

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Moscow
Institute of Physics and Technology
(National Research University)"**

APPROVED
**Head of the Phystech School of
Biological and Medical Physics**
D.V. Kuzmin

Work program of the course (training module)

course: Molecular and Cell Biology/Молекулярная и клеточная биология
major: Biotechnology
specialization: Medical Biotechnology/Медицинская биотехнология
Phystech School of Biological and Medical Physics
Center for educational programs in bioinformatics
term: 1
qualification: Master

Semester, form of interim assessment: 1 (fall) - Exam

Academic hours: 30 AH in total, including:

lectures: 0 AH.

seminars: 30 AH.

laboratory practical: 0 AH.

Independent work: 75 AH.

Exam preparation: 30 AH.

In total: 135 AH, credits in total: 3

Author of the program: A.V. Belikov, phd (candidate of biological sciences)

The program was discussed at the Center for educational programs in bioinformatics 04.06.2020

Annotation

Целью данной дисциплины является познакомить студентов с основными понятиями молекулярной и клеточной биологии. Студент после освоения курса будет понимать фундаментальные понятия и принципы молекулярной и клеточной биологии, структуру и функции белков и нуклеиновых кислот, механизмы репликации, репарации и рекомбинации ДНК, транскрипции и трансляции, а также контроля экспрессии генов, структуру и функции клеточных мембран, внутриклеточных отсеков, цитоскелета, межклеточных соединений и внеклеточного матрикса, механизмы мембранного транспорта малых молекул, сортировки белков и внутриклеточного мембранного транспорта, механизмы преобразования энергии митохондриями и хлоропластами, передачи сигналов в клетке, клеточного цикла и смерти клетки, функции стволовых клеток и механизмы обновления тканей.

1. Study objective

Purpose of the course

познакомить студентов с основными понятиями молекулярной и клеточной биологии.

Tasks of the course

- освоение студентами базовых терминов и концепций молекулярной и клеточной биологии;
- приобретение студентами способности к применению полученных знаний;
- оказание консультаций и помощи студентам в ходе освоения материала;

2. List of the planned results of the course (training module), correlated with the planned results of the mastering the educational program

Mastering the discipline is aimed at the formation of the following competencies:

Code and the name of the competence	Competency indicators
UC-1 Use a systematic approach to critically analyze a problem and develop an action plan	UC-1.1 Systematically analyze the problem situation, identify its components and the relations between them
	UC-1.2 Search for solutions by using available sources
	UC-1.3 Develop a step-by-step strategy for achieving a goal, foresee the result of each step, evaluate the overall impact on the planned activity and its participants
Gen.Pro.C-3 Select and/or develop approaches to professional problem-solving with consideration to the limitations and specifics of different solution methods	Gen.Pro.C-3.1 Analyze problems, plan research strategy to achieve solution(s), propose, and combine solution approaches
	Gen.Pro.C-3.2 Employ research methods to solve new problems and apply knowledge from various fields of science (technology)
	Gen.Pro.C-3.3 Gain knowledge of analytical and computational methods of problem-solving, understand the limitations for applying the obtained solutions in practice
	Gen.Pro.C-3.4 Professionally operate and upgrade modern bioinstrumentation
	Gen.Pro.C-3.5 Has the skills to design new bioinformatics solutions for the scientific, technical, biotechnological task at hand
Pro.C-2 Organize and conduct scientific research and testing independently or as a member (leader) of a small research team	Pro.C-2.1 Plan and conduct scientific research independently or as part of a research team
	Pro.C-2.2 Conduct tests of research results through scientific publications and participation in conferences

3. List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should:

know:

- фундаментальные понятия и принципы молекулярной и клеточной биологии;
- структуру и функции белков и нуклеиновых кислот;
- механизмы репликации, репарации и рекомбинации ДНК, транскрипции и трансляции, а также контроля экспрессии генов;
- структуру и функции клеточных мембран, внутриклеточных отсеков, цитоскелета, межклеточных соединений и внеклеточного матрикса;
- механизмы мембранного транспорта малых молекул, сортировки белков и внутриклеточного мембранного транспорта;
- механизмы преобразования энергии митохондриями и хлоропластами, передачи сигналов в клетке, клеточного цикла и смерти клетки;
- функции стволовых клеток и механизмы обновления тканей.

be able to:

- применять полученные фундаментальные знания о молекулярной и клеточной биологии для планирования научных экспериментов;
- применять полученные фундаментальные знания о молекулярной и клеточной биологии для решения практических задач, в том числе в биотехнологии и медицине.

master:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- терминологией, включая специальные термины в достаточном объеме.

