

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский
университет имени Н.И. Пирогова»**

**Министерства здравоохранения Российской Федерации
ФГАОУ ВО РНИМУ им Н.И.Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)**

Институт биомедицины (МБФ)

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института

Прохорчук Егор Борисович

**Доктор биологических наук,
Член-корреспондент
Российской академии наук**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б.1.О.28 Молекулярная биология и генетика
для образовательной программы высшего образования - программы специалитета
по специальности
30.05.02 Медицинская биофизика
направленность (профиль)
Медицинская биофизика
Год начала подготовки - 2023**

Настоящая рабочая программа дисциплины Б.1.О.28 Молекулярная биология и генетика (далее – рабочая программа дисциплины) является частью программы специалитета по специальности 30.05.02 Медицинская биофизика.

Направленность (профиль): Медицинская биофизика.

Форма обучения: очная.

Составители:

№, п/п	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы
1	Мельникова Лариса Сергеевна	Доктор биологических наук	Старший научный сотрудник	ФГБУН Институт биологии гена Российской академии наук (ИБГ РАН)
2	Головнин Антон Клеменович	Доктор биологических наук, Профессор	Ведущий научный сотрудник	ФГБУН Институт биологии гена Российской академии наук (ИБГ РАН)
3	Скамров Андрей Викторович	Кандидат биологических наук	Ведущий научный сотрудник	ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России
4	Титов Борис Васильевич	Кандидат медицинских наук	Научный сотрудник	ФГБУ «НМИЦК им. ак. Е.И. Чазова» Минздрава России

Рабочая программа дисциплины рекомендована к утверждению рецензентами:

№ п/п	Фамилия, Имя, Отчество	Учёная степень, звание	Должность	Место работы
1	Чудаков Дмитрий Михайлович	Доктор медицинских наук, Профессор, членкорреспондент РАН	И.о. директора НИИ трансляционной медицины, зав. отделом молекулярных технологий	ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

«Кафедра молекулярной биологии и медицинской биотехнологии МБФ»

протокол от «___» _____ № _____

Зав. кафедрой

Прохорчук Егор Борисович
Доктор биологических наук,
Член-корреспондент
Российской академии наук

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена ученым советом

« _____ »
протокол от «___» _____ 20__ № _____

Директор Института

Прохорчук Егор Борисович
Доктор биологических наук,
Член-корреспондент
Российской академии наук

Нормативно-правовые основы разработки и реализации рабочей программы дисциплины:

1. Образовательный стандарт высшего образования ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Министерства здравоохранения Российской Федерации по уровню образования специалитет по специальности 30.05.02 Медицинская биофизика, утвержденный приказом от «29» мая 2020г. № 365 рук.
2. Устав и локальные нормативные акты Университета.
3. Общая характеристика образовательной программы.
4. Учебный план образовательной программы.

1. Общие положения

1.1. Цель и задачи освоения дисциплины

1.1.1. Цель: Целью освоения дисциплины является: • ознакомление с основными этапами развития и современным состоянием наук «Молекулярная биология» и «Генетика»; • формирование знаний о фундаментальных понятиях молекулярной биологии и генетики; • формирование навыков анализа медико-биологических социально-значимых проблем с точки зрения лежащих в их основе молекулярных процессов; • обучение студентов использованию на практике методов молекулярно-биологических исследований; • выявление тесной связи молекулярной биологии и генетики с другими медицинскими дисциплинами, практическим здравоохранением; • формирование современного естественно-научного мировоззрения на основе знания механизмов передачи и реализации генетической информации

1.1.2. Задачи, решаемые в ходе освоения дисциплины:

- Обучение студентов важнейшим методам молекулярной биологии и генной инженерии, позволяющим проводить основные этапы молекулярной диагностики
- Ознакомление студентов с основными технологиями структурного и функционального анализа биополимеров, включая компьютерные программы и алгоритмы исследования нуклеотидных и белковых последовательностей
- Приобретение студентами знаний в области фундаментальной и прикладной молекулярной биологии
- Формирование навыков изучения и анализа научной и практической медицинской и медико-биологической литературы
- Формирование у студентов представлений о патологических состояниях как результате нарушения молекулярных механизмов внутриклеточных процессов

1.2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Молекулярная биология и генетика» изучается в 6, 7 семестре(ах) и относится к обязательной части Блока Б.1 «Дисциплины». Является обязательной дисциплиной.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7.0 з.е.

Для успешного освоения настоящей дисциплины обучающиеся в рамках образовательной программы должны освоить следующие дисциплины и практики: Физическая химия; Органическая химия; Неорганическая химия; Биология; Иностранный язык; Микробиология, вирусология; Биохимия; Практика по клеточной биологии.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного освоения дисциплин: Клиническая лабораторная диагностика; Медицинские нанобиотехнологии; Иммунология; Биоинформатика; Медицинская генетика.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного прохождения практик: Преддипломная, НИР; Практика по созданию животных моделей; Практика по иммунологии; Практика по клеточной биологии.

1.3. Планируемые результаты освоения дисциплины

6 семестр

Код и наименование компетенции	
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины
ОПК-1 Способен использовать и применять фундаментальные и прикладные медицинские, естественно-научные знания для постановки и решения стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности	
ОПК-1.ИД1 Применяет фундаментальные естественнонаучные знания для решения профессиональных задач	Знать: Структуру макромолекул, принципы и механизмы их воспроизведения, сохранения и функционирования
	Уметь: Анализировать молекулярно-биологические процессы на основе знания принципов и механизмов функционирования важнейших макромолекул
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Владеть навыками анализа и синтеза данных в области молекулярной биологии
ОПК-1.ИД2 Применяет прикладные естественнонаучные знания для решения профессиональных задач.	Знать: Основные понятия и принципы молекулярной биологии
	Уметь: Воспроизводить основные молекулярно-биологические методы исследования для решения задач медико-биологических исследований
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Владеть методическими навыками для изучения природы и механизмов молекулярно-биологических процессов
ОПК-3 Способен использовать специализированное диагностическое и лечебное оборудование, применять медицинские изделия, лекарственные средства, клеточные продукты и генно-инженерные технологии, предусмотренные порядками оказания медицинской помощи	
ОПК-3.ИД1 Применяет диагностическое оборудование для решения профессиональных задач.	Знать: Правила техники безопасности при работе в лаборатории. Методы оценки точности и калибровки лабораторного оборудования
	Уметь: Использовать различное лабораторное оборудование для решения экспериментальных задач. Оценивать результаты измерения и погрешности
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Навыками работы с лабораторным оборудованием: центрифугой, камерой для горизонтального электрофореза, источником тока, дозаторами различного объема, амплификатором ДНК, термостатами, весами аналитическими, трансиллюминатором, спектрофотометром, термошейкером
ОПК-3.ИД3 Использует медицинские изделия, лекарственные средства, клеточные продукты и генно-инженерные технологии в медицинских и научных исследованиях.	Знать: Основные принципы создания гено-инженерных продуктов (рекомбинантных молекул ДНК и белков)
	Уметь: Выбирать адекватные гено-инженерные технологии для решения фундаментальных и практических задач в области молекулярной биологии и молекулярной медицины
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Навыками работы с нуклеиновыми кислотами, эндонуклеазами рестрикции, ферментами модификации ДНК, компетентными клетками, рекомбинантными клонами
ПК-3 Способен проводить научные исследования в области медицины и биологии	
ПК-3.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научно-техническую информацию, в результате чего формулирует проверяемые гипотезы в области медицины и биологии.	Знать: Основные виды научной, научно-практической и аналитической информации в области молекулярной биологии и молекулярной медицины
	Уметь: Пользоваться базами данных PubMed и общенаучных интернет ресурсов
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Составлять аналитические обзоры на основе данных из различных источников научной, научно-практической и аналитической информации в области молекулярной биологии. Формулировать выводы из массива современных знаний и гипотезы, объясняющие механизмы функционирования важнейших макромолекул
ПК-3.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты, измерения для проверки гипотез в области медицины и биологии.	Знать: Основные направления научных исследований в молекулярной биологии и молекулярной медицине
	Уметь: Формулировать задачи исследований в области молекулярной биологии и молекулярной медицины
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Навыками детального и поэтапного планирования исследования, документирования и анализа полученных результатов

Код и наименование компетенции	
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины
ПК-3.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений, экспериментов, измерений в области медицины и биологии.	Знать: Основы системного подхода для изучения молекулярно-биологических процессов, проходящих в клетке
	Уметь: Обобщать собственные экспериментальные результаты, формулировать новые идеи и выводы, генерировать гипотезы, объясняющие природу и механизмы молекулярно-биологических процессов
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Владеть навыками изучения молекулярно-биологических процессов в клетке, опираясь на комплекс экспериментальных, естественнонаучных и статистических методов
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	
УК-1.ИД1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	Знать: Основные понятия и законы молекулярной биологии, основные методы и средства анализа в современной молекулярной биологии
	Уметь: Предложить адекватный, в том числе междисциплинарный, подход для поиска взаимосвязи между нарушениями в структуре и функционировании генов (генома) и патологическими процессам
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Владеть навыками выбора подходящих моделей и методов исследования проблемных ситуаций

7 семестр

Код и наименование компетенции	
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины
ОПК-1 Способен использовать и применять фундаментальные и прикладные медицинские, естественно-научные знания для постановки и решения стандартных и инновационных задач профессиональной деятельности	
ОПК-1.ИД1 Применяет фундаментальные естественнонаучные знания для решения профессиональных задач	Знать: современные представления о структуре геномов, генов, макромолекул, принципах и механизмах их воспроизведения, сохранения и функционирования; основные процессы межмолекулярных взаимодействий и их роль в функционировании живых систем
	Уметь: анализировать медико-биологические социально-значимые проблемы с точки зрения лежащих в их основе молекулярно-генетических процессов
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): выбора адекватных методов для решения фундаментальных и практических задач в области молекулярной биологии и молекулярной медицины
ОПК-1.ИД2 Применяет прикладные естественнонаучные знания для решения профессиональных задач.	Знать: основные понятия и принципы молекулярной биологии, лежащие в основе молекулярной диагностики и геномной инженерии
	Уметь: выбирать адекватные молекулярно-генетические методы для решения фундаментальных и диагностических задач
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): владеть методическими навыками для изучения природы и механизмов молекулярно-биологических процессов
ОПК-3 Способен использовать специализированное диагностическое и лечебное оборудование, применять медицинские изделия, лекарственные средства, клеточные продукты и гено-инженерные технологии, предусмотренные порядками оказания медицинской помощи	
ОПК-3.ИД1 Применяет диагностическое оборудование для решения профессиональных задач.	Знать: Правила техники безопасности при работе в лаборатории. Методы оценки точности и калибровки лабораторного оборудования
	Уметь: Использовать подходящее лабораторное оборудование для решения экспериментальных задач. Оценивать результаты измерения и погрешности
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Навыками работы с лабораторным и диагностическим оборудованием

