



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ»
(ФГБНУ «ИЭМ»)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ФГБНУ «ИЭМ»



С.Б. Шевченко
2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ»

<i>Группа научных специальностей</i>	1.5. Биологические науки
<i>Научная специальность</i>	1.5.4. Биохимия
<i>Форма обучения</i>	очная
<i>Срок освоения</i>	4 года
<i>Трудоемкость (в зачетных единицах/ в академических часах)</i>	1/36

Санкт-Петербург
2023

Рабочая программа дисциплины «Молекулярная биология» составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Составители

Научно-педагогические работники ФГБНУ «ИЭМ»:

Васильев В.Б., д.м.н., профессор;

Паткин Е.Л., д.б.н., профессор.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании Ученого совета ФГБНУ «ИЭМ» «27» апреля 2023 года, протокол № 2023-04

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель: совершенствование и приобретение современных знаний, теоретических и практических навыков в области молекулярной биологии, позволяющие аспирантам проводить научные исследования по теме диссертации, способствующие подготовке исследователей и научно-педагогических кадров для работы в научно-исследовательских учреждениях, в практическом здравоохранении в высшей школе.

Задачи:

1. Углубление теоретических знаний по разделам молекулярной биологии с позиций последних достижений науки.
2. Ознакомление аспирантов с методологическими приемами, используемыми в молекулярной биологии.
3. Освоение новых методов интегрального анализа молекулярных процессов в живых системах.
4. Привлечение аспирантов к научным исследованиям, направленным на решение фундаментальных и прикладных задач в области молекулярной биологии.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Молекулярная биология» относится к Блоку 2.1. «Дисциплины (модули)» Образовательного компонента программы аспирантуры и реализуется в 4 семестре. Дисциплина является элективной.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- современные представления о структурной и функциональной организации клеток прокариот и эукариот; модельные объекты, наиболее часто используемые в молекулярной биологии; методы молекулярной биологии; геномику и протеомику; механизмы хранения, передачи, реализации, изменения и восстановления генетической информации; механизмы передачи различных видов сигналов в клетках и между клетками.

Уметь:

- работать на современном оборудовании (световой, электронный, конфокальный микроскопы, электропоратор, ПЦР-термоциклер, секвенаторы, ПЦР в реальном времени, центрифуги) и анализировать полученные с их помощью результаты исследования;
- использовать в экспериментах модели различных клеточных культур и генно-инженерные подходы для геномного и протеомного анализа, уметь интерпретировать получаемые результаты на молекулярном уровне.

Иметь навык:

- планирования и проведения экспериментальных исследований для оценки иммуногенности вакцинных кандидатов; владения методиками оценки врожденного иммунитета в экспериментах на лабораторных животных, методиками оценки адаптивного гуморального иммунного ответа на иммунизацию противовирусными вакцинами, методиками оценки Т-клеточного иммунного ответа на иммунизацию противовирусными вакцинами.
- работы на световых, флюоресцентных электронных и лазерных микроскопах, ПЦР-амплификаторах, секвенаторах, центрифугах, микродиссекторе и другом лабораторном оборудовании, используемом в молекулярной биологии; с микрочиповыми технологиями;
- проведения иммунохимических реакций и анализа полученного материала; расчетов генетических конструкций для получения рекомбинантных молекул, трансгенных и нокаутных животных.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость (акад. час.)	Семестр
		4
Контактная работа (учебные занятия)	18	18
Лекции (Л)	10	10
Практические занятия (ПЗ)	8	8
Самостоятельная работа (СР)	18	18
Промежуточная аттестация по дисциплине: зачет	-*	зачет
Общая трудоемкость: академических часов/зачетных единиц	36/1	

*входит в часы дисциплины

4.2. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	СР	Всего часов
1.	История молекулярной биологии. Прокариотические и эукариотические клетки	1	-	1	2
2.	Характеристика объектов молекулярной биологии. Методический арсенал молекулярной биологии	1	-	2	3
3.	Взаимодействие макромолекул	1	1	1	3
4.	ДНК	1	1	2	4
5.	Репликация	1	1	2	4
6.	Транскрипция	1	1	2	4
7.	Созревание РНК	1	1	2	4
8.	Трансляция	1	1	2	4
9.	Везикулярный транспорт	1	1	2	4
10.	Сигналинг	1	1	2	4
Всего		10	8	18	36