4. Content of the course (training module), structured by topics (sections), indicating the number of allocated academic hours and types of training sessions

4.1. The sections of the course (training module) and the complexity of the types of training sessions

№	Topic (section) of the course	Types of training sessions, including independent work			
		Lectures	Seminars	Laboratory practical	Independent work
1	Клетки и геномы. Биохимия и биоэнергетика		3		8
2	Белки. ДНК, хромосомы и геномы		3		8
3	Репликация, репарация и рекомбинация ДНК. Как клетки читают геном		3		8
4	Контроль экспрессии генов		3		8
5	Структура мембраны. Мембранный транспорт малых молекул и электрические свойства мембран		3		8
6	Внутриклеточные отсеки и сортировка белков. Внутриклеточный мембранный транспорт		3		8
7	Цитоскелет. Межклеточные соединения и внеклеточный матрикс		3		8
8	Преобразование энергии: митохондрии и хлоропласты. Передача сигналов в клетке		3		8
9	Клеточный цикл. Смерть клетки		3		8
10	Стволовые клетки и обновление тканей		3		3
АН in total			30		75
Exam preparation		30 АН.			

Total complexity	135 АН., credits in total 3
------------------	-----------------------------

4.2. Content of the course (training module), structured by topics (sections)

Semester: 1 (Fall)

1. Клетки и геномы. Биохимия и биоэнергетика

Универсальные особенности клеток на Земле. Разнообразие геномов и древо жизни. Генетическая информация у эукариот. Химические компоненты клетки. Катализ и использование энергии клетками. Как клетки получают энергию из пищи.

2. Белки. ДНК, хромосомы и геномы

Химические компоненты клетки. Катализ и использование энергии клетками. Как клетки получают энергию из пищи. Структура и функция ДНК. Хромосомная ДНК и ее упаковка в хроматиновое волокно. Структура и функция хроматина. Глобальная структура хромосом. Как эволюционируют геномы.

3. Репликация, репарация и рекомбинация ДНК. Как клетки читают геном

Поддержание последовательностей ДНК. Механизмы репликации ДНК. Инициирование и завершение репликации ДНК в хромосомах. Репарация ДНК. Гомологичная рекомбинация. Транспозиция и консервативная сайт-специфическая рекомбинация. От ДНК к белку. От ДНК к РНК. От РНК к белку. Мир РНК и истоки жизни.

4. Контроль экспрессии генов

Обзор генного контроля. Контроль транскрипции с помощью специфичных для последовательности ДНК-связывающих белков. Регуляторы транскрипции включают и выключают гены. Молекулярно-генетические механизмы, которые создают и поддерживают специализированные типы клеток. Механизмы, усиливающие клеточную память в растениях и животных. Посттранскрипционный контроль. Регуляция экспрессии генов некодирующими РНК.

5. Структура мембраны. Мембранный транспорт малых молекул и электрические свойства мембран

Липидный бислой. Мембранные белки. Принципы мембранного транспорта. Транспортёры и активный мембранный транспорт. Каналы и электрические свойства мембран.

6. Внутриклеточные отсеки и сортировка белков. Внутриклеточный мембранный транспорт

Компартментализация клеток. Транспорт молекул между ядром и цитозолем. Транспорт белков в митохондрии и хлоропласты. Пероксисомы. Эндоплазматическая сеть. Молекулярные механизмы мембранного транспорта и поддержания компартментального разнообразия. Транспорт от ЭР через аппарат Гольджи. Транспорт из сети транс-Гольджи в лизосомы. Транспорт в клетку из плазматической мембраны: эндоцитоз. Транспорт из сети транс-Гольджи в межклеточное пространство: экзоцитоз.