Код и наименование компетенции	
Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты освоения дисциплины
ОПК-3.ИД3 Использует медицинские изделия, лекарственные средства, клеточные продукты и генно-инженерные технологии в медицинских и научных исследованиях.	Знать: основные принципы создания гено-инженерных продуктов (рекомбинантных молекул ДНК и белков)
	Уметь: выбирать адекватные гено-инженерные технологии для решения фундаментальных и практических задач в области молекулярной биологии и молекулярной медицины
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): разработки стратегии клонирования генов и получения рекомбинантных белков в штаммах-продуцентах
ПК-3 Способен проводить научные исследования в области медицины и биологии	
ПК-3.ИД1 Собирает и обрабатывает научную и научно-техническую информацию, в результате чего формулирует проверяемые гипотезы в области медицины и биологии.	Знать: основные виды научной, научно-практической и аналитической информации в области молекулярной биологии и молекулярной медицины
	Уметь: приобретать новые знания в области молекулярной биологии и биотехнологии, используя современные информационные технологии
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): составлять аналитические обзоры на основе данных из различных источников научной, научно-практической и аналитической информации в области молекулярной биологии. Формулировать выводы из массива современных знаний и гипотезы, объясняющие
ПК-3.ИД2 Проводит исследования, наблюдения, эксперименты, измерения для проверки гипотез в области медицины и биологии.	Знать: принципы работы современной исследовательской аппаратуры, основные компьютерные программы и базы данных
	Уметь: Формулировать задачи исследований в области молекулярной биологии и молекулярной медицины
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Навыками детального и поэтапного планирования исследования, документирования и анализа полученных результатов
ПК-3.ИД3 Формулирует выводы по итогам исследований, наблюдений, экспериментов, измерений в области медицины и биологии.	Знать: основы системного подхода для изучения молекулярно-биологических процессов, проходящих в клетке
	Уметь: обобщать собственные экспериментальные результаты, формулировать новые идеи и выводы, генерировать гипотезы, объясняющие природу и механизмы молекулярно-биологических процессов
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): владеть навыками изучения молекулярно-биологических процессов в клетке, опираясь на комплекс экспериментальных, естественнонаучных и статистических методов
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	
УК-1.ИД1 Анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними	Знать: Основные понятия и законы молекулярной биологии, основные методы и средства анализа в современной молекулярной биологии
	Уметь: Предложить адекватный, в том числе междисциплинарный, подход для поиска взаимосвязи между нарушениями в структуре и функционировании генов (генома) и патологическими процессами
	Владеть практическим опытом (трудовыми действиями): Владеть навыками выбора подходящих моделей и методов исследования проблемных ситуаций

2.Формы работы обучающихся, виды учебных занятий и их трудоёмкость

Формы работы обучающихся / Виды учебных занятий / Формы промежуточной аттестации		Всего часов	Распределение часов по семестрам	
			6	7
Учебные занятия				
Контактная работа обучающихся с преподавателем в семестре (КРО), в т.ч.:		124	60	64
Семинарское занятие (СЗ)		26	0	26
Лекционное занятие (ЛЗ)		64	32	32
Лабораторно-практическое занятие (ЛПЗ)		16	16	0
Коллоквиум (К)		18	12	6
Самостоятельная работа обучающихся в семестре (СРО), в т.ч.:		88	44	44
Подготовка реферата		18	18	0
Подготовка к учебным аудиторным занятиям		60	16	44
Иные виды самостоятельной работы (в т.ч. выполнение практических заданий проектного, творческого и др. типов)		10	10	0
Промежуточная аттестация:				
Контактная работа обучающихся в ходе промежуточной аттестации (КРПА), в т.ч.:		13	4	9
Зачет (З)*		4	4	0
Экзамен (Э)**		9	0	9
Самостоятельная работа обучающихся при подготовке к промежуточной аттестации (СРПА)**		27	0	27
Общая трудоемкость дисциплины (ОТД)	в часах: ОТД = КРО+СРО+КРПА+СРПА	252	108	144
	в зачетных единицах: ОТД (в часах): 36	7,00	3,00	4,00

* Время для проведения промежуточной аттестации в форме зачёта выделяется в рамках контактной работы (ДВЗ) Проведение промежуточной аттестации в форме зачёта организуется в соответствии с расписанием занятий.

** Промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине в форме экзамена организуется в рамках экзаменационной сессии согласно расписанию экзаменов. Время на подготовку к экзамену и его прохождение устанавливается учебным планом образовательной программы.

3. Содержание дисциплины

3.1. Содержание разделов, тем дисциплины

6 семестр

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
Раздел 1. Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки			
1	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 1. История развития генетики и молекулярной биологии. Основные законы генетики. Взаимосвязь генетики и молекулярной биологии	Открытие основных законов генетики: предшественники Менделя, основные заслуги Менделя, его законы. Парадокс Менделя. Вторичное открытие законов Менделя. Начало бурного развития менделизма. Основные типы взаимодействия генов (комплементарность, эпистаз, полимерия, плейотропия, энхансерные и супрессорные гены). Закон Харди-Вайнберга. Хромосомная теория наследственности как фундаментальное объединение до сих пор разрозненных дисциплин: цитологии и генетики. Дрозофила как основной модельный организм для открытия основных законов современной генетики: Морган и его ученики. Сцепленное с полом наследование, группа сцепления, кроссинговер, линейное расположение генов, интерференция, генетические карты, полигенные хромосомы. Митотическая и мейотическая рекомбинация. Пенетрантность и экспрессивность. Хромосомные перестройки: инверсии, делеции, транслокации, транспозиции. Прологомены молекулярной биологии – концепция матрицы Кольцова (и Колли). Классификация мутаций. Бактериальная трансформация (Гриффитс). Зеленая тетрадь (1935) и квантование гена – теория мишени, размер гена: Тимофеев-Рессовский, Циммер, Дельбрюк – биология становится молекулярной. От дрозофилы к нейроспоре – зарождение биохимической генетики, один ген – один фермент (Бидл и Татум). Индуцированный химический мутагенез – управление получением искусственных мутаций – основной инструмент экспериментальной молекулярной генетики.
Раздел 2. Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот			
1	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3, ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 1. От нуклеотидов к геномам: структура и функции нуклеиновых кислот	Центральная догма молекулярной биологии. Опыты Мишера. Эксперимент Гриффита. Эксперимент Эвери, Маклеода и Маккарти. Эксперимент Херши и Чейз. Правила Чаргаффа и определение структуры двойной спирали ДНК. Нуклеозиды и нуклеотиды. Большая и малая бороздки двойной спирали ДНК, взаимодействия с белками. А-, В-, Z-форма ДНК. Неканоническое спаривание оснований и неканонические структуры в ДНК. Плавление и суперспирализация ДНК. Топоизомеразы. Хатимодзи-ДНК и синтетическая геномика. Структура РНК. РНК-связывающие белки. Модификации РНК. Функции РНК в клетке. Методы выделения и очистки нуклеиновых кислот. Экстракция НК с помощью органических растворителей. Твердофазные методы выделения НК. Выделение ДНК из парафиновых блоков. Выделение плазмидной ДНК. Определение количественных и качественных характеристик нуклеиновых кислот. Измерение концентрации ДНК и РНК. Оценка чистоты препарата нуклеиновых кислот. Электрофорез нуклеиновых кислот.
2	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3, ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 2. Репликация ДНК	Три возможных сценария репликации. Эксперимент Мезельсона и Сталя. Структура ДНК-полимераз. Основные ДНК-полимеразы кишечной палочки. Структура PolIII. Точность и процессивность ДНК полимераз. Строение прокариотической реплисомы. Инициация репликации у прокариот, регуляция инициации. Прерывистый характер синтеза на отстающей цепи и фрагменты Оказаки. Терминация репликации. Эукариотический ориджин. Активация ориджина и предотвращение повторной активации. Эукариотическая реплисома и процессинг фрагментов Оказаки у эукариот. Репликоны и фокусы репликации. Структура теломер и теломеразы. Полимеразная цепная реакция (ПЦР). Общие сведения о ПЦР. Области применения. Основные параметры реакции. Компоненты и условия проведения реакции. Оптимизация условий ПЦР. Термостабильные ДНК-полимеразы. Различные виды ПЦР. Электрофорез ПЦР-продуктов

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
3	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 3. Механизмы регуляции поведения клеток. Клеточный цикл	Сигнальные каскады. Принципы передачи сигнала в клетке. Киназы и фосфатазы. Ростовые факторы и их рецепторы. МАРК сигнальный каскад. ГТФ-фаза семейства gas. Клеточный цикл. Принципы клеточного цикла у прокариот и эукариот. Регуляция клеточного цикла у эукариот. Регуляция входа в клеточный цикл: Циклин Д и индукция клеточного цикла в клетке. Циклины и циклин-зависимые киназы. Контрольные точки. Белки-ингибиторы циклин-зависимых киназ. Протеолитическая деградация в клеточном цикле. Регуляция входа в репликацию. Регуляция репликации. Регуляция входа в митоз. Митоз. Нарушения клеточного цикла в болезнях, в т.ч. в онкологических нарушениях. Метод исследования клеточного цикла: проточная цитофлуорометрия.
4	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3, ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 4. Репарация ДНК	Причины повреждений ДНК. Классификация повреждений ДНК. Стратегии коррекции повреждений. Удаление циклобутановых димеров. Удаление метильной группы из позиции Об гуанина. Эксцизия оснований и эксцизия нуклеотидов. ДНК гликозилазы. Система UvrA/B/C/D кишечной палочки. Исправление ошибок репликации, структура MutS. Обход препятствия в ДНК посредством смены матричных цепей. SOS репарация. Репарация двунитевых разрывов посредством гомологичной рекомбинации и негомологичного соединения концов ДНК. Система рестрикции-модификации у эубактерий. Ее значение для уничтожения чужеродной ДНК. S аденозилметионин – донор метильных групп. Системы рестрикции трех типов. Метилазы и рестриктазы типа II – отдельные ферменты. Узнавание и разрезание рестриктазами типа II коротких специфических (обычно полиндромных) последовательностей (4-6 пар оснований) с образованием “липких” или “тупых” концов. Бифункциональные ферменты типа III и I; их ассиметричные участки узнавания. Различия их участков разрезания по степени удаленности от участка узнавания. Взаимоисключающие реакции рестрикции-метиличирования у ферментов типа I: АТФ и S-аденозилметионин как альтернативные субстраты или эффекторы. Борьба бактериофагов с системами рестрикции хозяина.
5	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 5. Генетическая рекомбинация	Биологическая роль рекомбинации. Модель Холлидея и понятие кроссинговера. Рекомбинация в клетках кишечной палочки и RecBCD путь. Роль главного рекомбинационного белка Rec A. Генная конверсия. Сайт-специфическая рекомбинация. Интеграция вирусных геномов. Инверсии в геноме. Перемещения мобильных элементов. Транспозоны и транспозазы. Нерепликативная транспозиция. Репликативная транспозиция. Ретротранспозоны. LINE- и – SINE-элементы. Биологическое значение подвижных генетических элементов.

