

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

УТВЕРЖДЕНО

**Директор физтех-школы физики
и исследований им. Ландау
А.В. Рогачев**

	Рабочая программа дисциплины (модуля)
по дисциплине:	Геномика микроорганизмов
по направлению:	Прикладные математика и физика
профиль подготовки:	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау кафедра биофизики
курс:	1
квалификация:	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: И.В. Манухов, д-р биол. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры биофизики 27.01.2025

Аннотация

Геномика как наука зародилась в XX веке. В фокусе этой дисциплины находится геном - детальный план, по которому построены все живые существа, и который предоставляет мощный инструмент для их понимания и использования на благо человечества. Главной трудностью на пути установления и понимания этого плана является проблема его огромных размеров. XXI век принес с собой методы высокопроизводительного секвенирования, которые позволяют определять последовательности нуклеиновых кислот большой длины и с поразительной скоростью. Таким образом, геном человека можно «прочитать» всего за 1000 долларов США. Однако, чтобы полноценно воспользоваться всеми преимуществами этих методов нам необходимо детально понимать правила организации и функционирования геномов (своего рода «операционную систему»), которые остаются далеко за пределами досягаемости как применительно к человеческому организму, так и вообще к многоклеточным организмам, которые имеют несколько уровней организации. На другом конце шкалы сложности находятся микробы: вирусы, бактерии и археи. Эти на первый взгляд простые организмы обладают длительной эволюционной историей, которая охватывает значительную часть истории нашей планеты, и, одновременно с тем они являются предками для большей части генетического разнообразия, присутствующего сейчас на Земле (включая геном человека).

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Целью курса является ознакомление студентов с современными методами и подходами к анализу геномов микроорганизмов и изучению их биоразнообразия.

Задачи дисциплины

Дать обзор структуры и функций геномов с акцентом на прокариотических микроорганизмах и инструментов для их изучения (биоинформатика), необходимых для обработки больших массивов биологических последовательностей. Курс разделен на теоретические и практические (биоинформатические) занятия.

2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.2 Владеет навыками, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных академических текстов (рефератов, эссе, обзоров, статей и т.д.)
	УК-4.3 Способен представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия

УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)
	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
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)

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

главные правила и закономерности, определяющие структуру геномов и их связь с жизнедеятельностью микроорганизмов.

уметь:

- 1) Работать с большими массивами биологических последовательностей.
- 2) Использовать программы для идентификации и аннотирования генов, сборки геномов и метагеномов и анализа необработанных последовательностей.
- 3) Выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах;
- 4) Критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника;
- 5) Генерировать новые идеи и методические решения;
- 6) Осуществлять проектирование своей научной деятельности;
- 7) Представлять свои научные результаты в устных докладах.

владеть:

- 1) Методами теоретического и экспериментального исследования;
- 2) Навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных), обработки, анализа и систематизации информации;
- 3) Навыками критического анализа и оценки современных научных достижений.

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	Введение в микробиологию	2	2		4
2	Структура и функционирование бактериальных геномов	2	2		4
3	Сравнительная геномика	2	2		4
4	Филогенетика и эволюция	2	2		4
5	Секвенирование сообществ: метагеномика	2	2		4
6	Транскриптомика и протеомика	2	2		4
7	Геномы вирусов и протистов	3	3		6
Итого часов		15	15		30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 1 (Осенний)

1. Введение в микробиологию

Краткий обзор биологии бактерий и архей, классификации микроорганизмов.

2. Структура и функционирование бактериальных геномов

Общие особенности организации бактериальных репликонов, включая типы, топологию, общие свойства и параметры, и т.п.

3. Сравнительная геномика

Внутривидовое разнообразие геномов: пангеном. Коровий геном. Гомология. Кластеры генов. Аннотация геномов.

4. Филогенетика и эволюция

Использование последовательностей как молекулярных хронометров. Концепция филогении. Синтетическая теория эволюции. Популяционная генетика и геномика. Вертикальная и горизонтальная наследственность.

5. Секвенирование сообществ: метагеномика

Методологические основы метагеномики. Базовые принципы микробной экологии. Секвенирование и сборка метагеномов. Биологическое разнообразие микробных сообществ.

6. Транскриптомика и протеомика

Генотип и фенотип бактерий. Механизмы регуляции. Методологические основы изучения экспрессии генов в микроорганизмах и их сообществах.

7. Геномы вирусов и протистов

Классификация вирусов. Фаговые геномы как репликоны. Вирусы животных и растений. Введение в цитологию эукариотической клетки. Классификация протистов.