4.3. Содержание дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
1.	История молекулярной биологии. Прокариотические и эукариотические клетки	История становления науки. Клетки прокариот и эукариот. Разнообразие клеток. Особенности строения и упаковки ДНК. Органеллы. Процессы, протекающие в клетках. Биохимические процессы: синтез и распад органических соединений. Цитологические (клеточные) - поддержание строения клетки, механизмы ее деления, передвижения, межклеточное сообщение, построение организма (многоклеточного). Молекулярно-биологические - биосинтез ДНК, РНК и белков, регуляция этого процесса.
2.	Характеристика объектов молекулярной биологии. Методический арсенал молекулярной биологии	Объекты изучения - организмы, которые легко выращивать. Наиболее известные "модельные" организмы - Escherichia coli, Bacillus subtilis, Saccharomyces cerevisiae, Caenorhabditis elegans, Drosophila melanogaster, Mus musculus, Rattus norvegicus. Фенотип - проявление генотипа. Наблюдаемые фенотипы бактерий (и дрожжей) - скорость роста на различных средах, требования к питательным веществам (ауксотрофность), устойчивость к антибиотикам, устойчивость к стрессам. Фенотипы высших эукариот: морфология тела и более

		<p>сложные. Методы молекулярной и клеточной биологии. Микроскопия видимого света, флюоресцентная, конфокальная сканирующая. Методы окрашивания: красители, антитела, конъюгированные с флюоресцентными группами, рекомбинантные белки, соединенные с флюоресцирующими белками, гибридизация с флюоресцентным зондом (FISH). Клеточный сортер. Электронная микроскопия - сканирующая, теневая, электронная томография, крио электронная микроскопия. Методы выделения и детекции компонентов. Способы разрушения клеток. Центрифугирование. Ультрацентрифугирование. Хроматография. Гель-фильтрация, гидрофобная, катионо- и анионообменная, аффинная. Ультрафильтрация. Обработка ферментами. Фенольная депротенинизация. Осаждение нуклеиновых кислот, белков. Гель-электрофорез ДНК и РНК: агарозный и полиакриламидный. Детекция ДНК и РНК: красители, радиоизотопы, флюоресцентные метки, блоттинг по Саузерну и Нозерн-блоттинг. Разделение белков электрофорезом в ПААГ. Детекция белков окрашиванием кумасси, серебром, иммуноблоттинг. Идентификация белков при помощи масс-спектрометрии MALDI. Методы генной инженерии. Вектор. Плазмидные и интегративные вектора. Ферменты и реакции, применяемые в генной инженерии. Эндонуклеазы рестрикции, ДНК-лигаза, полинуклеотид-киназа, щелочная фосфатаза. ДНК-полимеразы. Обратная транскриптаза. Полимеразная цепная реакция. Химический синтез ДНК. Транскрипция <i>in vitro</i>. Сайт-направленный и случайный мутагенез. Рекомбинантные белки. Векторы для экспрессии. Фрагментация нуклеазами рестрикции и модификация ДНК. ДНК-метилтрансферазы. Ферменты рестрикции, их типы и функция. Мегануклеазы. Трансгенные животные. Нокаут генов. Тканеспецифичный нокаут генов. Генный сайленсинг.</p>
3.	Взаимодействие макромолекул	<p>Методы определения структуры макромолекул и их взаимодействия. Прямые методы: ядерный магнитный резонанс и рентгеноструктурный анализ. Методы поиска взаимодействующих молекул: аффинная хроматография, ко-иммунопреципитация, двухгибридная система. Методы поиска взаимодействующих участков макромолекул: делеционный анализ, мутации мест связывания, сшивки, химический и ферментативный пробинг, ограниченный протеолиз, тоупринтинг.</p>
4.	ДНК	<p>ДНК. Химическое строение. Коплементарные пары, типы спиралей. Строение бактериальной и эукариотической хромосомы. Ядро и его области. Хроматин. Нуклеосомы, гистоны и их модификации. Эу- и гетерохроматин. Домены хроматина, участки прикрепления к матриксу. Центромеры и теломеры. Необычные типы ядер: микро и макронуклеусы, их превращения.</p>
5.	Репликация	<p>Репликация ДНК эукариот. Клеточный цикл. Циклины и циклин-зависимые киназы. Контрольные точки (checkpoint). Множественность ориджинов эукариот. Сборка комплекса узнавания ориджина (ORC). Инициация репликации. Координация репликативных процессов. Координация инициации репликации с различных ориджинов. Особенности и ферментативный аппарат репликации эукариот. Сборка хроматина на синтезируемой ДНК. Удлинение теломер. Теломераза. Митоз. Фазы митоза. Разборка ядерной оболочки.</p>

