

**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)
по дисциплине:	Изучение живых систем: от идей к научному знанию и технологиям
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: 1 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: А.А. Кочкаров, д-р техн. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры биотехнологий и инженерии биосистем 26.02.2025

Аннотация

По итогам курса слушатели должны научиться видеть общую картину научного развития в биологии и биоинженерии, логику научного поиска; должны научиться логически мыслить в проблематике биологических дисциплин и самим формулировать задачи.

Материалы лекций с анализом существующих и формирующихся тенденций в биологии позволят слушателям сформировать представление о перспективах развития биологии и биотехнологий и, соответственно, области, интересные для себя и перспективные с точки зрения будущей работы

1. Цели и задачи

Цель дисциплины

Сформировать у студентов представление о логике научного поиска в биологии, проследить, как формировались и затем менялись основные научные догмы молекулярной биологии, как формировались биотехнологические процессы, как они менялись с развитием научных знаний и трансформировались в современный вид, какие перспективы развития биотехнологий и от чего они зависят, что такое синтетическая (инженерная) биология.

Задачи дисциплины

Задачей курса не является подмена учебных курсов (модулей) по молекулярной биологии, физике белка, информационным методам в биологии и т.д. Используемый материал будет показывать, насколько часто все факты и необходимые технологии уже существуют по отдельности и известны, и главное, что требуется, это увидеть факты и сформулировать задачу. Еще одной задачей является показать, что изучение биологических объектов и процессов сейчас невозможно без подходов, объединяющих математические, физические и химические методы, наряду с традиционными методами биохимии и других биологических дисциплин.

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-1.3 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-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области биологических и физико-математических наук	ОПК-1.4 Способен планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские работы в области биотехнологии, проводить корректную обработку результатов экспериментов и делать обоснованные заключения и выводы
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в областях химии, биологии, математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области биологических и физико-математических наук

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-4.5 Способен к постановке научно-технических задач с использованием биотехнологических процессов и соответствующего оборудования
	ОПК-4.4 Способен к оценке, анализу и интерпретации полученных в результате биотехнологических процессов данных
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные концепции и принципы организации живых систем на разных уровнях (молекулярном, клеточном, организменном, популяционном);
- современные методы исследования живых систем, включая экспериментальные и компьютерные подходы;
- основные направления применения знаний о живых системах в биотехнологии, медицине и экологии;
- ключевые этапы развития научных представлений о живых системах и их роль в формировании современной биологии.

уметь:

- анализировать и интерпретировать данные, полученные в результате исследований живых систем;
- применять системный подход для решения задач в области биологии и биотехнологии;
- использовать специализированные базы данных и программное обеспечение для анализа биологической информации;
- критически оценивать научную литературу и предлагать новые идеи для исследований.

владеть:

- навыками работы с современным лабораторным оборудованием (если предусмотрено программой);
- методами биоинформатического анализа (поиск в базах данных, анализ последовательностей, моделирование);
- навыками презентации научных результатов (устные доклады, написание рефератов, подготовка презентаций);
- навыками проектной работы, включая постановку задач, планирование экспериментов и анализ результатов.

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	История биологических открытий		10		10

2	Современная молекулярная биология и современные биотехнологии		10		10
3	Синтетическая биология, физика белка, и вычислительные технологии		10		10
Итого часов			30		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. История биологических открытий

История биологических открытий как история идей.

Формирование основных догм молекулярной биологии и их трансформация в современный вид.

Концепции, перевернувшие молекулярную биологию – прионы.

Концепции, перевернувшие молекулярную биологию – молекулярные шапероны.

2. Современная молекулярная биология и современные биотехнологии

Основа основ современной молекулярной биологии – методы амплификации ДНК. Логика и идеи, стоящие за методами. Люди, стоящие за открытиями – кто и что именно открыл?

Начала биотехнологии.