Раздел 3. Основы регуляции экспрессии генов

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
1	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3, ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 1. Транскрипция у прокариот. Транскрипция у эукариот	РНК-полимераза прокариот, ее субъединичная и трехмерная структуры. Разнообразие сигмафакторов. Промотор генов прокариот, его структурные элементы: последовательности –10 (Прибнов-бокс) и –35. Стадии транскрипционного цикла. Инициация, образование “открытого комплекса”, элонгация и терминация транскрипции. Rho-зависимая и rho-независимая терминация. Атенуация транскрипции. Понятие оперона. Регуляция экспрессии триптофанового оперона. Лактозный оперон. CAP-белок. Регуляция транскрипции в развитии фага лямбда. Принципы узнавания ДНК регуляторными белками (CAP-белок и репрессор фага лямбда). “Рибопереключатели”. РНК-полимеразы I, II и III эукариот. Участие разных полимераз в транскрипции разных клеточных РНК. Чувствительность полимераз к α-аманитину. Открытая и закрытая конформации РНК-полимеразы и их роль в стабилизации связи фермента с ДНКматрицей. “Модули” промоторов полимеразы II у эукариот. Базальная транскрипция и общие факторы транскрипции. TBP и TAF факторы. Узнавание ДНК фактором TBP. Базальные транскрипционные факторы TFIIA, TFIIB, TFIIF, TFIIE. Энзиматические активности базального фактора TFIIN. Сборка преинициаторного комплекса на промоторе. Особая роль TAF в преинициаторном комплексе на промоторах, не содержащих ТАТАбокс. Ковалентная модификация факторов транскрипции. Фосфорилирование субъединицы РНК-полимеразы II и элонгация транскрипции. Трансформация бактериальных клеток плазмидами. Свойства компетентных клеток и методы их приготовления. Химическая трансформация и электропорация. Методы селекции рекомбинантных клонов: селекция по чувствительности к антибиотикам, сине-белый тест, система токсин-антитоксин, дополнение метаболических процессов.
2	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 2. Регуляция экспрессии генов	Регуляция транскрипции полимеразой II у эукариот. Понятие о цис- и транс-регуляции транскрипции. Белки – активаторы транскрипции, их доменные структуры. Типы доменов, узнающих регуляторные цис-действующие элементы. Комбинаторный принцип в регуляции транскрипции. Коактиваторы и корепрессоры. Медиатор. Энхансеры и энхансеосома. Принцип “дальнодействия” в регуляции транскрипции. Тканеспецифичность энхансеров. Внешние сигналы (митогенные факторы, гормоны), регулирующие транскрипцию генов. Стадии процесса экспрессии генов, подверженные регуляции. Механизмы регуляции экспрессии генов в различных сигнальных каскадах. Дифференциальная активность генов в онтогенезе многоклеточных. Генетические каскады, регулирующие развитие. Гомеодомены регуляторных белков и явление гомеозиса. Принципы структурной организации и регуляции активности генов NOX-кластеров, определяющих план строения тела. Транскрипционные факторы как морфогены в развитии многоклеточных организмов. Белки группы поликомб и триторакс. Ядерные рецепторы гормонов. Гистоновый код. Химические модификации гистонов: ацетилирование, фосфорилирование, метилирование, убиквитинилирование и АДФ-рибозилирование. Понятие о “гистоновом коде”. Активный и неактивный хроматин. Механизмы репрессии генов, обусловленные деацетилированием и метилированием гистонов. Белковые домены, осуществляющие мечение гистонов и чтение меток. Ремоделирование хроматина. Роль нуклеосомных структур в активации экспрессии гена. Эухроматин и гетерохроматин. Распространение гетерохроматинизации по хромосоме. Эффекты положения генов. Механизмы инактивации генов при метилировании ДНК. Репликативное метилирование ДНК. “Родительский” геномный импринтинг как эпигенетическая регуляция экспрессии генов.

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
3	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 3. Процессинг первичных транскриптов	Созревание и транспорт мРНК. Кепирование, сплайсинг и полиаденилирование транскриптов, синтезируемых полимеразой II. Процессинг 3'-конца транскрипта: участие цис-регуляторных последовательностей и транс-факторов в этом процессе; эндонуклеазы процессинга и polyAполимераза. Альтернативные промоторы и сайты полиаденилирования. Формирование рибонуклеопротеиновых частиц. "Контроль качества" пре-мРНК в ядре. Транспорт мРНК через ядерную мембрану. Открытие интронов. Типы интронов. Механизмы сплайсинга. Роль малых ядерных РНК и белковых факторов. Сплайсосома. Альтернативный сплайсинг, примеры. Энхансеры сплайсинга. Биологическая роль альтернативного сплайсинга, примеры. Механизмы узнавания/обозначения экзонов и интронов. Трансплайсинг, его распространение. "Самосплайсинг". Процессинг тРНК и рРНК у про- и эукариот. Метилирование рибозы и образование псевдоуридина. Роль малых ядрышковых РНК. Интроны групп 1 и 2. Редактирование РНК. Типы 13 редактирования. Биологические функции и механизм РНК-интерференции. Участники процесса. Короткие интерферирующие РНК. RISC. Особенности РНКинтерференции у разных организмов. МикроРНК. Процессинг. Механизм действия
4	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 4. Некодирующие РНК	Классификация нкРНК. Длинные нкРНК, их структура и биогенез. Отличия и сходства в процессинге нкРНК и мРНК. нкРНК как структурная основа сборки РНК-белковых комплексов. Роль нкРНК в образовании ядерных телец. Функции нкРНК в установлении и поддержании пространственной организации хроматина. Энхансерные РНК – их биогенез и участие в энхансер-промоторной коммуникации
Раздел 4. Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков			
1	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3, ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД1	Тема 1. Генетический код. Дорибосомный этап биосинтеза белков.	Генетический код. Гипотезы организации генетического кода (перекрывающийся, неперекрывающийся). Триплетная гипотеза Гамова и ее экспериментальное подтверждение (Крик и Бензер). Экспериментальная расшифровка генетического кода. Эксперименты Ниренберга и Маттеи (гомополимеры), Ниренберга и Ледера (связывание триплетов). Понятие кодона. Свойства генетического кода: триплетность, специфичность, вырожденность или синонимичность, неперекрываемость, отсутствие пробелов, однонаправленность, координатность белку. Старт и стоп кодоны. Универсальность генетического кода и исключения из нее. Различия между универсальными, митохондриальными, и неканоническими кодонами, селеноцистеин, пирролизин. Рамка считывания, открытая рамка считывания, сдвиг рамки считывания. Адапторная гипотеза Крика. Транспортные РНК. Изоакцепторные тРНК. Строение тРНК. Понятие антикодона тРНК. Его расположение во вторичной и третичной структуре тРНК. Кодон-антикодоновые взаимодействия: канонические и неканонические (инозин). Гипотеза нестрогого соответствия Крика (wobble). Стереохимия кодон-антикодонового комплементарного комплекса. Минорные нуклеотиды в тРНК. Понятие трансляции. Сходства и различия между про- и эукариотами. Химические реакции биосинтеза белков. Типы образующихся связей. Энзимология процесса. Энергетический баланс биосинтеза белков. Дорибосомный этап белкового синтеза. Реакции аминокислотирования тРНК: активирование аминокислот с образованием аминоацил-аденилатов и перенос аминоацильных остатков на тРНК. Аминоацил-тРНК-синтетазы: специфичность, разнообразие, субъединичная структура. Специфичность аминокислотирования тРНК по отношению к аминокислоте и по отношению к тРНК. «Второй генетический код» – уникальная структура тРНК, обеспечивающая ее акцепторные функции. Элементы, определяющие «индивидуальность» отдельных тРНК. Структурная комплементарность тРНК и аминоацил-тРНК-синтетаз. Рекомбинантные белки. Распространение в природе. Методы получения рекомбинантных белков. Применение рекомбинантных белков.

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
2	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3, ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 2. Рибосома. Биосинтез белков	Рибосомный этап трансляции. Прокариотический и эукариотический типы рибосом. Три сайта связывания тРНК на рибосоме: А, Р, и Е, их характеристики. Стадии трансляции: инициация, элонгация и терминация. Специальные механизмы контроля точности трансляции. Инициация в бактериях нуждается в субъединицах 30S и факторах инициации (IF-1, IF-2, and IF-3). Структура сайта инициации у бактерий: последовательность ШайнДальгарно и AUG. Полицистронные мРНК у бактерий и моновцистронные у эукариот. Формилметионин, IF2 и их функции. Роль 40S субъединицы в инициации транскрипции у эукариот. Факторы элонгации EF-Tu и eEF1a. Кирромицин. Пептидилтрансферазная функция большой субъединицы. Пурамицин. Стадия транслокации, EFG и eEF2. Стадия терминации, ochre, amber, и opal кодоны. Факторы терминации (релизинг-факторы 1го и 2го классов), их функции. Роль UTR (нетранслируемых последовательностей) в регуляции трансляции. Сопряженность транскрипции и трансляции у бактерий. Полирибосомы. Локализация рибосом в клетке. Свободные и мембраносвязанные рибосомы. Рибосомы митохондрий и хлоропластов. Методы тестирования структуры и уровня экспрессии гена. Секвенирование ДНК. Гибридизация по Саузерну. Нозерн-гибридизация. Вестерн блоттинг.
3	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 3. Структурная организация белка в клетке.	Роль белковых молекул в функционировании живых организмов. Первичная структура белков. Аминокислотные остатки – мономеры белковых цепей. Аминокислоты, входящие в состав белков, их строение. Редкие аминокислоты, входящие в состав белков. Пептидная связь. Полипептидная цепь. Структура и кислотно-основные свойства пептидов. Природные пептиды. Уровни организации белковой молекулы. Первичная структура как уровень организации белка. Доказательство индивидуальности белка. Количественное определение аминокислотного состава белков. Определение первичной структуры пептидов. Вторичная структура белка. Структурные особенности пептидной связи, определяющие формирование регулярной вторичной структуры. Стерические ограничения и вторичная структура пептидной связи. Роль водородных связей в формировании регулярной вторичной структуры. Виды регулярной вторичной структуры. Спиральные и бета-структурные участки в глобулярных белках. Соотношение между первичной и вторичной структурами. Экспериментальные методы изучения вторичной структуры белков. Третичная структура белков. Стабильность пространственной структуры белка. Компактность формы. Наличие гидрофобных ядер и полярной оболочки. Присутствие гидрофобных аминокислот в оболочке, их функциональное значение. Природа сил, стабилизирующих трехмерную структуру белка. Методы исследования пространственной структуры белка. Доменная структура белков. Образование третичной структуры белка из элементов вторичной структуры. Топология полипептидных цепей в белках и классификация пространственных структур. Соотношение между пространственной структурой белка и аминокислотной последовательностью. Схематическое представление пространственной структуры белка. Трехмерная структура некоторых белковых модулей (доменов). Особенности структуры мембранных белков. Фибриллярные белковые структуры. Четвертичная структура белка. Геометрия четвертичной структуры белка. Гомомерные и гетеромерные белки. Формирование множественных форм гетеромерных белков. Взаимодействия между субъединицами, стабилизирующие четвертичную структуру. Структурная организация контактов между субъединицами. Способы исследования четвертичной структуры белка. Функциональное значение четвертичной структуры белка.
4	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 4. Посттрансляционные модификации белков	Посттрансляционная модификация белков. Особенности реакций посттрансляционной модификации. Функциональное значение посттрансляционной модификации. Котрансляционные модификации белка. Модификации N- и C-концов белков. Модификация внутренних аминокислотных остатков белков. Гликозилирование белков. N-гликозилирование. Огликозилирование. Сплайсинг белков. Ограниченный протеолиз. Липопротеины. Обратимые посттрансляционные модификации: примеры, функциональное значение.

