

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»**

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИБСиБ
_____ А.В. Васин
«30» мая 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Белковая инженерия»

Разработчик	Высшая школа биомедицинских систем и технологий
Направление (специальность) подготовки	06.05.01 Биоинженерия и биоинформатика
Наименование ООП	06.05.01_01 Биоинженерия и биоинформатика
Квалификация (степень) выпускника	биоинженер и биоинформатик
Образовательный стандарт	СУОС
Форма обучения	Очная

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОП

_____ Д.И. Богомаз

«15» апреля 2025 г.

Соответствует СУОС

Утверждена протоколом заседания
высшей школы "ВШБСиТ"

от «15» апреля 2025 г. № 6

РПД разработал:

Профессор, д.ф.-м.н., с.н.с. Ю.Н. Орлов

1. Цели и планируемые результаты изучения дисциплины

Цели освоения дисциплины

1. Знание современных методов исследования структуры и функции белков.
2. Знание методов внесения направленных аминокислотных замен в белки.
3. Знакомство с современными представлениями о механизмах фолдинга белков, транспорта белков в клетках, процессах транслокации белков через биологические мембраны.
4. Знакомство с современными данными о функционировании молекулярных и внутримолекулярных шаперонов.
5. Знание котрансляционных и посттрансляционных модификаций белковых молекул.

Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ПК-2	Способен создавать биологические объекты с новыми свойствами и функциями
ИД-2 ПК-2	Создает биологические объекты с новыми свойствами и функциями методами белковой инженерии и искусственной эволюции белков

Планируемые результаты изучения дисциплины

знания:

- -Знание методов создания биологических объектов с новыми свойствами и функциями методами белковой инженерии и искусственной эволюции белков

умения:

- Умение создавать биологические объекты с новыми свойствами и функциями методами белковой инженерии и искусственной эволюции белков

навыки:

- Владение методами создания биологических объектов с новыми свойствами и функциями методами белковой инженерии и искусственной эволюции белков

2. Место дисциплины в структуре ООП

В учебном плане дисциплина «Белковая инженерия» не связана ни с одним модулем учебного плана.

Изучение дисциплины базируется на результатах освоения следующих дисциплин:

- Биохимия
- Биофизика
- Основы молекулярной биологии

3. Распределение трудоёмкости освоения дисциплины по видам учебной работы и формы текущего контроля и промежуточной аттестации

3.1. Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоёмкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	30
Практические занятия	14
Самостоятельная работа	73
Часы на контроль	16
Промежуточная аттестация (экзамен)	11
Общая трудоёмкость освоения дисциплины	144, ач
	4, зет

3.2. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очная форма
Промежуточная аттестация	
Экзамены, шт.	1

4. Содержание и результаты обучения

4.1 Разделы дисциплины и виды учебной работы

№ раздела	Разделы дисциплины, мероприятия текущего контроля	Очная форма		
		Лек, ач	Пр, ач	СР, ач
1.	Введение. История возникновения белковой инженерии. Основные функции белков	2	0	8
2.	Структура и функции молекул белков	6	2	18
3.	Белковая инженерия. Конструирование белков in vitro	10	4	18

4.	Биохимия белковых молекул. Конструирование белков in vivo	8	4	18
5.	Новые направления в ферментативном катализе. Рибозимы. Каталитические свойства антител	4	4	11
Итого по видам учебной работы:		30	14	73
Экзамены, ач				16
Часы на контроль, ач				16
Промежуточная аттестация (экзамен)		11		
Общая трудоёмкость освоения: ач / зет		144 / 4		