7. Цитоскелет. Межклеточные соединения и внеклеточный матрикс

Функция и происхождение цитоскелета. Актин и актин-связывающие белки. Миозин и актин. Микротрубочки. Промежуточные волокна и септины. Поляризация и миграция клеток. Межклеточные соединения. Внеклеточный матрикс животных. Соединения клетка-матрикс. Стенка растительной клетки.

8. Преобразование энергии: митохондрии и хлоропласты. Передача сигналов в клетке

Митохондрия. Протонные насосы электрон-транспортной цепи. Производство АТФ в митохондриях. Хлоропласты и фотосинтез. Генетические системы митохондрий и хлоропластов. Принципы передачи сигналов в клетке. Передача сигналов через рецепторы, связанные с g-белком. Передача сигналов через ферментативные рецепторы. Альтернативные пути передачи сигналов в регуляции генов. Передача сигналов в растениях.

9. Клеточный цикл. Смерть клетки

Обзор клеточного цикла. Система контроля клеточного цикла. S фаза. Митоз. Цитокинез. Мейоз. Контроль клеточного деления и клеточного роста.

10. Стволовые клетки и обновление тканей

Стволовые клетки и обновление эпителиальных тканей. Фибробласты и их трансформации: семейство клеток соединительной ткани. Генезис и регенерация скелетных мышц. Кровеносные сосуды, лимфатические сосуды и эндотелиальные клетки. Иерархическая система стволовых клеток: образование клеток крови. Регенерация и репарация. Репрограммирование клеток и плюрипотентные стволовые клетки.

5. Description of the material and technical facilities that are necessary for the implementation of the educational process of the course (training module)

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного / семинарского типа;
- компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, звуковая система);
- индивидуальные вычислительные средства студентов (персональные компьютеры) для выполнения домашних заданий.

6. List of the main and additional literature, that is necessary for the course (training module) mastering

Main literature

Предоставляется на кафедре:

Molecular biology of the cell / Bruce Alberts, Alexander Johnson, Julian Lewis, David Morgan, Martin Raff, Keith Roberts, Peter Walter ; with problems by John Wilson, Tim Hunt. - Sixth edition. Published by Garland Science, Taylor & Francis Group, LLC

Additional literature

Предоставляется на кафедре:

Molecular cell biology / Harvey Lodish, Arnold Berk, Chris A. Kaiser, Monty Krieger, Anthony Bretscher, Hidde Ploegh, Angelika Amon, Kelsey C. Martin. - Eighth edition. Published by W. H. Freeman and Company, Macmillan Learning

7. List of web resources that are necessary for the course (training module) mastering

<https://scholar.google.com/>
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>

8. List of information technologies used for implementation of the educational process, including a list of software and information reference systems (if necessary)

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. Guidelines for students to master the course

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.

Assessment funds for course (training module)

major: Biotechnology
specialization: Medical Biotechnology/Медицинская биотехнология
Phystech School of Biological and Medical Physics
Center for educational programs in bioinformatics
term: 1
qualification: Master

Semester, form of interim assessment: 1 (fall) - Exam

Author: A.V. Belikov, phd (candidate of biological sciences)