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
5	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 5. Фолдинг белков в клетке. Шапероны Контроль качества белков в клетке. Механизмы деградации белков в клетке	Пространственное сворачивание или фолдинг белков. Денатурация белков. Разрушение нативной конформации белков. Ренатурация белка <i>in vitro</i>. Роль первичной структуры в пространственной сборке белка. Опыты Кристиана Анфинсена по восстановлению активности рибонуклеазы А. Этапы пространственной сборки белка <i>in vitro</i>. Интермедиат («расплавленная глобула»). Ферменты, облегчающие свертывание полипептидных цепей в компактную структуру (ферменты фолдинга, или фолдазы). Пространственное сворачивание белков <i>in vivo</i>. Участие молекулярных шаперонов в фолдинге белков. Свойства молекулярных шаперонов. Представители шаперонов -белки суперсемейства белков теплового шока (Hsp). Шапероны, взаимодействующие с растущей полипептидной цепью: триггерный фактор, комплекс NAC (Nascent polypeptide Associated Complex), префолдин. Общие свойства белков семейства Hsp70. Свойства белков семейства Hsp60 (Шаперонины). Шапероны семейства Hsp90.Общая схема участия шаперонов в фолдинге белков у прокариот и в цитозоле эукариот. Система контроля качества белков в клетке. Система контроля качества белка в E.Coli. Контроль качества белка в эндоплазматическом ретикулуме. Роль шаперонов в контроле качества белков. Ответ клетки на увеличение количества неправильно собранных белков. Реакция неправильно собранных белков (UPR).Значение протеолитической деградации белков в жизни клетки. Внеклеточные и внутриклеточные механизмы деградации белков. Механизмы деградации белков. Убиквитинзависимая система протеолиза белков. Специальные сигналы, распознаваемые различными ферментами убиквитин-конъюгирующего комплекса. Ферменты убиквидин-конъюгирующего комплекса. Протеасомы. Структура 26S-протеасомы. Болезни, вызываемые неправильно собранными белками.
6	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 6. Транспорт белков в клетке.	Транспорт белков в различные компартменты эукариотической клетки. Методические подходы для изучения транспорта белков в различные компартменты клетки. Сигнальная гипотеза транспорта белков в клетке. Способы транспортировки белков между компартментами в клетке: трансмембранный, канальный, везикулярный транспорт. Транспорт белков в эндоплазматический ретикулум (ЭР). Транспорт белков в митохондрии и хлоропласты. Транспорт белков между ядром и цитозолем. Везикулярный транспорт. Секреторный путь синтеза и сортировки белков. Методы изучения секреторного транспорта. Транспорт белков из ЭР в аппарат Гольджи. Везикулярно-тубулярные кластеры (VTC). Модели транспорта через аппарат Гольджи. Возвращение резидентных белков ЭР.Сигналы сортировки, направляющие секреторируемые и мембранные белки в специфические транспортные везикулы. Транспорт гидролаз в лизосомы. Распознавание лизосомных гидролаз и формирование транспортного сигнала. Пути секреции в клетках. Пути сортировки мембранных белков в поляризованных клетках. Молекулярные механизмы везикулярного транспорта. Система контроля качества белков в клетке. Система контроля качества белка в E.Coli. Контроль качества белка в эндоплазматическом ретикулуме. Роль шаперонов в контроле качества белков. Ответ клетки на увеличение количества неправильно собранных белков. Реакция неправильно собранных белков (UPR).Значение протеолитической деградации белков в жизни клетки. Внеклеточные и внутриклеточные механизмы деградации белков. Механизмы деградации белков. Убиквитин- зависимая система протеолиза белков. Специальные сигналы, распознаваемые различными ферментами убиквитин-конъюгирующего комплекса. Ферменты убиквидин-конъюгирующего комплекса. Протеасомы. Структура 26S-протеасомы. Болезни, вызываемые неправильно собранными белками.

7 семестр

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
Раздел 1. Молекулярная организация клетки. Клонирование генов и экспрессия их продуктов			

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
1	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 1. Молекулярные механизмы передачи сигнала	Внутриклеточный сигнальный путь, активированный внеклеточными сигнальными молекулами. Формы внеклеточной передачи сигнала. Передача сигнала через щелевые контакты (gap junctions). Механизм действия ядерных рецепторов. Рецепторы на поверхности клеток. Внутриклеточные сигнальные молекулы. Молекулярные переключатели. Регуляция активности GTPаз. Формирование внутриклеточных сигнальных комплексов. Передача сигнала через рецепторы, сопряженные с G-белком. Передача сигнала через рецепторы, сопряженные с ферментами. Основные классы рецепторов, сопряженных с ферментами. Тирозинкиназные рецепторы. Рецепторы, ассоциированные с тирозинкиназами. Рецепторные серин/треониновые протеинкиназы. Сигнальные пути, основанные на регулируемом протеолизе латентных белков- регуляторов генов.
2	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 2. Цитоскелет эукариотических клеток	Три типа филаментов участвующих в организации цитоскелета: актиновые филаменты, микротрубочки и промежуточные филаменты. Строение и свойства G-актина. Формирование актиновых филаментов, участие АТФ. Актин-связывающие белки. Миозины. Формирование сайтов адгезии. Амебоидное движение и подвижность немышечных клеток. Строение и свойства тубулина. Структура микротрубочки. Самосборка микротрубочек; роль GTP. Микротрубочко-ассоциированные белки. Моторные белки, ассоциированные с микротрубочками. Роль микротрубочек в поведении клетки. Промежуточные филаменты. Роль промежуточных филаментов в клетке. Структура субъединиц белков промежуточных филаментов и сборка цитоплазматических филаментов. Шесть классов белков промежуточных филаментов. Тканеспецифический характер экспрессии белков этих классов. Примеры функционирования промежуточных филаментов различных типов.
3	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 3. Принципы межклеточного взаимодействия. Экстрацеллюлярный матрикс. Молекулы адгезии.	Разнообразие экстрацеллюлярного матрикса (ЭЦМ). Основные компоненты ЭЦМ: структурные белки, адгезивные белки, протеогликаны (ПГ) и гиалуроновая кислота. Фибриллярные и нефибриллярные коллагены. Структура и сборка фибрилл. Эластин. Строение и сборка эластических волокон. Ламинин и фибронектин – основные адгезивные белки ЭЦМ. Структура и функции. Гликозаминогликаны (ГАГ) и гиалуроновая кислота. ПГ и ГАГ. Строение. Синтез. Функции. Информационная роль матрикса. Типы адгезии. Суперсемейства молекул адгезии: иммуноглобулиноподобные молекулы адгезии, кадерины, селектины, интегрины. Участие в различных типах адгезии. Краткая характеристика каждого суперсемейства.
4	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 4. Механизмы апоптоза. Апоптоз и патологические состояния	Программируемая клеточная смерть у про- и эукариот. Понятие «апоптоз», его отличие от некроза. Каспазы. Активация каспаз. Белки семейства Bcl. Два основных пути апоптоза: с помощью рецепторов клеточной гибели и митохондриальный. Механизмы апоптоза и регуляция апоптоза. Удаление апоптотических клеток. Связь апоптоза с различными заболеваниями: апоптоз при онкологических, сердечно-сосудистых, аутоиммунных, нейродегенеративных и других заболеваниях.

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
5	ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3, УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3	Тема 5. Клонирование генов и экспрессия их продуктов	Стратегии полногеномного секвенирования различных организмов. Поколения методов секвенирования – принципы методов. Определение полной последовательности нуклеотидов геномов организмов. Хранение и анализ информации о геномах: базы данных, программы. Биологические системы, использующиеся в молекулярной биотехнологии: прокариоты эукариоты. Система хозяин – вектор. Основные свойства векторов, используемых в генной инженерии. Селективные маркеры. Инструменты генной инженерии. Спектрофотометрия ДНК. Плавление ДНК. Получение фрагментов с использованием ПЦР. ТА-клонирование. Безлигазное соединение фрагментов. Аптамеры. Тельца включения. Выделение рекомбинантного белка. Фолдинг. Экспорт экспрессируемого белка в периплазматическое пространство, секреция во внеклеточную среду. Методы направленного мутагенеза для целевой модификации рекомбинантных белков и конструирования новых белков. Векторные системы клеток животных. Трансгенные животные и растения. Тканеспецифичная и индуцируемая экспрессия трансгенов в организмах животных. Анализ транскриптома как подход к функциональной диагностике в медицине.
Раздел 2. Функционирование генов и геномов. Основы молекулярной диагностики			
1	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3, ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 1. Понятие об эпигенетике	Примеры однойяцевых близнецов, клонированных организмов. Ландшафты Ваддингтона (Waddington). Ошибочные теории на заре генетики: деминуция хроматина и количественный контроль экспрессии. Основные механизмы контроля генетической информации на уровне первичной структуры ДНК и на уровне эпигенетики. Основные эпигенетические механизмы: гистоновый код, метилирование ДНК, некодирующие РНК.
2	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 2. 3D геномика	Гистоновый код, метилирование ДНК. Энхансеры, суперэнхансеры, топологически изолированные домены, инсуляторы, транскрипционные фабрики. Методы картирования топологически изолированных доменов, HiC. Хромосомные территории.
3	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 3. Репрограммирование транскрипционных программ	Дифференцировка, дедифференцировка. Соматическое репрограммирование. X инактивация. Геномный импринтинг. Факторы Яманаки. Транскрипционные программы индуцированных плюрипотентных клеток. Бивалентные марки хроматина. Клонирование организмов.
4	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3, ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД3	Тема 4. Живые тексты: анатомия и разнообразие геномов	Геномные базы данных. Разброс размеров геномов. Парадокс и загадка С-значения. Геномы архей, бактерий и эукариот: принципиальные сходства и различия. Геномы вирусов как пример простейшего репликатора. Разнообразие вирусных геномов и корреляция между размером генома и количеством генов. Общие закономерности анатомии бактериальных геномов. Дополнительные хромосомные элементы: плазмиды, мегаплазмиды, хромиды. Геномные критерии вида у прокариот. Геномы динофлагеллят.
5	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3, ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 5. Геномная революция	Применение NGS секвенирования в науке: - де novo сборка геномов - SNP calling - ChIP Seq анализ хроматин иммунопреципитации - одноклеточная геномика - ATAC-Seq анализ открытых структур хроматина - RNA Seq Применение NGS секвенирования в диагностике: - Определение соматических мутаций при онкологических заболеваниях - Анализ свободноциркулирующей ДНК при онкологических заболеваниях - Неинвазивная пренатальная диагностика - RNA Seq панели при назначении химиотерапии онкологических заболеваний - Экзомное секвенирование и прекоцепционный скрининг - Наследственные формы многофакторных заболеваний - Определение репертуара Т клеточных рецепторов - Микробиота