Пастер как родоначальник всей биотехнологии в современном понимании. Классический и генно-инженерный подходы для изучения натуральных продуктов. Предмет и задачи биотехнологии. «Цветной код» биотехнологии.

Современные биотехнологии – пределы эффективности.

Разнообразие биотехнологических методов и подходов- инженерия – от молекулярного уровня до организмов. Крупнейшие биотехнологические производства и продукты в мире. Производство фруктозо-глюкозных сиропов как крупнейший вид биотехнологического производства и триумф ферментных технологий.

3. Синтетическая биология, физика белка, и вычислительные технологии

Физические основания биологии – физика белка.

Жизнь с точки зрения математики.

Биологические процессы с точки зрения неравновесной термодинамики.

Вычисления и математические действия с помощью ДНК – игра в бисер (С), Г. Гессе) или новая часть в развитии биологии?

Синтетическая биология – просто новое название, хайп, или отражение развития в биотехнологиях и понимания биологических процессов в целом?

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

Предоставляется на кафедре:

1. Fedorov, A. N., and T. O. Baldwin. «Contribution of Cotranslational Folding to the Rate of Formation of Native Protein Structure». 1995. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 92, no. 4: 1227–31.
2. Fedorov, A. N., and T. O. Baldwin. «GroE Modulates Kinetic Partitioning of Folding Intermediates between Alternative States to Maximize the Yield of Biologically Active Protein». 1997. Journal of Molecular Biology 268, no. 4: 712–23.
3. Pelham, H. R. «Speculations on the functions of the major heat shock and glucose-regulated proteins». 1986. Cell. 46(7):959-61.
4. Prusiner, S. B. «Novel proteinaceous infectious particles cause scrapie». 1982. Science. 216, 136–144.
5. Prusiner, S. B., Scott M. R., DeArmond S. J., Cohen F. E. «Prion Protein Biology». 1998. Cell. 93(3): 337–348.
6. R K Saiki, S Scharf, F Faloona, K B Mullis, G T Horn, H A Erlich, N Arnheim. «Enzymatic amplification of beta-globin genomic sequences and restriction site analysis for diagnosis of sickle cell anemia». 1985. Science. 230(4732):1350-4.

Дополнительная литература

Предоставляется на кафедре:

1. Matthew Meselson, and Franklin W. Stahl «The replication of DNA in Escherichia coli». 1958. PNAS. no. 44(7): 671–82.
2. U K Laemmli. «Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4». 1970. Nature. 15;227(5259):680-5.
3. Anfinsen, C.B., Harrington, W.F., Hvidt, Aa, Linderström-Lang, K., Ottesen, M. and Schellman, J. «Studies on the structural basis of ribonuclease activity». 1955. Biochim. et Biophys. Acta. no. 1(7): 141-142.
4. Levinthal, C. How to Fold Graciously. Mössbauer Spectroscopy in Biological Systems Proceedings. Proceedings of a Meeting Held at Allerton House, Monticello, Illinois. University of Illinois Bulletin. 1969. 67, 22-26.

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

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov>

Базы данных: NCBI, UniProt, KEGG.

Онлайн-курсы: Coursera, edX (например, "Introduction to Systems Biology").

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 потребуется 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: 1 (осенний) - Экзамен

Разработчик: А.А. Кочкаров, д-р техн. наук, профессор

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-1.3 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-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними
ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области биологических и физико-математических наук	ОПК-1.4 Способен планировать, организовывать и проводить научно-исследовательские работы в области биотехнологии, проводить корректную обработку результатов экспериментов и делать обоснованные заключения и выводы
	ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в областях химии, биологии, математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности
	ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области биологических и физико-математических наук
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-4.5 Способен к постановке научно-технических задач с использованием биотехнологических процессов и соответствующего оборудования
	ОПК-4.4 Способен к оценке, анализу и интерпретации полученных в результате биотехнологических процессов данных
	ОПК-4.3 Способен аргументировано выбирать способ проведения научного исследования
	ОПК-4.2 Способен применять знания в области физико-математических наук для решения поставленной задачи, формулирования выводов и оценки полученных результатов
	ОПК-4.1 Способен применять знания и навыки по использованию информационно-коммуникационных технологий для поиска и изучения научной литературы, применения прикладных программных продуктов