4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
1. Введение. История возникновения белковой инженерии. Основные функции белков	<p>История возникновения белковой инженерии <i>in vitro</i> как способа изучения функциональных свойств молекул белков и способа получения белков с заранее заданными свойствами.</p> <p>Основные функции белков в живых организмах. Развитие представлений о функциональной роли белков. Современные представления о биохимии белков.</p>
2. Структура и функции молекул белков	<p>Современные методы определения структуры белковых молекул. Характерные мотивы первичной структуры. Методы предсказания вторичной структуры. Супервторичная структура. Домены. Типы доменных структур. Полифункциональность белковых доменов. Рентгено-структурный анализ как метод определения третичной структуры белка. Проблемы кристаллизация белковых молекул и расшифровки дифракционных картин. Примеры решения обратной задачи дифракции.</p> <p>Реализация функции белка через его структуру. Ферменты. Преимущества и недостатки ферментов при их использовании в качестве катализаторов.</p>

<p>3. Белковая инженерия. Конструирование белков in vitro</p>	<p>Задачи, решаемые белковой инженерией. Белковая инженерия и инженерная энзимология. Полный цикл белковой инженерии. Методы сайт-специфического мутагенеза. Химический синтез олигонуклеотидов. Олигонуклеотиднаправленный сайт-специфический мутагенез. Отбор по генотипу. Примеры. Кассетный мутагенез. Применение кассетного мутагенеза в биотехнологии. Мутагенез с применением полимеразной цепной реакции. Использование свойств стоп-кодонов и супрессорных штаммов для проведения сайт-специфического мутагенеза. Введение неприродных аминокислот в белки. Метод белковой инженерии в фундаментальных исследованиях проблем биологической специфичности. Количественное измерение слабых взаимодействий в белках. Изостерические и изофункциональные аминокислотные замены. Энергетика водородных связей. Примеры. Белковая инженерия как дополнение к рентгено-структурному анализу. Примеры идентификации аминокислотных радикалов, формирующих активный центр. Метод белковой инженерии для решения задач биотехнологии и медицины. Подходы к увеличению стабильности белков. Инженерия дисульфидных связей. Белковая инженерия субтилизина.</p>
<p>4. Биохимия белковых молекул. Конструирование белков in vivo</p>	<p>Механизм сворачивания (фолдинга) белков. Термодинамические особенности процесса in vitro. Роль ближних и дальних взаимодействий. Фолдинг белков in vivo. Ферменты, катализирующие этот процесс. Транслокация белков через биологические мембраны. Сигнальная последовательность. Котрансляционная транслокация. Сигнал-узнающая частица. Посттрансляционный перенос через мембраны. Компетентное для транслокации состояние полипептидной цепи. Белки теплового шока. Внутримолекулярные и молекулярные шапероны. Модификации белковых молекул. Гликозилирование белков. Классификация гликопротеинов. N-гликопротеины. Состав и строение углеводных цепей. Сайты гликозилирования. Путь гликозилирования. Цикл долихола. O-гликопротеины. Биосинтез O-гликопротеинов. Функции углеводных цепей в гликопротеинах. Другие модификации аминокислотных радикалов в белках. Роль природных модификаций в регуляторных процессах и сортировке белковых молекул. Модификации аминокислотных радикалов в белках как возможность расширения функциональных способностей молекул белков. Регуляция времени жизни белка в клетке</p>

<p>5. Новые направления в ферментативном катализе. Рибозимы. Каталитические свойства антител</p>	<p>Каталитические свойства рибонуклеиновых кислот. Сплайсинг преРНК. Интрон тетрахимены L-19 как истинный рибозим. Различные виды ферментативной активности, проявляемые L-19. Внутренняя адапторная последовательность - участок связывания субстрата. Саморасщепление РНК виридов. Конструирование рибозимов <i>in vitro</i>. Каталитические свойства МРНК. Сравнение каталитических свойств рибонуклеиновых кислот и белков. Каталитические свойства антител. Использование концепции стабилизации активированного комплекса в переходном состоянии для конструирования каталитически активных антител. Природные абзимы.</p>
---	--

5. Образовательные технологии

Традиционные технологии: лекции, практические занятия, самостоятельная работа

6. Лабораторный практикум

Не предусмотрено

7. Практические занятия

№ раздела	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ач
		Очная форма
1.	Практические занятия по теме "Белковая инженерия. Конструирование белков in vitro"	8
2.	Практические занятия по теме "Биохимия белковых молекул. Конструирование белков in vivo"	6
Итого часов		14

