

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
биологической и медицинской  
физики**

**Д.В. Кузьмин**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Методы биотехнологии растений: клеточная и генетическая инженерия
<b>по направлению:</b>	Биотехнология
<b>профиль подготовки:</b>	Биотехнология и биомедицинская информатика Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики кафедра биотехнологий и инженерии биосистем
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.Н. Федоров, заведующий кафедрой

Программа обсуждена на заседании кафедры биотехнологий и инженерии биосистем 26.02.2025

## Аннотация

В ходе изучения курса обучающиеся должны узнать о принципах конструирования рекомбинантных ДНК и современных системах доставки; узнать о новых методах редактирования геномов, сформировать навыки для идентификации рекомбинантной ДНК с помощью новейших молекулярно-биологических методов.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Формирование у магистров необходимых базовых теоретических и практических знаний и приобретение умений и навыков в области генетической и клеточной инженерии растений.

#### Задачи дисциплины

Дать представление о принципах конструирования рекомбинантных ДНК и биотехнологии производства культуры клеток растений и новых методах редактирования геномов.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен самостоятельно планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов
	ПК-3.4 Способен самостоятельно находить и осваивать новые информационные и программные ресурсы в области биоинженерии и биоинформатики
	ПК-3.5 Способен применять методы биоинженерии и биоинформатики для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- принципы создания растений с заданными свойствами и отредактированным геномом.

уметь:

- ориентироваться в современных направлениях и методах генной и клеточной инженерии.

владеть:

- основными методами и приемами, конструирования рекомбинантных молекул ДНК;
- навыками для идентификации рекомбинантной ДНК с помощью новейших молекулярно-биологических методов;
- навыками получения культур, навыками микроразмножения и культивирования растительного материала на питательных средах.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Методы генной инженерии. Ферменты генетической инженерии	6	8		15
2	Конструирование рекомбинантных ДНК. Определение нуклеотидной последовательности (секвенирование)	8	8		15
3	Культура клеток и тканей растений	8	6		25
4	Получение растений с заданными свойствами.	8	8		20
Итого часов		30	30		75
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 2 (Весенний)

###### 1. Методы генной инженерии. Ферменты генетической инженерии

История генной инженерии. Основные ферменты: рестриктазы, лигазы, полимеразы. Рестрикционное картирование как метод изучения структуры ДНК, основанный на ее разрезании с помощью специфических эндонуклеаз (рестриктаз). Рестриктазы. Множественная и неполная рестрикция. Звездчатая активность. Методы, в которых используется рестрикция.

###### 2. Конструирование рекомбинантных ДНК. Определение нуклеотидной последовательности (секвенирование)

Сборка конструкций. Секвенирование. Плазмиды. ПЦР. Высокпроизводительные методы сборки генетических конструкций. Методы, позволяющие упростить и ускорить создание конструкций ДНК, состоящих из множества вставок. Клонирование Golden Gate и его производная система модульного клонирования MoClo. Самый популярный метод сборки по Гибсону. Проблемы при создании вставок. Метод дифференциального расщепления Максама-Гилберта и метод терминации цепи Сэнгера. Секвенирование второго и третьего поколения. Состав векторных плазмид. Основы ПЦР.

###### 3. Культура клеток и тканей растений

История культивирования растительных клеток. Фитогормоны. Характеристика каллусных тканей. Принципы клонального микроразмножения. Получение, культивирование, применение гаплоидных клеток и протопластов.

###### 4. Получение растений с заданными свойствами.

Трансгенез. Редактирование геномов. Системы трансформации. Взаимодействие между агробактерией и растительной клеткой. Факторы, влияющие на эффективность трансгенеза. Программируемые инструменты манипулирования генами на основе эндонуклеаз, таких как, нуклеазы с цинковыми пальцами (ZFN), эффекторные нуклеазы, подобные активаторам транскрипции (TALEN), и связанные с кластерами короткие палиндромные повторы (CRISPR/Cas9).

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

Основная литература

Основная литература:

Литература предоставляется базовой кафедрой:

1. ПЦР в реальном времени Д. В. Ребриков [и др.] ; под ред. д. б. н. Д. В. Ребрикова. — 7-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. — 232 с.: ил.
2. NGS: высокопроизводительное секвенирование / Д. В. Ребриков [и др.] ; под общей редакцией Д. В. Ребрикова. — 2-е изд. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. — 232 с.: ил
3. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия / Р. Шмид; пер. с нем. — М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. — 325 с.: ил.
4. Генетика развития растений: для биологических специальностей университетов / Л.А. Лутова, Т.А. Ежова, И.Е. Додуева, М.А. Осипова; ред. С.Г. Инге-Вечтомов. - 2-е изд. Перераб. И доп. - СПб.: Изд-во Н-Л, 2010. - 432 с. ISBN 978-5-94869-104-6
5. Лутова Л.А., Матвеева Т.В. Генная и клеточная инженерия в биотехнологии высших растений – ЭкоВектор, 2016, 168 с.

Дополнительная литература

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Для части занятий потребуются Zoom. Google Drive для доступа к материалам курса.