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
6	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3, ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 6. Стволовые и прогениторные клетки	Стволовые и прогениторные клетки, история их открытия. Определение стволовых клеток. Основные типы стволовых клеток человека. Эмбриональные стволовые клетки. Понятие фетальные клетки. Стволовые и прогениторные клетки взрослого организма. Процессы регенерации. Свойства стволовых клеток различного происхождения. Основные характеристики стволовых и прогениторных клеток. Молекулярные маркеры столовых и прогениторных клеток. Понятие ниши. Клетки, участвующие в структуре ниши. Регуляция деления стволовой клетки. Ландшафт Уоддингтона. Принцип качелей Корочкина. Факторы, влияющие на дифференцировку прогениторных клеток. Эпителиально-мезенхимальный переход. Индуцированные плюрипотентные клетки. Опухолевые стволовые клетки. Теории происхождения опухолей.
7	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3, ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 7. Основы клеточной инженерии и генной терапии	История клеточной терапии. Молекулярные характеристики клеток для терапии. Технология получения и культивирования клеток животных и растений. Понятия линий, пересееваемых и первичных культур клеток. Среда. Принцип строения банков клеток. Перспектива создания технологий клонирования тканей и органов. Методы паспортизации клеток. Понятие контаминации. Международные требования к безопасности клеток. Методы управления дифференцировкой клеток в культурах. Необходимые условия стадии дифференцировки прогениторных клеток для клеточной терапии. Типы стволовых/прогениторных клеток, используемых для терапии. Поведение клеток после введения их в организм животного. Понятия аутологичности. Аллотрансплантаты и ксенотрансплантаты. Химерные животные. Технологии получения кондиционных сред. Технологии выделения факторов из клеток млекопитающих. Стандарты GLP («Good Laboratory Practice», Надлежащая лабораторная практика) для лабораторных исследований и GMP («Good Manufacturing Practice») для производства клеточных препаратов. Закон РФ для применения клеточных препаратов. Возможность использования индуцированных плюрипотентных клеток.
8	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 8. Современные инструменты генетического редактирования	Инструменты генетического редактирования: TALEN, CRISPR Cas, цинковые пальцы. Области применения технологий. Соматическое редактирование и редактирование зигот. Поиск новых геноредакторов. Основные подходы к созданию лекарств на основе геноредактирования. Эпигенетическое редактирование с помощью dCas8
9	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 9. Понятие о синтетической биологии	Синтетическая биология как научное направление – история появления. Минимальный геном: экспериментальный и биоинформатический подход. Создание организмов с искусственным геномом. Принципы инженерии в биологии. Стандартизация частей ДНК, комбинаторный синтез генетической сети
10	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 10. Геномы вирусов	Вирусы, отличия от клеточных форм жизни. Принципы классификации и систематики вирусов, происхождение и распространение вирусов в природе. Механизмы взаимодействия вирусов с клеткой- хозяином. Принципы трансляции вирусных мРНК в эукариотических клетках. Локализация синтеза вирусных мРНК и белков в зараженной клетке. Разнообразие вирусных геномов. Классификация вирусов по Балтимору. Основные группы, семейства вирусов человека. Жизненный цикл и функционирование генома на примере вирусов HIV и SARS-Cov2. Прионы. Прионные заболевания человека
11	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 11. Геномика патологических состояний	Онкологические и нейродегенеративные болезни. Математические основы проведения ассоциативных исследований (GWAS). Логистическая регрессия. Пассажирские и драйверные SNP. Соотношение рисков. Соотношение роли генетических и средовых факторов при развитии заболевания

№ п /п	Шифр компетенции	Наименование раздела, темы дисциплины	Содержание раздела и темы в дидактических единицах
12	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 12. Популяционная геномика. Этническая геномика. Геномика и эпигеномика древней ДНК	Понятие Fst. Дрейф генов, бутылочное горлышко, эффект основателя. Полногеномные этнические исследования. Этногенетические карты РСА. Понятие о F2, F3, F4 статистике. ABBA-BABA тест. Принципы лабораторной работы с древней ДНК. Принципы анализа данных секвенирования древней ДНК. Эволюция человека с точки зрения современной генетики. Эпигенетика древней ДНК. Понятие о биологических процессах и явлениях как о взаимосвязанной системе, о теоретических и вычислительных методах исследования биологических систем; математические модели биологических систем и их анализ, интеграция и интерпретация биологических данных и гипотез; реализация моделей, их численных решений и анализа, проверка пригодности для решения фундаментальный и прикладных задач биомедицины
13	УК-1.ИД1, ОПК-1.ИД1, ОПК-1.ИД2, ОПК-3.ИД3, ОПК-3.ИД1, ПК-3.ИД2, ПК-3.ИД1, ПК-3.ИД3	Тема 13. ДНК-диагностика – практический подход	Диагностика полиморфизмов ДНК, определяющих риск развития социально значимых заболеваний. ПЦР как метод диагностики и научных исследований. Проблема «потерянной» наследуемости». Принцип фармакогенетики. Стратегия «Ген-кандидат»: «позиционно- независимый ген- кандидат», «позиционный ген- кандидат». Методы выделения нуклеиновых кислот из различного материала. Секвенирование в ДНК- диагностике. Основные типы мутаций. Методы прямой и косвенной ДНК-диагностики. Анализ экспансии тринуклеотидных повторов. Диагностика болезней экспансии полиаланиновых трактов. Лабораторная диагностика болезней экспансии некодирующих микросателлитных повторов. Экспансии некодирующих повторов, ассоциированные с экспрессией ломких хромосомных участков. Механизм метилирования ДНК. Метилирование CpG-динуклеотидов, ДНК-метилтрансферазы. CpG-островки и их характеристики. Метилсвязывающие белки. Фенотипические проявления мутаций ДНК- метилтрансфераз и метилсвязывающих белков. Методы исследования уровней метилирования ДНК. Основные принципы ген-специфического анализа метилирования. Преимущества и недостатки методов анализа метилирования. Геномный импринтинг - эпигенетический механизм регуляции экспрессии гомологичных генов в процессе развития организма в зависимости от родительского происхождения гена, хромосомы или генома. Эпигенотип (импринт). Импринтированный ген. Однородительская дисомия хромосом. Механизмы формирования однородительской дисомии у человека: комплементация гамет, коррекция моносомии до дисомии, соматическая рекомбинация. Характерные черты импринтированных генов: кластеризация, консервативность импринтинга, асинхронность репликации ДНК импринтированных генов, онтогенетическая и тканевая регуляция импринтинга. Характерные мутации при распространенных наследственных заболеваниях. ДНК-диагностика синдрома Мартина-Белл (синдром ломкой X-хромосомы). ДНК-диагностика в онкологии. Двухударная теория канцерогенеза Кнудсона. Онкогены и гены-супрессоры опухолевого роста. ДНК-диагностика моногенных и дигенных наследственных онкологических заболеваний, маркеров неблагоприятного прогноза, микрометастазов. ПЦР, микрочипы и технологические платформы. Таргетная терапия в онкологии. Номенклатура таргетных препаратов. Таргетная терапия и стандартная химиотерапия. Ингибиторы и модификаторы различных систем репарации ДНК. Применение ингибиторов систем репарации в терапии онкологических заболеваний.

3.2. Перечень разделов, тем дисциплины для самостоятельного изучения обучающимися

Разделы и темы дисциплины для самостоятельного изучения обучающимися в программе не предусмотрены.

4. Тематический план контактной работы обучающихся с преподавателем при проведении занятий

№ п/п	Виды учебных занятий*	Период обучения (семестр). Порядковые номера и наименования разделов (при наличии), тем, учебных занятий	Количество часов контактной работы	Виды текущего контроля успеваемости**	Формы проведения текущего контроля успеваемости***			
					КП	ОУ	ОП	ОК
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6 семестр								
Раздел 1. Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки								
Тема 1. История развития генетики и молекулярной биологии. Основные законы генетики. Взаимосвязь генетики и молекулярной биологии								
1	ЛЗ	История развития генетики и молекулярной биологии. Основные законы генетики. Взаимосвязь генетики и молекулярной биологии	2	Д	1			1
Раздел 2. Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот								
Тема 1. От нуклеотидов к геномам: структура и функции нуклеиновых кислот								
2	ЛЗ	От нуклеотидов к геномам: структура и функции нуклеиновых кислот	2	Д	1			1
3	ЛПЗ	Основные принципы и методы молекулярного клонирования. Обработка плазмидной ДНК эндонуклеазами рестрикции	4	Т	1		1	1
Тема 2. Репликация ДНК								
4	ЛЗ	Репликация ДНК	2	Д	1		1	1
Тема 3. Механизмы регуляции поведения клеток. Клеточный цикл								
5	ЛЗ	Механизмы регуляции поведения клеток. Клеточный цикл	2	Д	1		1	1
Тема 4. Репарация ДНК								
6	ЛПЗ	Принципы электрофоретического разделения фрагментов ДНК. Ферменты модификации ДНК. Выделение ДНК из геля на колонках. Лигирование кДНК целевого гена в плазмидный вектор	4	Т	1		1	1
7	ЛЗ	Репарация ДНК	2	Д	1		1	1
Тема 5. Генетическая рекомбинация								
8	ЛЗ	Генетическая рекомбинация	2	Д	1		1	1
9	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделам 1–2	4	Р	1		1	1
Раздел 3. Основы регуляции экспрессии генов								
Тема 1. Транскрипция у прокариот. Транскрипция у эукариот								
10	ЛЗ	Транскрипция у прокариот. Транскрипция у эукариот	2	Д	1		1	1
11	ЛПЗ	Трансформация бактериальных клеток плазмидами. Методы селекции рекомбинантных клонов	4	Т	1		1	1
Тема 2. Регуляция экспрессии генов								
12	ЛЗ	Регуляция экспрессии генов	2	Д	1		1	1
Тема 3. Процессинг первичных транскриптов								
13	ЛЗ	Процессинг первичных транскриптов	2	Д	1		1	1
Тема 4. Некодирующие РНК								
14	ЛЗ	Некодирующие РНК	2	Д	1		1	1
15	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделу 3	4	Р	1		1	1
Раздел 4. Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков								
Тема 1. Генетический код. Дорибосомный этап биосинтеза белков.								
16	ЛЗ	Генетический код. Дорибосомный этап биосинтеза белков.	2	Д	1		1	1
17	ЛПЗ	Знакомство с принципами ПЦР. Отбор клонов, содержащих вектор с целевым геном, методом ПЦР	4	Т	1		1	1
Тема 2. Рибосома. Биосинтез белков								
18	ЛЗ	Рибосома. Биосинтез белков	2	Д	1		1	1
Тема 3. Структурная организация белка в клетке.								
19	ЛЗ	Структурная организация белка в клетке.	2	Д	1		1	1