2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Изучение живых систем: от классического научного знания и технологиям» обучающийся должен:

знать:

- основные концепции и принципы организации живых систем на разных уровнях (молекулярном, клеточном, организменном, популяционном);
- современные методы исследования живых систем, включая экспериментальные и компьютерные подходы;
- основные направления применения знаний о живых системах в биотехнологии, медицине и экологии;
- ключевые этапы развития научных представлений о живых системах и их роль в формировании современной биологии.

уметь:

- анализировать и интерпретировать данные, полученные в результате исследований живых систем;
- применять системный подход для решения задач в области биологии и биотехнологии;
- использовать специализированные базы данных и программное обеспечение для анализа биологической информации;
- критически оценивать научную литературу и предлагать новые идеи для исследований.

владеть:

- навыками работы с современным лабораторным оборудованием (если предусмотрено программой);
- методами биоинформатического анализа (поиск в базах данных, анализ последовательностей, моделирование);
- навыками презентации научных результатов (устные доклады, написание рефератов, подготовка презентаций);
- навыками проектной работы, включая постановку задач, планирование экспериментов и анализ результатов.

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

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

1. Основные виды биотехнологических процессов, их цветная классификация.
2. Основные характеристики и различия биотехнологических процессов (по продуктам и задачам использования), пример одной из крупных биотехнологий.
3. Рекомбинантные ферменты в биотехнологиях, основные классы ферментов и направления использования.
4. Биоинженерия улучшенных и новых рекомбинантных ферментов для биотехнологических процессов, изменяемые характеристики (специфичность, активность, стабильность) и применяемые подходы.
5. Чем знание физики белков помогает в инженерии рекомбинантных белков и каким образом.
6. Основные понятия и концепции сворачивания (фолдинга) белков. Насколько важно (и важно ли) в инженерии белков.
7. Молекулярные шапероны: базовая концепция, физические принципы действия, примеры групп шаперонов.
8. Прионы: история открытия, базовая концепция, физические принципы действия.
9. Виды реакций амплификации нуклеиновых кислот, основные принципы и характеристики.
10. Полимеразная цепная реакция: принцип, история и этапы открытия.

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 экзамене.

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

Билеты составляются из типовых вопросов курса:

1. Полимеразная цепная реакция: современные направления использования, достигаемые параметры (чувствительность, точность).

2. Редактирование геномов: основные используемые подходы.
3. CRISPR – Cas система редактирования геномов.
4. Genome rewriting: что это и для каких целей может использоваться.
5. Основные методы и подходы лабораторной молекулярной эволюции.
6. Основные методы и подходы лабораторной эволюции клеток.
7. Биоинформатика генов и геномов: подходы, изучаемые параметры и характеристики.
8. Биоинформатика белков: подходы, изучаемые параметры и характеристики.
9. Альфафолд: что это такое, какую информацию дает. Высказать суждение, почему он вообще способен предсказывать структуры белков.
10. Искусственный интеллект в обработке и представлении информации.
11. Искусственный интеллект в исследовании живых систем: направления использования.
12. ДНК как инструмент для вычислений и математических действий: основные подходы и возможные направления использования.
13. Синтетическая (инженерная) биология: смысл концепции, направления исследования и области применения (привести несколько примеров).

Примеры билетов:

Билет №1

1. Искусственный интеллект в обработке и представлении информации.
2. Искусственный интеллект в исследовании живых систем: направления использования.

Билет №2

1. Genome rewriting: что это и для каких целей может использоваться.
2. Основные методы и подходы лабораторной молекулярной эволюции.

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 экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.