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

1. Учебная аудитория с медиапроектором и экраном, доступом в сеть Интернет.
2. Необходимое программное обеспечение.
3. Обеспечение самостоятельной работы - базы данных по журналам.

6.Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Structure and Function of the Bacterial Genome, Charles J. Dorman. 2020 John Wiley & Sons, Inc.
2. Sequence, Evolution, Function, Koonin and Galperin, Kluwer Academic Publishers, 3003.

Дополнительная литература

1. Computing for Comparative Genomics, Ussery. Springer 2008.

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)

При подготовке и проведении лекционных занятий используется сеть интернет.
Кроме того, используется Libre Office, а также графический пакет Ink Scape.

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 и понятия, 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 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.

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

по направлению: Прикладные математика и физика
профиль подготовки: Общая и прикладная физика
Физтех-школа физики и исследований им. Ландау
кафедра биофизики
курс: 1
квалификация: магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

Разработчик: И.В. Манухов, д-р биол. наук

1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-4 Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	УК-4.1 Способен вести обмен деловой информацией в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и не менее чем на одном иностранном языке
	УК-4.2 Владеет навыками, необходимыми для написания, письменного перевода и редактирования различных академических текстов (рефератов, эссе, обзоров, статей и т.д.)
	УК-4.3 Способен представлять результаты академической и профессиональной деятельности на различных научных мероприятиях, включая международные
	УК-4.4 Способен использовать современные средства информационно-коммуникационных технологий для академического и профессионального взаимодействия
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.1 Умеет решать задачи собственного личностного и профессионального развития, определять и реализовывать приоритеты совершенствования собственной деятельности
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)

ограничения различных методов решения	ОПК-3.3 Владеет аналитическими и вычислительными методами решения, понимает и учитывает на практике границы применимости получаемых решений
ОПК-4 Способен успешно реализовывать решение поставленной задачи, провести анализ результата и представить выводы, применяя знания и навыки в области физико-математических наук и информационно-коммуникационных технологий	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
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

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Геномика микроорганизмов» обучающийся должен:

знать:

главные правила и закономерности, определяющие структуру геномов и их связь с жизнедеятельностью микроорганизмов.

уметь:

- 1) Работать с большими массивами биологических последовательностей.
- 2) Использовать программы для идентификации и аннотирования генов, сборки геномов и метагеномов и анализа необработанных последовательностей.
- 3) Выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах;
- 4) Критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника;
- 5) Генерировать новые идеи и методические решения;
- 6) Осуществлять проектирование своей научной деятельности;
- 7) Представлять свои научные результаты в устных докладах.

владеть:

- 1) Методами теоретического и экспериментального исследования;
- 2) Навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных), обработки, анализа и систематизации информации;
- 3) Навыками критического анализа и оценки современных научных достижений.

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

Примеры тем курсовых работ/рефератов:

1. Внутривидовое разнообразие геномов.
2. Концепция филогении. Синтетическая теория эволюции. Популяционная генетика и геномика.
3. Методологические основы метагеномики.
4. Методологические основы изучения экспрессии генов в микроорганизмах и их сообществах.
5. Вирусы животных и растений.

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

Перечень контрольных вопросов:

1. Составить список подходов к определению начала репликации в бактериальной хромосоме
2. Описать различные топологии бактериальных репликонов.
3. Определите пангеном и объясните подходы к его описанию.
4. Какую степень сохранения синтении вы ожидаете при сравнении двух видов бактерий одного и того же рода, имея в виду: полный геном, опероны, расположение тРНК, расположение IS-элементов.
5. Какие алгоритмы можно использовать для построения филогенетического дерева 16S рРНК? Что такое филогеномное дерево? Как вы определяете покрытие?
6. Определите и приведите примеры горизонтального переноса генов.
7. Какая польза от фосмидных библиотек в современной метагеномике, если таковые имеются?
8. Опишите шаги по созданию генома из метагенома.
9. Преимущества и недостатки одиночных амплифицированных геномов.
10. Как определить сайт начала транскрипции гена?

Примеры экзаменационных билетов

Билет 1.

1. Какую степень сохранения синтении вы ожидаете при сравнении двух видов бактерий одного и того же рода, имея в виду: полный геном, опероны, расположение тРНК, расположение IS-элементов.
2. Опишите шаги по созданию генома из метагенома.

Билет 2.

1. Определите и приведите примеры горизонтального переноса генов.
2. Определите пангеном и объясните подходы к его описанию.

Билет 3.

1. Описать различные топологии бактериальных репликонов.
2. Преимущества и недостатки одиночных амплифицированных геномов.

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

Дифференцированный зачет проводится в устной форме по билетам. В каждом билете представлено два теоретических вопроса. При проведении дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.