1. Competencies formed during the process of studying the course

Code and the name of the competence	Competency indicators
UC-1 Use a systematic approach to critically analyze a problem and develop an action plan	UC-1.1 Systematically analyze the problem situation, identify its components and the relations between them
	UC-1.2 Search for solutions by using available sources
	UC-1.3 Develop a step-by-step strategy for achieving a goal, foresee the result of each step, evaluate the overall impact on the planned activity and its participants
Gen.Pro.C-3 Select and/or develop approaches to professional problem-solving with consideration to the limitations and specifics of different solution methods	Gen.Pro.C-3.1 Analyze problems, plan research strategy to achieve solution(s), propose, and combine solution approaches
	Gen.Pro.C-3.2 Employ research methods to solve new problems and apply knowledge from various fields of science (technology)
	Gen.Pro.C-3.3 Gain knowledge of analytical and computational methods of problem-solving, understand the limitations for applying the obtained solutions in practice
	Gen.Pro.C-3.4 Professionally operate and upgrade modern bioinstrumentation
	Gen.Pro.C-3.5 Has the skills to design new bioinformatics solutions for the scientific, technical, biotechnological task at hand
Pro.C-2 Organize and conduct scientific research and testing independently or as a member (leader) of a small research team	Pro.C-2.1 Plan and conduct scientific research independently or as part of a research team
	Pro.C-2.2 Conduct tests of research results through scientific publications and participation in conferences

2. Competency assessment indicators

As a result of studying the course the student should:

know:

- фундаментальные понятия и принципы молекулярной и клеточной биологии;
- структуру и функции белков и нуклеиновых кислот;
- механизмы репликации, репарации и рекомбинации ДНК, транскрипции и трансляции, а также контроля экспрессии генов;
- структуру и функции клеточных мембран, внутриклеточных отсеков, цитоскелета, межклеточных соединений и внеклеточного матрикса;
- механизмы мембранного транспорта малых молекул, сортировки белков и внутриклеточного мембранного транспорта;
- механизмы преобразования энергии митохондриями и хлоропластами, передачи сигналов в клетке, клеточного цикла и смерти клетки;
- функции стволовых клеток и механизмы обновления тканей.

be able to:

- применять полученные фундаментальные знания о молекулярной и клеточной биологии для планирования научных экспериментов;
- применять полученные фундаментальные знания о молекулярной и клеточной биологии для решения практических задач, в том числе в биотехнологии и медицине.

master:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- терминологией, включая специальные термины в достаточном объеме.

3. List of typical control tasks used to evaluate knowledge and skills

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

- 1) Клетки и геномы. Биохимия и биоэнергетика
- 2) Белки. ДНК, хромосомы и геномы
- 3) Репликация, репарация и рекомбинация ДНК. Как клетки читают геном
- 4) Контроль экспрессии генов
- 5) Структура мембраны. Мембранный транспорт малых молекул и электрические свойства мембран
- 6) Внутриклеточные отсеки и сортировка белков. Внутриклеточный мембранный транспорт
- 7) Цитоскелет. Межклеточные соединения и внеклеточный матрикс
- 8) Преобразование энергии: митохондрии и хлоропласты. Передача сигналов в клетке
- 9) Клеточный цикл. Смерть клетки
- 10) Стволовые клетки и обновление тканей

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. Evaluation criteria

- 1) Клетки и геномы. Биохимия и биоэнергетика
- 2) Белки. ДНК, хромосомы и геномы
- 3) Репликация, репарация и рекомбинация ДНК. Как клетки читают геном
- 4) Контроль экспрессии генов
- 5) Структура мембраны. Мембранный транспорт малых молекул и электрические свойства мембран
- 6) Внутриклеточные отсеки и сортировка белков. Внутриклеточный мембранный транспорт
- 7) Цитоскелет. Межклеточные соединения и внеклеточный матрикс
- 8) Преобразование энергии: митохондрии и хлоропласты. Передача сигналов в клетке
- 9) Клеточный цикл. Смерть клетки
- 10) Стволовые клетки и обновление тканей

Примеры вопросов на экзамене:

Билет №1.

История доказательства генетической функции ДНК. Опыты Эвери, Херши и Чейз. Комплементарные пары оснований Уотсона-Крика.

Билет №2

Кольцевые молекулы ДНК и понятие о сверхспирализации ДНК.

Билет №3

Преобразования первичных транскриптов у эукариот, приводящие к созданию функциональной мРНК.

Билет №4

Регуляция инициации репликации у *E. coli*.

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. Methodological materials defining the procedures for the assessment of knowledge, skills, abilities and/or experience

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