Приветствуется наличие во время занятий смартфонов/ноутбуков для участия в интерактивных упражнениях.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;

- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Биотехнология  
**профиль подготовки:** Биотехнология и биомедицинская информатика  
Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики  
кафедра биотехнологий и инженерии биосистем  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** А.Н. Федоров, заведующий кафедрой

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен самостоятельно планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов
	ПК-3.4 Способен самостоятельно находить и осваивать новые информационные и программные ресурсы в области биоинженерии и биоинформатики
	ПК-3.5 Способен применять методы биоинженерии и биоинформатики для получения биологических объектов с целенаправленно измененными свойствами

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Методы биотехнологии растений: клеточная и генетическая инженерия» обучающийся должен:

### знать:

- принципы создания растений с заданными свойствами и редактированным геномом.

### уметь:

- ориентироваться в современных направлениях и методах генной и клеточной инженерии.

### владеть:

- основными методами и приемами, конструирования рекомбинантных молекул ДНК;
- навыками для идентификации рекомбинантной ДНК с помощью новейших молекулярно-биологических методов;
- навыками получения культур, навыками микроразмножения и культивирования растительного материала на питательных средах.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Во время текущего контроля студент должен уметь ответить на следующие вопросы:

1. Дайте определение понятию «генетическая инженерия»
2. Укажите начало послепастеровского периода в развитии биотехнологии
3. К какому периоду развития биотехнологии относится разработка технологии рекомбинантных днк?
4. Кто открыл микроорганизмы и ввел понятие биообъекта?
5. Что являлось целью проекта «геном человека»?
6. Какой средний размер участков узнавания рестриктаз?
7. Какой тип рестриктаз распознаёт последовательности, содержащие метилированные нуклеотиды?
8. Что такое гетерошизомеры?
9. Перечислите типы эндонуклеаз рестрикции по отношению к метилированию.

10. Как изменяется активность рестриктазы в зависимости от расположения сайта рестрикции на ДНК?

Во время занятий могут проходить интерактивные обсуждения в чатах курса, что будет являться домашним заданием. Возможно выполнение патентного поиска в качестве самостоятельной задачи. Успешное выполнение всех заданий по курсу и выполнение контрольных срезов знаний дает преимущество на дифференцированном зачете.

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Билеты составляются из типовых вопросов курса:

1. Что обозначает термин «тотипотентность»?
2. Какие ферменты используют при работе с протопластами?
3. Приведите примеры использования протопластов.
4. Из какого организма получили Vt-гены для защиты растений от насекомых?
5. Какие варианты генетического редактирования растений можно приравнять к естественным процессам и классической селекции?
6. Что такое TALE повторы и как их используют в генетической инженерии?
7. Из чего состоят белки TALE?
8. Какова основная функция системы CRISPR-Cas9 у бактерий?
9. Какие основные недостатки системы CRISPR-Cas9?
10. Какова максимальная выдержка семенного материала в стерилизующем растворе?
11. Что такое рестрикция? Рестриктазы?
12. К чему приведет снижение концентрации фермента при рестрикции?
13. Какие рестриктазы, узнавая один и тот же сайт на ДНК, производят разрывы в разных точках в пределах того же сайта?
14. Как активность рестриктазы изменяется в зависимости от расположения сайта рестрикции на цепи ДНК?
15. Назовите факторы, влияющие на появление звездчатой активности.
16. Для чего применяется RFLP?
17. Для чего используют фосфорилирование вектора после рестрикции?
18. Перечислите типы жизненного цикла бактериофага и их особенности.
19. Перечислите методы доставки вектора в организм хозяина.
20. На чем основан процесс лигирования? Когда используют?
21. Какие вы знаете методы высокопроизводительной сборки генетических конструкций?
22. Какой тип фермента используется при ТОРО-клонировании?
23. Какой метод сборки генетических конструкций основан на гомологичной рекомбинации?
24. Для чего проводится дефосфорилирование вектора при сборке конструкций?
25. Какие высокопроизводительные методы клонирования позволяют создавать бесшовные конструкции?
26. Какой метод секвенирования предшествовал методу Сенгера?
27. Что такое NGS?
28. Что такое barcode?
29. Опишите принцип метода секвенирования по Сенгеру.
30. Что такое плазида?
31. Назовите минимальный состав плазмидного вектора.
32. Чем обусловлено наличие групп несовместимости плазмид?
33. Какая плазида быстрее продвигается в геле в условиях электрофореза: спирализованная или линейаризованная?
34. Какова функция DUE-сайта?
35. Что такое ПЦР?
36. Перечислите этапы ПЦР.

37. Какие компоненты необходимы для проведения ПЦР?
38. Какую функцию выполняет полимеразы? Чем блокируется hot start полимеразы (при хранении)?
39. Как подбирают праймеры? Чего нужно избегать при подборе праймеров?
40. Как называется совокупность методов, позволяющих переносить информацию из одного организма в другой?
41. Какие методы прямой трансформации растений вы знаете?
42. Назовите принципиальные этапы получения трансгенных растений.
43. Перечислите недостатки биобаллистического метода трансформации растительного генома.
44. Что такое селективные маркеры и гены-репортеры?
45. На какие полезные признаки растений чаще всего направлена генетическая трансформация?
46. Что такое фитогормоны?
47. Какие вещества входят в состав питательных сред в культуре клеток и тканей растений *in vitro*?
48. Какая концентрация сахарозы содержится в 1 литре искусственных питательных сред?
49. Каким образом обеспечивается стерильность питательных сред?

#### Критерии оценивания

Оценка отлично (10 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5 баллов) - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2 балла) - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1 балл) - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.