.
29. Множественные молекулярные формы ферментов (ММФФ), механизмы их образования и методы обнаружения. Примеры ферментов разных групп ММФФ. Спектры ММФФ как диагностический тест в клинической медицине.
30. Изоферменты, пути их образования. Изоферментная регуляция метаболизма.

31. Форактивация. Ретроингибирование. Примеры метаболических путей и регулируемых ферментов.
32. Контроль ферментативной активности через расщепление ферментов. Протеасомы. Ограниченный протеолиз, зимогенные формы ферментов.
33. Пути регуляции метаболизма через ферментативный аппарат. Множественные способы регуляции одного фермента (на примере глутаминсинтетазы).
34. Каскадный механизм активации ферментов, ковалентная модификация как регуляция ферментативной активности, метазимы.
35. Аллостерические ферменты: гомо-, гетеро-, гомогетеротропные, моно- и поливалентные. Зависимость скорости реакции от концентрации субстрата.
36. Аллостерическая регуляция. Кооперативные эффекты. Модель и коэффициент Хилла. Примеры других моделей кооперативных эффектов.
37. Аллостерическая регуляция. Способы и биологический смысл аллостерической регуляции ферментов (на примере гликолиза).
38. Кинетика Михаэлиса – Ментен и условия ее применимости. Примеры ферментативных процессов, не подчиняющихся кинетике Михаэлиса – Ментен.
39. Ингибирование и ингибиторы. Определение типа ингибирования по методу Лайнуивера – Бэрка, по методу Иди – Хофсти. Ингибирование избытком субстрата, механизмы этого ингибирования.
40. Механизм кислотно-основного ферментативного катализа (на примере алкогольдегидрогеназы печени).
41. Внутриклеточная сортировка и конечная локализация ферментов в клетке и вне ее. Биологический смысл внутриклеточного транспорта, сигналы и механизмы сортировки. Общая схема цитоплазматического и секреторного путей.
42. Иммобилизованные ферменты: способы иммобилизации, области применения.
43. Энзимология, ее содержание, задачи, основные достижения на современном этапе. Значение энзимологических исследований для промышленности и сельского хозяйства. Связь развития энзимологии, биотехнологии и физико-химической биологии.

### 5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-1

В заданиях из предложенных ответов выберите один правильный.

1. Активность фермента  $\alpha$ -амилазы человека принято представлять в следующих единицах:

- а) Ансона б) мкг/мл в) Вольгемута г) иных, чем названные

1. Факторы, влияющие на значение оптической плотности раствора глюкоамилазы:

- а) мощность источника для видимого участка спектра (вольфрамовая лампа) и концентрация раствора,  
 б) концентрация раствора и длина оптического пути,  
 в) длина оптического пути и электропроводность раствора,  
 г) электропроводность раствора и мощность источника для видимого участка спектра (вольфрамовая лампа).

3. Кофактором дегидрогеназ является:

- а) ацетил-КоА, б) глутатион, в) кислород, г) УДФ-глюкоза.

### 5.2.3. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции ПК-1:

1. При проведении реакции ферментативного превращения фруктозы во фруктозо-6-фосфат исследователь рассчитал скорость реакции при различных концентрациях субстрата:

Концентрация субстрата, М	Скорость ферментативной реакции
---------------------------	---------------------------------

0.0025	0.006
0.005	0.0078
0.01	0.009
0.02	0.01

Какой(ие) фермент(ы) катализирует(ют) данную реакцию? Определите константу Михаэлиса для этого фермента и данного субстрата графическим методом Эйзенталя и Корниш-Боудена.

2. Предложите план определения активности  $\alpha$ -амилазы ротовой полости человека на основе освоенной на практикуме методики.

3. . Проведите центрифугирование экстракта, содержащего ферменты, на центрифуге с угловым ротором. Режим центрифугирования: 6000 об/мин, 20 мин, 4°C.

4. Определите оптическую плотность раствора, содержащего гексокиназу, глюкозу и индикатор крезоловый красный, основная форма которого поглощает свет в желтой области спектра.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Биссвангер Х. Практическая энзимология. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 328 с. - Электронный ресурс "Консультант студента" Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996324026.html>.

2. Стручкова И.В., Кальясова Е.А. Теоретические и практические основы проведения электрофореза белков в полиакриламидном геле: Электронное учебно-методическое пособие. Н.Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. 60 с. Режим доступа: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/Struchkova\\_Kalyasova.doc](http://www.unn.ru/books/met_files/Struchkova_Kalyasova.doc).

3. Стручкова И.В., Березина Е.В. Энзимология. Лабораторные работы. Учебно-методическое пособие. Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2019. 44 с.

### б) дополнительная литература:

1. Стручкова И.В., Брилкина А.А., Веселов А.П. Регуляция биосинтеза белка. Учебно-методическое пособие. Н.Новгород. Изд-во ННГУ, 2011. 101 с. Зарегистрировано в ФЭОР ННГУ 12.01.11. Режим доступа: [http://www.unn.ru/books/met\\_files/reg\\_bios\\_belka.pdf](http://www.unn.ru/books/met_files/reg_bios_belka.pdf).

2. Лифшиц В.М. Биохимические анализы в клинике / В.М. Лифшиц, В.И. Сидельникова. Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1995. 222 с.

3. Назаренко Г.И. Клиническая оценка результатов лабораторных исследований / Г.И. Назаренко, А.А. Кишкун. М. : Медицина, 2002. 544 с.

4. Корягин А.С., Александрова И.Ф., Гончарова Т.А. Избранные главы энзимологии. Учебное пособие. Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2003.

### в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. <http://www.expasy.org/enzyme/> - открытая международная база данных по ферментам (ExPASy Proteomics Server, Швеция).

ЭБС «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>,

ЭБС «ZNANIUM.COM»<http://znanium.com/>,

ЭБС «Юрайт»<https://www.biblio-online.ru/>,

Студенческая электронная библиотека «StudentLibrary»<http://www.studentlibrary.ru/>,

<http://e.lanbook.com/> - Электронная библиотека «Лань»

Научная электронная библиотека «E-library.ru» <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.

Сайт издательства «Springer» (<http://www.springer.com>).

Сайт издательства «Elsevier» (<http://www.sciencedirect.com>).

База данных «Scopus» (<http://www.scopus.com>).

База данных «Web of Science» (<http://webofknowledge.com/>)/

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного и практического (семинарского) типа, укомплектованные демонстрационным оборудованием (доска, переносное мультимедийное оборудование (проектор, ноутбук, экран)); лаборатории для формирования у обучающихся умений и навыков, соответствующих направлению подготовки "Биология", укомплектованные вытяжным шкафом, водяной баней, электрическими плитками, фотоэлектроколориметром, центрифугой, спектрофотометром, весами, иономером, холодильником, набором оборудования для проведения электрофореза (заливочный столик, электрофоретическая камера, источник эл. питания), необходимым комплектом химической посуды, дозаторов, реактивов и диагностических наборов; помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования; помещения для самостоятельной работы обучающихся с компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ

Автор \_\_\_\_\_ к.б.н., доц. кафедры биохимии и биотехнологии Стручкова И.В.,

Рецензент: \_\_\_\_\_ к.б.н., доц. каф. биофизики Балалаева И.В.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ к.б.н., доц. Брилкина А.А.

**Программа одобрена** на заседании Методической комиссии Института биологии и биомедицины от 06.12.2021 года, протокол № 3.