№ п/п	Виды учебных занятий*	Период обучения (семестр). Порядковые номера и наименования разделов (при наличии), тем, учебных занятий	Количество часов контактной работы	Виды текущего контроля успеваемости**	Формы проведения текущего контроля успеваемости***			
					КП	ОУ	ОП	ОК
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тема 4. Посттрансляционные модификации белков								
20	ЛЗ	Посттрансляционные модификации белков	2	Д	1		1	1
Тема 5. Фолдинг белков в клетке. Шапероны Контроль качества белков в клетке. Механизмы деградации белков в клетке								
21	ЛЗ	Фолдинг белков в клетке. Шапероны Контроль качества белков в клетке. Механизмы деградации белков в клетке	2	Д	1		1	1
Тема 6. Транспорт белков в клетке.								
22	ЛЗ	Транспорт белков в клетке.	2	Д	1		1	1
23	К	Текущий рубежный (модульный) контроль по разделу 4	4	Р	1		1	1
24	З	Зачет (итоговый контроль)	4	ПА	1			1
		Всего в семестре	64		23		21	23
7 семестр								
Раздел 1. Молекулярная организация клетки. Клонирование генов и экспрессия их продуктов								
Тема 1. Молекулярные механизмы передачи сигнала								
25	ЛЗ	Молекулярные механизмы передачи сигнала	2	Д	1	1	1	1
Тема 2. Цитоскелет эукариотических клеток								
26	ЛЗ	Цитоскелет эукариотических клеток	2	Д	1	1	1	1
Тема 3. Принципы межклеточного взаимодействия. Экстрацеллюлярный матрикс. Молекулы адгезии.								
27	ЛЗ	Принципы межклеточного взаимодействия. Экстрацеллюлярный матрикс. Молекулы адгезии.	2	Д	1	1	1	1
Тема 4. Механизмы апоптоза. Апоптоз и патологические состояния								
28	ЛЗ	Механизмы апоптоза. Апоптоз и патологические состояния	2	Д	1	1	1	1
Тема 5. Клонирование генов и экспрессия их продуктов								
29	СЗ	Система хозяин – вектор. Основные свойства векторов, используемых в генной инженерии	2	Д	1	1	1	1
30	СЗ	Стратегии полногеномного секвенирования	2	Д	1	1	1	1
31	СЗ	Поклоения методов секвенирования – принципы методов.	2	Д	1	1	1	1
32	СЗ	Оптимизация экспрессии чужеродного белка в E.coli	2	Д	1	1	1	1
33	СЗ	Клонирование в эукариотах	2	Т	1	1	1	1
34	СЗ	Методы анализ транскриптома	2	Д	1	1	1	1
35	СЗ	Редактирование генома	2	Д	1	1	1	1
36	К	Коллоквиум по разделу 5	2	Р	1	1	1	1
Раздел 2. Функционирование генов и геномов. Основы молекулярной диагностики								
Тема 1. Понятие об эпигенетике								
37	ЛЗ	Понятие об эпигенетике	2	Д	1	1	1	1
Тема 2. 3D геномика								
38	ЛЗ	3D геномика	2	Д	1	1	1	1
Тема 3. Репрограммирование транскрипционных программ								
39	ЛЗ	Репрограммирование транскрипционных программ	2	Д	1	1	1	1
Тема 4. Живые тексты: анатомия и разнообразие геномов								
40	ЛЗ	Живые тексты: анатомия и разнообразие геномов	2	Д	1	1	1	1
Тема 5. Геномная революция								
41	ЛЗ	Геномная революция	2	Д	1	1	1	1
Тема 6. Стволовые и прогениторные клетки								
42	ЛЗ	Стволовые и прогениторные клетки	2	Д	1	1	1	1
Тема 7. Основы клеточной инженерии и генной терапии								
43	ЛЗ	Основы клеточной инженерии и генной терапии	2	Д	1	1	1	1
Тема 8. Современные инструменты генетического редактирования								
44	ЛЗ	Практическая геномика	2	Д	1	1	1	1
Тема 9. Понятие о синтетической биологии								
45	ЛЗ	Понятие о синтетической биологии	2	Д	1	1	1	1
Тема 10. Геномы вирусов								

№ п/п	Виды учебных занятий*	Период обучения (семестр). Порядковые номера и наименования разделов (при наличии), тем, учебных занятий	Количество часов контактной работы	Виды текущего контроля успеваемости**	Формы проведения текущего контроля успеваемости***			
					КП	ОУ	ОП	ОК
1	2	3	4	5	6	7	8	9
46	ЛЗ	Геномы вирусов	2	Д	1	1	1	1
Тема 11. Геномика патологических состояний								
47	ЛЗ	Геномика патологических состояний	2	Д	1	1	1	1
Тема 12. Популяционная геномика. Этническая геномика. Геномика и эпигеномика древней ДНК								
48	ЛЗ	Популяционная геномика. Этническая геномика. Геномика и эпигеномика древней ДНК	2	Д	1	1	1	1
Тема 13. ДНК-диагностика – практический подход								
49	СЗ	Изучение роли генетических составляющих в этиологии и патогенезе заболеваний человека.	2	Д	1	1	1	1
50	СЗ	Исследование метилирования ДНК	2	Д	1	1	1	1
51	СЗ	Методы прямой и косвенной ДНК- диагностики	2	Д	1	1	1	1
52	СЗ	Молекулярно-генетическая диагностика болезней экспансии повторяющихся последовательностей. Общие принципы лабораторной диагностики болезней экспансии	2	Т	1	1	1	1
53	СЗ	Общие подходы к молекулярно- генетической диагностике в онкологии	2	Д	1	1	1	1
54	СЗ	Нарушения системы репарации ДНК — роль в онкогенезе и терапии злокачественных новообразований	2	Д	1	1	1	1
55	К	Коллоквиум по разделу 6	2	Р	1	1	1	1
56	К	Итоговое занятие. Текущий итоговый контроль по разделам 5 и 6	2	Р	1	1	1	1
57	Э	Экзамен	9	ПА	1	1	1	1
		Всего в семестре	73		32	32	32	32
		Всего по дисциплине	137		55	32	53	55

(* , **, *** смотри условные обозначения)

Условные обозначения

Виды учебных занятий*

Виды учебных занятий	Сокращённое наименование	
Лекционное занятие	Лекция	ЛЗ
Лабораторно-практическое занятие	Лабораторно-практическое	ЛПЗ
Семинарское занятие	Семинар	СЗ
Коллоквиум	Коллоквиум	К

Виды текущего контроля успеваемости (ВТК)**

Виды текущего контроля успеваемости (ВТК)	Сокращённое наименование		Содержание
Текущий дисциплинирующий контроль	Дисциплинирующий	Д	Контроль посещаемости занятий обучающимся
Текущий тематический контроль	Тематический	Т	Оценка усвоения обучающимся знаний, умений и опыта практической деятельности по теме занятия
Текущий рубежный контроль	Рубежный	Р	Оценка усвоения обучающимся знаний, умений и опыта практической деятельности по теме (разделу, модулю) дисциплины

Формы проведения текущего контроля успеваемости обучающихся ***

№	Формы проведения текущего контроля успеваемости обучающихся (ФПТКУ)	Техническое и сокращённое наименование		Возможность проведения текущего контроля успеваемости по видам контроля		
				Д	Т	Р
1	Контроль присутствия	Присутствие	КП	+		
2	Опрос устный	Опрос устный	ОУ			
3	Опрос письменный	Опрос письменный	ОП		+	
4	Опрос комбинированный	Опрос комбинированный	ОК			+

5. Промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине Оценочные средства промежуточной аттестации

5.1. Формы промежуточной аттестации

Семестр	Форма промежуточной аттестации****	Форма проведения промежуточной аттестации
1	2	3
6 семестр	Зачет	Контроль присутствия, Опрос комбинированный
7 семестр	Экзамен	Контроль присутствия, Опрос устный, Опрос письменный, Опрос комбинированный

Условные обозначения ****

Формы промежуточной аттестации	Сокращённое наименование	
Экзамен	Экзамен	Э
Зачет	Зачет	З

5.2 Критерии выставления оценок

Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме зачета

6 семестр

Шкала оценивания	Критерии выставления оценок
«зачтено»	Обучающийся владеет базовым теоретическим материалом в рамках программы; умеет применять знания на практике, решая типовые задачи; способен ответить на дополнительные вопросы преподавателя без грубых фактических ошибок; обучающимся выполнены все обязательные практические, лабораторные или курсовые работы (реферат); не имеет задолженностей по промежуточным опросам, которые предусмотрены тематическим планом
«не зачтено»	Обучающийся не владеет базовым теоретическим материалом в рамках программы; обучающийся имеет задолженности по практическим, лабораторным или курсовым работам (реферат); имеет задолженности по промежуточным опросам, которые предусмотрены тематическим планом

Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме экзамена

7 семестр

Шкала оценивания	Критерии выставления оценок
«неудовлетворительно»	Обучающийся демонстрирует отсутствие знаний значительной части материала, предусмотренного программой дисциплины; базовые понятия не усвоены; обучающийся не может ответить материал экзаменационного билета, допускает принципиальные ошибки в базовых определениях или грубые ошибки, искажающие суть дисциплины
«хорошо»	Обучающийся демонстрирует твердое знание материала, предусмотренного программой дисциплины; ответы обучающегося правильные и структурированные, но допускаются небольшие неточности или не принципиальные ошибки, которые обучающийся исправляет сам или с минимальной помощью экзаменатора
«удовлетворительно»	Обучающийся демонстрирует только базовое знание материала, предусмотренного программой дисциплины; обучающийся отвечает неуверенно, отсутствует четкое понимание деталей, присутствуют логические разрывы, грубые ошибки и для раскрытия сути билета требуются наводящие вопросы экзаменатора
«отлично»	Обучающийся демонстрирует глубокое и систематизированное знание материала, предусмотренного программой дисциплины; четкое понимание сущности рассматриваемых процессов, явлений и концепций, умение применять теорию на практике; ответы обучающегося логичны, последовательны, без ошибок и наводящих вопросов преподавателя; обучающийся свободно оперирует терминологией

6. Структура рейтинга по дисциплине

6.1. Обучающийся имеет право пройти промежуточную аттестацию по дисциплине или её части на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине в соответствующем семестре.

6.2. Критерии, показатели проведения текущего контроля успеваемости с использованием балльно-рейтинговой системы (по семестрам и формам промежуточной аттестации)

Рейтинг по дисциплине рассчитывается по результатам текущей успеваемости обучающегося. Тип контроля по всем формам контроля дифференцированный, выставляются оценки по шкале: "неудовлетворительно", "удовлетворительно", "хорошо", "отлично". Исходя из соотношения и количества контролей, рассчитываются рейтинговые баллы, соответствующие системе дифференцированного контроля.

6 семестр

Виды занятий		Формы проведения текущего контроля успеваемости		Кол-во контролей	Макс. кол-во баллов	Соответствие оценок рейтинговым баллам				
						ТК	ВТК	Отл.	Хор.	Удовл.
Лабораторно-практическое занятие	ЛПЗ	Опрос письменный	ОП	4	204	В	Т	51	34	17
Коллоквиум	К	Опрос комбинированный	ОК	3	351	В	Р	117	78	39
Сумма баллов по дисциплине за семестр					555					

7 семестр

Виды занятий		Формы проведения текущего контроля успеваемости		Кол-во контролей	Макс. кол-во баллов	Соответствие оценок рейтинговым баллам				
						ТК	ВТК	Отл.	Хор.	Удовл.
Семинарское занятие	СЗ	Опрос письменный	ОП	2	102	В	Т	51	34	17
Коллоквиум	К	Опрос комбинированный	ОК	3	351	В	Р	117	78	39
Сумма баллов по дисциплине за семестр					453					

Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме зачета (на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине (модулю) или её части в семестре)

6 семестр

Шкала оценивания	Критерии выставления оценки
«зачтено»	Рейтинговый балл — не менее 60 % (не менее 330 баллов) и Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре
«не зачтено»	Рейтинговый балл — менее 60 % (менее 330 баллов) и/или Получение оценки ниже «удовлетворительно» за прохождение хотя бы одного текущего рубежного контроля в семестре или не прохождение рубежного контроля

Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме экзамена (на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине (модулю) или её части)

7 семестр

Шкала оценивания	Критерии выставления оценки
«отлично»	Рейтинговый балл не менее 90 % (не менее 900 баллов) и Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре

Шкала оценивания	Критерии выставления оценки
«хорошо»	Рейтинговый балл не менее 75 % (не менее 750 баллов) и Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре
«удовлетворительно»	Рейтинговый балл не менее 60 % (не менее 600 баллов) и Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре
«неудовлетворительно»	Рейтинговый балл менее 60 % (менее 600 баллов) и/или Получение оценки ниже «удовлетворительно» за прохождение хотя бы одного текущего рубежного контроля в семестре или не прохождение рубежного контроля

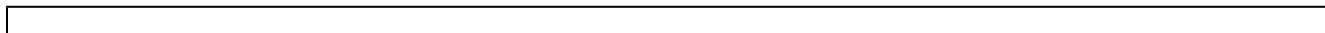
7. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

6 семестр

Перечень контрольных нормативов для подготовки к промежуточной аттестации в форме зачёта

1. Принципы электрофоретического разделения фрагментов ДНК
2. Ферменты модификации ДНК
3. Виды векторов и их практическое применение
4. Виды трансформации бактериальных клеток
5. Методы отбора трансформированных бактерий
6. Получение рекомбинантных белков
7. Основные принципы ПЦР
8. Выделение ДНК и РНК
9. Секвенирование ДНК по Сэнгеру
10. Обзор методов анализа межбелковых взаимодействий
11. Дистанционные взаимодействия между регуляторными элементами генома
12. Влияние различных модификаций ДНК и гистонов на регуляцию транскрипции
13. Современные представления об архитектуре хроматина
14. Механизм формирования и функционирования РсG и HP1 зависимых репрессивных комплексов
15. Механизм инактивации X хромосомы млекопитающих
16. Теломеры насекомых и млекопитающих. Строение. Механизмы удлинения. Биологическое значение
17. Молекулярные основы синхронизации клеточного цикла и репликации
18. РНК мир. Рибозимы
19. Внехромосомное наследование. Особенности геномов митохондрий и пластид
20. Механизмы формирования и функционирования инсуляторных белковых комплексов. Их роль в формировании архитектуры генома.