8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Примерное распределение времени самостоятельной работы студентов

Вид самостоятельной работы	Примерная трудоемкость, ач
	Очная форма
Текущая СР	
работа с лекционным материалом, с учебной литературой	42
опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	12
самостоятельное изучение разделов дисциплины	19
выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Итого текущей СР:	73
Творческая проблемно-ориентированная СР	
выполнение расчётно-графических работ	0
выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
работа над междисциплинарным проектом	0
исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах	0
анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных	0
Итого творческой СР:	0
Общая трудоемкость СР:	73

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Адрес сайта курса

<https://dl-phnt.spbstu.ru/course/view.php?id=174>

9.2. Рекомендуемая литература

Основная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Финкельштейн А.В., Птицын О.Б. Физика белка: М.: Университет, 2005.	2005	ИБК СПбПУ
2	Казаков В.И., Усманова Н.М. Генная и клеточная инженерия: СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.	2011	ИБК СПбПУ

Дополнительная литература

№	Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания	Год изд.	Источник
1	Рыбчин В.Н. Основы генетической инженерии: СПб.: Изд - во СПбГТУ, 1999.	1999	ИБК СПбПУ
2	Албертс Б., Брей Д., Льюис Д. Молекулярная биология клетки: Москва: Мир, 1994.	1994	ИБК СПбПУ

Ресурсы Интернета

1. База знаний по биологии человека. Белковая инженерия: <http://humbio.ru/humbio/genexp/0002d5f8.htm>

9.3. Технические средства обеспечения дисциплины

Специальные обучающие и контролирующие компьютерные программы, учебные фильмы и т. д. для изучения дисциплины не требуются

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудиторный класс с возможностью использования компьютера для демонстрации презентаций, наличие доски и экрана.

11. Критерии оценивания и оценочные средства

11.1. Критерии оценивания

Для дисциплины «Белковая инженерия» формой аттестации является экзамен. Оценивание качества освоения дисциплины производится в свободной форме.

Экзамен

Оценка	Описание
неудовлетворительно	Существенные ошибки в основных аспектах темы. Грубые ошибки в ключевых определениях. Незнание основных принципов молекулярной биотехнологии.
удовлетворительно	Ответы правильны в основных моментах (нет иллюстрирующих примеров, некорректные примеры, ошибки в примерах). Отсутствует ответ на один из вопросов билета при правильном ответе на другой вопрос.
хорошо	Ответы на оба вопроса полные и правильные, снабжены конкретными примерами. Обучающийся правильно отвечает на уточняющие вопросы по билету, но затрудняется ответить на дополнительные вопросы по общим понятиям.
отлично	Ответы на вопросы билета полные и правильные, снабжены конкретными примерами. Обучающийся способен четко и правильно ответить на дополнительные вопросы по общим понятиям.

Основным критерием при выставлении оценки по дисциплине является знание теоретического материала.

Экзамен проводится в устной форме по билетам с предварительной подготовкой ответа, на которую выделяется 1 час. После ответа по билету экзаменуемым могут быть заданы дополнительные уточняющие вопросы.

11.2. Оценочные средства

Для оценки усвоения студентам материалов курса "Белковая инженерия" проводится экзамен. Список тем для подготовки к экзамену и примеры экзаменационных билетов приводятся ниже.

Список тем

- N-гликопротеины. Состав и строение углеводной части. Биосинтез.
- Белки теплового шока. Механизм регуляции биосинтеза.

- Белковая инженерия как новое направление молекулярной биологии и биотехнологии. Задачи белковой инженерии и способы их решения. План эксперимента по белковой инженерии.
- Внутримолекулярные шапероны.
- Вторичная структура белковых молекул. Предсказание элементов вторичной структуры по аминокислотной последовательности. Метод Чоу и Фасмана.
- Гликозилирование белков. Гликопротеины.
- Инженерия дисульфидных связей.
- Кассетный мутагенез.
- Каталитические свойства антител. Искусственные и природные абзимы.
- Каталитические свойства нуклеиновых кислот. Примеры рибозимов. Общие черты и особенности рибозимов и ферментов белковой природы
- Молекулярные шапероны.
- Мутагенез с использованием свойств стоп-кодонов. Введение в белки неприродных аминокислот.
- О-гликопротеины. Состав и строение углеводной части. Биосинтез.
- Олигонуклеотид-направленный сайт-специфический мутагенез. Отбор по генотипу.
- Олигонуклеотид-направленный сайт-специфический мутагенез. Отбор по генотипу.
- Первичная структура белковых молекул. Способы определения первичной структуры. Ручной метод секвенирования по Эдману.
- Получение кристаллов белков, пригодных для проведения рентгеноструктурного анализа.
- Применение белковой инженерии для оценки энергетики слабых взаимодействий. Количественная оценка вклада водородных связей.
- Применение белковой инженерии для повышения термостабильности белков
- Процессинг белков *in vivo*. Типы химических модификаций.
- Расшифровка рентгенограмм. Решение прямой и обратной задачи дифракции. Проблема фаз.
- Рентгеноструктурный анализ белков. Основные этапы метода.
- Свойства боковых радикалов аминокислот. Шкала гидропатии.
- Транслокация белков через биологические мембраны. Термодинамические особенности процесса.
- Транслокация белков через биологические мембраны. Термодинамические особенности процесса.
- Транспорт и сортировка белков в клетках.
- Фолдинг белковых молекул *in vivo*. Ферменты, катализирующие этот процесс.
- Фолдинг белковых молекул *in vivo*. Ферменты, катализирующие этот процесс.
- Фолдинг белковых молекул. Термодинамические особенности процесса *in vitro*. Роль ближних и дальних взаимодействий.
- Химический синтез олигонуклеотидов.

Примеры билетов

Билет №1

1. Белковая инженерия как новое направление молекулярной биологии и биотехнологии. Задачи белковой инженерии и способы их решения. План эксперимента по белковой инженерии.
2. Молекулярные шапероны.

Билет №4

1. Вторичная структура белковых молекул. Предсказание элементов вторичной структуры по аминокислотной последовательности. Метод Чоу и Фасмана.
2. Транслокация белков через биологические мембраны. Термодинамические особенности процесса.

Билет №9

1. Олигонуклеотид-направленный сайт-специфический мутагенез. Отбор по генотипу.
2. Процессинг белков *in vivo*. Типы химических модификаций.

Билет №12

1. Применение белковой инженерии для оценки энергетики слабых взаимодействий. Количественная оценка вклада водородных связей.
2. Фолдинг белковых молекул *in vivo*. Ферменты, катализирующие этот процесс.

Билет №15

1. Олигонуклеотид-направленный сайт-специфический мутагенез. Отбор по генотипу.
2. Транслокация белков через биологические мембраны. Термодинамические особенности процесса.

12. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

"Белковая инженерия" является междисциплинарным курсом, состоящим из двух частей. В первой части курса рассматриваются общие свойства белковых молекул, экспериментальные и теоретические методы определения структуры белков. Основное внимание в этой части следует уделить описанию метода сайт-специфического олигонуклеотиднаправленного мутагенеза, являющегося центральным методом белковой инженерии. Рекомендуется часть занятий по этим

разделам курса проводить в интерактивной форме, в частности, это касается разделов, связанных с секвенированием белков и ДНК. Подраздел "Основные функции белков" рекомендуется вынести на самостоятельную работу. Во второй части курса рассматриваются современные представления о биохимии белковых молекул и новые направления ферментативного катализа. При изучении этой части курса рекомендуется использовать электронные ресурсы, в частности ресурсы Интернета, для получения более наглядного представления о сложных превращениях, происходящих с белками в клетках живых организмов.

13. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.