Образец билета для проведения зачета



ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)

Кафедра молекулярной биологии и медицинской биотехнологии МБФ

Билет № _____

для проведения зачета по дисциплине «Молекулярная биология и генетика» по
программе специалитета по специальности 30.05.02 Медицинская биофизика
направленность (профиль) Медицинская биофизика

1. Принципы электрофоретического разделения фрагментов ДНК

Кафедра молекулярной биологии и медицинской
биотехнологии МБФ

Заведующий кафедрой
Прохорчук Егор Борисович
Доктор биологических наук,
Член-корреспондент
Российской академии наук

7 семестр

Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации в форме экзамена

1. Методы определения уровня метилирования ДНК. Методы детектирования ДНК белковых взаимодействий.
2. Использование современной микроскопии для наблюдения за единичными молекулами транскрипционных факторов. LLSM микроскопия
3. Роль 5 метилцитозина и его окисленных форм в норме и патологии у позвоночных. ЦфГ островки. Умение считать observed/expected для ЦфГ островков
4. Динамика метилирования в гаметах и при эмбриональном развитии. Тайминг X инактивации. Молекулярная биология белков семейства Поликомб
5. Случай с яровизацией у растений. Роль генов FLC, DRM и CMT. РНК направленное метилирование ДНК у растений
6. Методика проведения GWAS экспериментов. Логистическая регрессия. Поправка Бонферони
7. Геномика рака. Мутации в генах раковых супрессорах. Примеры эпимутаций, характерных для раковых клеток
8. Современные инструменты/базы данных для изучения соматических мутаций в раках. COSMIC, ICGC, TCGA. Пример работы консорциума по секвенированию рака почки (работа Ghislane Scelo 2014). Принципы проведения персонализированной терапии рака. Примеры противораковых лекарств, назначаемых по результатам генетического анализа раковых клеток

9. Строение хроматина. Гистоновые марки. Основные белки и белковые комплексы, принимающие участие в установлении гистоновых профилей. Бивалентные марки. Динамика гистоновых марок при эмбриональном развитии позвоночных. Молекулярная биология белков семейства Поликомб
10. Геномный импринтинг. Факторы, влияющие на геномный импринтинг. Примеры болезней человека, при которых нарушается геномный импринтинг
11. Инактивация X хромосомы у человека. Механизм X инактивации. Молекулярная биология белков семейства Поликомб
12. Геномика и эпигеномика древней ДНК. F3 и F4 статистика. F3 outgroup статистика. ABBA/BABA. Вклад денисовцев и неандертальцев в современный генофонд
13. Популяционная генетика. Митохондриальные и Y хромосомальные гаплогруппы. PCA анализ. Admixture. F3 и F4 статистика. F3 outgroup статистика. ABBA/BABA
14. Современные генетические методы для репродуктивного здоровья. Скрининг на моногенные болезни, неинвазивная пренатальная диагностика (включая статистику Стьюдента и t критерий), предимплантационная генетическая диагностика
15. Геномика и эпигеномика соматического репрограммирования. Факторы Яманаки
16. Геномика и эпигеномика адаптационных процессов на примере трехиглой колюшки. Понятие об эпигенетической энтропии. Примеры расчета энтропии с учетом формул для «энергии Изинга»
17. Хромосомные территории. Методы для учета «дальних» взаимодействий внутри хромосомы. Роль CTCF в образовании TAD. Корреляции между границами TAD и местами переключений «конкордантное/дисконкордантное метилирование»
18. Трансгенерационное наследование. Примеры работ по передаче ответа на ранний стресс (работа Tamara Franklin), на ацетофенон (работа Brian Dias), на «голландский голод» весны 1945 года (работа Bastiaan Heijmans)
19. Эпигенетика повреждения ДНК. Гомологичная и негомологичная рекомбинация. NHEJ. Генетическое и эпигенетическое редактирование
20. Метод молекулярных баркодов. Жидкие биопсии в диагностике раковых заболеваний. Использование эпигенетической информации для диагностики генетических аномалий в свободноциркулирующей ДНК
21. Минимальный геном: экспериментальный и биоинформатический подход
22. Принципы инженерии в биологии
23. Поколения методов секвенирования – принципы методов
24. . Структура генома вирионов, способы репликации и вероятный сценарий возникновения в ходе эволюции
25. Подходы к определению критериев вида у прокариот
26. Структурные особенности генома динофлагеллят

27. Стволовые и прогениторные клетки. Основные характеристики стволовых и прогениторных клеток. Молекулярные маркеры стволовых и прогениторных клеток. Понятие ниши
28. Эпителиально-мезенхимальный и мезенхимально-эпителиальный переходы в онтогенезе и при патологических процессах
29. Индуцированные плюрипотентные клетки
30. Использование стволовых/прогениторных клеток в терапии

Образец билета для проведения экзамена

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)

Кафедра молекулярной биологии и медицинской биотехнологии МБФ

Билет № _____

для проведения экзамена по дисциплине «Молекулярная биология и генетика» по
программе специалитета по специальности 30.05.02 Медицинская биофизика
направленность (профиль) Медицинская биофизика

1. РНК-полимеразы бактерий и эукариот.

2. Подходы к определению критериев вида у прокариот.

Кафедра молекулярной биологии и медицинской
биотехнологии МБФ

Заведующий кафедрой
Прохорчук Егор Борисович
Доктор биологических наук,
Член-корреспондент
Российской академии наук

8. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины

Методические указания для подготовки к занятиям лекционного типа

- внимательно изучить материал предыдущей лекции;
- ознакомиться с учебным материалом по учебнику, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам с темой прочитанной лекции;
- внести дополнения к полученным ранее знаниям по теме лекции на полях лекционной тетради либо в виде комментариев в файле с записью лекции;
- записать возможные вопросы, которые следует задать преподавателю по материалу изученной лекции.

Методические указания для подготовки к занятиям семинарского типа

- внимательно изучить теоретический материал по конспекту лекции, учебникам, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам;
- подготовиться к выступлению на заданную тему, если данное задание предусмотрено по дисциплине;
- выполнить письменную работу, если данное задание предусмотрено по дисциплине;
- подготовить доклад, презентацию или реферат, если данное задание предусмотрено по дисциплине.

Методические указания для подготовки к занятиям лабораторно-практического типа

- внимательно изучить теоретический материал по конспекту лекции, учебникам, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам;
- тщательно изучить и законспектировать методики проведения экспериментов;
- проработать тестовые задания и ситуационные задачи, которые были рекомендованы для самостоятельного решения.

Методические указания для подготовки к коллоквиуму (текущий рубежный контроль)

- изучить учебный материал по темам в составе контролируемого раздела дисциплины;
- освоить практические навыки молекулярного клонирования и оформить протоколы лабораторных работ, входящих в контролируемый раздел дисциплины;
- освоить методы планирования и анализа молекулярно-биологических экспериментов;
- проработать ситуационные задачи, которые решались на занятиях или были рекомендованы для самостоятельного решения;
- подготовить итоговый реферат по выбранной преподавателем теме.

Методические указания для подготовки и защиты реферата

– Требования к оформлению титульного листа: вверху страницы по центру указывается название учебного заведения (ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России), ниже по центру название кафедры (Кафедра молекулярной биологии и медицинской биотехнологии). В середине страницы по центру заглавными буквами пишется название реферата (темы реферата выбирается из предложенного преподавателем списка). Ниже названия справа пишется фамилия и инициалы исполнителя с указанием факультета и номера группы, ниже фамилия и инициалы преподавателя. Внизу страницы по центру – город и год написания.

– Требования к содержанию реферата: реферат включает введение, основную часть и заключительную часть. Во введении приводится краткое обоснование актуальности темы, научное и практическое значение для соответствующей отрасли. Основная часть реферата содержит материал, который отобран студентом для рассмотрения проблемы. В общем смысле основным в реферате должно быть раскрытие темы, достижение того результата, который задан целью. В заключении автор формулирует выводы по разделам реферата или подводит итог по работе в целом.

– Требования к наглядным материалам: наглядными материалами могут служить рисунки, фотографии, графики, диаграммы, таблицы и т.д. Все вышеперечисленное должно иметь сквозную нумерацию и обязательные ссылки в тексте.

– Требования к списку используемой литературы: при подготовке реферата основные использованные литературные источники должны быть не ранее 2015-го года. Источники должны быть перечислены в алфавитной последовательности (по авторам). Список должен включать не менее 7 источников.

Методические указания для подготовки к экзамену

- ознакомиться со списком вопросов и практических заданий, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена;
- проанализировать материал и наметить последовательность его повторения;

- определить наиболее простые и сложные темы и (или) разделы дисциплины;
- повторить материал по наиболее значимым/сложным темам и (или) разделам дисциплины по конспектам лекций и учебной литературе, а также электронным образовательным ресурсам;
- повторить схемы, таблицы, изученные в процессе освоения дисциплины;
- подготовить реферат на выбранную тему.

Методические указания для самостоятельной работы студентов (СРС)

Выполнение домашних заданий, которое осуществляется в форме:

- работы с учебной, учебно-методической литературой по теме, электронными образовательными ресурсами, с конспектами обучающегося;
- решения ситуационных задач;
- решения тестовых заданий;
- подготовки реферата.

Перечень тем рефератов

6 семестр

1. Принципы электрофоретического разделения фрагментов ДНК
2. Ферменты модификации ДНК
3. Виды векторов и их практическое применение
4. Виды трансформации бактериальных клеток
5. Методы отбора трансформированных бактерий
6. Получение рекомбинантных белков
7. Основные принципы ПЦР
8. Выделение ДНК и РНК
9. Секвенирование ДНК по Сэнгеру
10. Обзор методов анализа межбелковых взаимодействий
11. Дистанционные взаимодействия между регуляторными элементами генома
12. Влияние различных модификаций ДНК и гистонов на регуляцию транскрипции
13. Современные представления об архитектуре хроматина
14. Механизм формирования и функционирования РсG и HP1 зависимых репрессионных комплексов
15. Механизм инактивации X хромосомы млекопитающих
16. Теломеры насекомых и млекопитающих. Строение. Механизмы удлинения. Биологическое значение
17. Молекулярные основы синхронизации клеточного цикла и репликации
18. РНК мир. Рибозимы
19. Внехромосомное наследование. Особенности геномов митохондрий и пластид

20. Механизмы формирования и функционирования инсуляторных белковых комплексов. Их роль в формировании архитектуры генома.

9. Учебно-методическое, информационное и материально-техническое обеспечение дисциплины

9.1. Перечень литературы по дисциплине:

№ п/п	Наименование, автор, год и место издания	Рекомендуется при изучении разделов дисциплины	Количество экземпляров в библиотеке	Электронный адрес ресурса
1	2	3	4	5
1	Cell Biology and Genetics, Stubbs M., Suleyman N., 2024 - 2025	Функционирование генов и геномов. Основы молекулярной диагностики	1	
2	Молекулярная биология: рибосомы и биосинтез белка, Спирин А. С., 2024 - 2025	Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков	55	
3	Молекулярная биология: [учебник для высшего профессионального образования], Коничев А. С., Севастьянова Г. А., 2024 - 2025	Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки	70	
4	Гены по Льюину, Кребс Дж., Голдштейн Э., 2024 - 2025	Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки	0	https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=109bn.pdf&show=dcatalogues/1/5080/109bn.pdf&view=true
5	Основы молекулярной биологии клетки, Альбертс Б., 2024 - 2025	Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки	55	
6	Молекулярная биология клетки: руководство для врачей, Фаллер Д. М., Шилдс Д., 2024 - 2025	Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки	25	
7	Молекулярная биология клетки: с задачами Д. Уилсона и Т. Ханта, Альбертс Б., 2024 - 2025	Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот	1	
8	Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии: [учебное пособие], Уилсон К., 2024 - 2025	Механизмы трансляции. Структура и биогенез белков Основы регуляции экспрессии генов Структура, свойства и функции нуклеиновых кислот	0	https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=92bn.pdf&show=dcatalogues/1/5059/92bn.pdf&view=true
9	Философия и история генетики: поиски и дискуссии, Фролов И. Т., 2024 - 2025	Введение в предмет. Задачи и основные этапы развития молекулярной биологии и генетики. Современное состояние науки	1	
10	Молекулярная биология клетки: руководство для врачей, Фаллер Д. М., Шилдс Д., 2024 - 2025	Молекулярная организация клетки. Клонирование генов и экспрессия их продуктов	25	
11	Молекулярная биология клетки: с задачами Д. Уилсона и Т. Ханта, Альбертс Б., 2024 - 2025	Молекулярная организация клетки. Клонирование генов и экспрессия их продуктов	1	
12	Основы молекулярной биологии клетки, Альбертс Б., 2024 - 2025	Молекулярная организация клетки. Клонирование генов и экспрессия их продуктов	55	
13	Биомедицинские нанотехнологии, Будкевич Е. В., Будкевич Р. О., 2024 - 2025	Функционирование генов и геномов. Основы молекулярной диагностики	0	https://e.lanbook.com/book/187746
14	Основы персонализированной медицины: медицина XXI века, Джайн К. О., Шарипов К. О., 2024 -	Функционирование генов и геномов. Основы молекулярной диагностики	0	https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785423503437

№ п/п	Наименование, автор, год и место издания	Рекомендуется при изучении разделов дисциплины	Количество экземпляров в библиотеке	Электронный адрес ресурса
1	2	3	4	5
	2025			html
15	Механоуправляемые каналы клеток сердца и их роль в норме и патологии: учебное пособие, Камкин А. Г., 2024 - 2025	Функционирование генов и геномов. Основы молекулярной диагностики	60	
16	NGS. Высокопроизводительное секвенирование, Ребриков Д. В., 2024 - 2025	Функционирование генов и геномов. Основы молекулярной диагностики	0	https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=86bn.pdf&show=dcatalogues/1/5053/86bn.pdf&view=true
17	Т. 66, № 2. Секвенирование следующего поколения в HLA-типировании больных с показаниями к трансплантации аллогенных гемопоэтических стволовых клеток и их доноров, Хамаганова Е. Г., 2024 - 2025	Функционирование генов и геномов. Основы молекулярной диагностики	0	
18	№ 68, № 5. Интерактомия СХХС-белков, участвующих в эпигенетической регуляции генной экспрессии, Ершов П. В., 2024 - 2025	Функционирование генов и геномов. Основы молекулярной диагностики	0	
19	Наследственные болезни: национальное руководство, Байдакова Г. В., 2024 - 2025	Функционирование генов и геномов. Основы молекулярной диагностики	1	

9.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе профессиональных баз данных, необходимых для освоения дисциплины

- База рефератов и полных текстов научных статей PNAS Online <https://www.pnas.org/>
- <https://www.rsl.ru/> - Российская государственная библиотека
- Российская национальная библиотека <https://nlr.ru/>
- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>
- Всемирная организация здравоохранения <https://www.who.int/ru>
- Полнотекстовая база данных «Medline Complete» <https://www.ebsco.com/e/ru-ru>
- Биомолекула – научно-популярное интернет-издание - <https://biomolecula.ru/>
- Электронная библиотечная система РНИМУ <https://library.rsmu.ru/resources/e-lib/els>
- <http://www.biblioclub.ru> (электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» РНИМУ им. Пирогова)
- Консультант студента <http://www.studentlibrary.ru>
- ЭБС «Лань» <https://e.lanbook.com/>
- ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
- ЭБС «Букап» <https://www.books-up.ru/>
- ЭБС «IPR BOOKS» <https://www.iprbookshop.ru/>
- PubMed <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Реферативная и аналитическая база научных публикаций и цитирования издательства Elsevier «Scopus» <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic&zone=header&origin=#basic>
- Аналитическая и цитатная база данных журнальных статей компании Thomson Reuters «Web of Science» <https://clarivate.com/>
- Wiley Online Library <https://onlinelibrary.wiley.com/>
- Платформа Springer Link <https://link.springer.com/>
- Сайт вопросов и ответов по молекулярной биологии - <http://molbiol.ru/>
- Полнотекстовая база и обучающие материалы журнала The New England Journal of Medicine <https://www.nejm.org/>
- Платформа Nature <https://www.nature.com/siteindex>
- Архив научных журналов издательства Annual Reviews <https://www.annualreviews.org/>
- Архив журналов издательства Кембриджского университета Cambridge University Press <https://www.cambridge.org/core/what-we-publish/journals>

25. Архив научных журналов издательства Oxford University Press Oxford Academic <https://academic.oup.com/journals/?login=true>
26. Электронный архив открытого доступа группы журналов BMC Biomedcentral <https://www.biomedcentral.com/>
27. База рефератов и полных текстов научных статей PNAS Online <https://www.pnas.org/>

9.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при наличии)

1. MS Windows в редакциях: 7 Pro, 10 Pro, 11 Pro (x86, x64) – лицензия бессрочно
2. MS Office в редакциях: «Standard», «Professional Plus» (2013, 2016, 2019, 2021(x86, x64)) – лицензия бессрочно
3. MS Visio в редакциях: «Professional» (2013, 2016, 2019, 2021(x86, x64)) – лицензия бессрочно
4. Astra Linux Special Edition, вариант лицензирования «Орел», РУСБ.10015-10 – лицензия бессрочно
5. Adobe Acrobat Reader – свободно распространяемое ПО
6. Гарант (справочная правовая система) – лицензия до 31.07.2027
7. FastStone Image Viewer – свободно распространяемое ПО
8. Яндекс Браузер для организаций – свободно распространяемое ПО
9. Платформа «1С:Предприятие 8», конфигурации «1С:Документооборот государственного учреждения», «1С:Университет ПРОФ», «1С:Медицина» – лицензия бессрочно
10. Единая цифровая образовательная среда РНИМУ им. Н.И. Пирогова – собственная разработка РНИМУ
11. МТС Линк платформа для проведения вебинаров – лицензия до 04.07.2027 г.
12. Антивирус Kaspersky endpoint Security – лицензия до 19.09.2027 г.
13. Архиватор 7-Zip – свободно распространяемое ПО
14. Платформа «Kinescore» - лицензия до 11.03.2027 г.
15. Система управления обучением (LMS) – лицензия бессрочная
16. Ubuntu – свободно распространяемое ПО (ОС с открытым исходным кодом)
17. Debian – свободно распространяемое ПО (ОС с открытым исходным кодом)
18. MS Office (Excel)
19. MS Office (Power Point)
20. Adobe Reader, [get/adobe.com/ru/reader/otherversions](https://get.adobe.com/ru/reader/otherversions), (32 шт.), срок действия лицензии: бессрочно
21. Google Chrom, www.google.ru/intl/ru/chrom/browser/privacy/eula_text.html, (32 шт.), срок действия лицензии: бессрочно
22. MS Office в редакциях: «Standard», «Professional Plus» (2013, 2016, 2019, 2021(x86, x64)) – лицензия бессрочно

9.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), как на территории Университета, так и вне ее.

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает:

- доступ к учебному плану, рабочей программе дисциплины, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочей программе дисциплины;

- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.

Университет располагает следующими видами помещений и оборудования для материально-технического обеспечения образовательной деятельности для реализации образовательной программы дисциплины:

№ п /п	Наименование оборудованных учебных аудиторий	Перечень специализированной мебели, технических средств обучения
1	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения	Столы , Стулья , Экран для проектора , Проектор мультимедийный
2	Аудитория для проведения занятий семинарского типа (практических занятий), лабораторных практикумов, лабораторных работ, демонстрационных экспериментов групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения	Шейкер-инкубатор BioSan ES-20/60 , Столы, фиксированные к полу , Фотометр OD600 DiluPhotometer , Оборудование для электрофореза , Дистиллятор , Скальпель одноразовый стерильный , Груши трехходовые пипеточные , Лабораторная посуда , Экран для проектора , Автоклав для хранения питательных микробиологических сред , Мерные цилиндры , Мерные пипетки , Электрические розетки и подсетка на каждом столе , Термостат твердотельный Гном , Амплификатор , Стулья , Автоклав , Центрифуга настольная для эппендорфов RWD , Термостат , Компьютеры для обучающихся , Держатели для пробирок , Перчатки одноразовые , Весы лабораторные , Холодильник , Реактивы ХЧ и ЧДА , Водяные бани , Чашки Петри , Шпатели , Возможность подключения к сети «Интернет» и обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду , Подключения к компьютеру и принтеру , Трансиллюминатор , pH-метр pH-150МИ , Электрооборудование для лабораторного практикума , Проектор мультимедийный , Установки для лабораторного практикума , Доска магнитно-маркерная , Шейкер-вортекс , Пробирки , Магнитные мешалки , Морозильник на минус 80 0C , Дозаторы пипеточные на 2, 10, 200, 1000 мкл , Маркеры по стеклу , Наглядные материалы (плакаты, схемы)
3	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации	Учебная мебель (столы, стулья), компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду
4	Учебная аудитория для проведения промежуточной	Учебная мебель (столы и стулья для обучающихся), стол, стул преподавателя, персональный компьютер; набор демонстрационного оборудования (проектор, экран, колонки)

№ п /п	Наименование оборудованных учебных аудиторий	Перечень специализированной мебели, технических средств обучения
	аттестации	

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения (состав определяется в рабочей программе дисциплины и подлежит обновлению при необходимости). Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных в рабочей программе дисциплины, на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочей программе дисциплины и подлежит обновлению (при необходимости).

Обучающиеся из числа инвалидов обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.