		Профаза. Конденсация хроматина. Конденсины и когезины. Метафаза. Кинетохоры, centrosомы и организация веретена деления. Регуляция начала анафазы. Телофаза. Механизмы возникновения мутаций в ДНК. Динамические, точковые мутации, генные перестройки. Репарация ДНК. Рекомбинация ДНК в мейозе. Контроль контрольных точек клеточного цикла онкогенами и механизмы онкогенеза
6.	Транскрипция	Транскрипция у бактерий. РНК-полимераза, особенности строения и инициации транскрипции. Отличие РНК- и ДНК-полимераз. Промоторы. Последовательность стадий инициации. Закрытый и открытый комплекс. Сигма факторы. Регуляция транскрипции с помощью замены сигма-фактора. Активаторы и репрессоры транскрипции. Альфа субъединица РНК полимеразы, ее взаимодействие с UP-элементами и белками-активаторами. Репрессия и активация транскрипции с помощью изменения геометрии ДНК - ртутный репрессор. Примеры регуляции транскрипции - лактозный оперон, <i>piG</i> -оперон. Регуляция транскрипции с помощью локализации транскрипционного фактора - пример для прокариот. Реитеративная инициация, регуляция с помощью <i>DksA/ppGpp</i> . Атенуация - регуляция транскрипции с помощью изменения вторичной структуры транскрипта. Механизмы аттенуации, зависящие от скорости трансляции, скорости транскрипции, связывания белков. РНК и низкомолекулярных соединений. Рибопереключатели. Терминация и антитерминация. Регуляция экспрессии генов бактериофагов T4 и лямбда. Транскрипция у эукариот. РНК-полимеразы и их специализация. Синтез рРНК и регуляция РНК полимеразы I. Типы генов, транскрибируемых РНК-полимеразой III. Стадии инициации транскрипции РНК-полимеразой III для различных типов генов. Регуляция активности РНК-полимеразы III. РНК-полимераза II. Стадии инициации транскрипции РНК-полимеразой II. Базальные факторы транскрипции, С-концевой домен РНК-полимеразы II и его фосфорилирование в процессе инициации транскрипции. Белки, связанные с С-концевым доменом, медиатор и его функции. Элонгация транскрипции РНК-полимеразой II. Транскрипция и хроматин. Эухроматин и гетерохроматин. Модификации гистонов: ацетилирование, деацетилирование, метилирование, другие модификации. Связь модификаций и степени компактизации хроматина. Ферменты, модифицирующие хроматин. Гистоновый код. Модификация (метилирование) ДНК, связь метилирования ДНК и транскрипции. ДНК-связывающие домены. ДНК связывающие домены спираль-поворот-спираль, лейциновые молнии и цинковые пальцы. Способы регуляции активности транскрипционных факторов - связывание лиганда, модификация, изменение локализации.
7.	Созревание РНК	Особенности строения мРНК. Стадии сплайсинга. Неканонические АТ-АСинтроны, транс-сплайсинг. Полиаденилирование. Взаимодействие процессов созревания и транскрипции пре-мРНК. Созревание пре-тРНК. РНКазы Р. Сплайсинг пре-тРНК. Модификации тРНК. Созревание рРНК. Малые ядрышковые РНК С/D и Н/АСА классов. Созревание рРНК прокариот - индивидуальная модификация нуклеотидов. Необычные формы созревания РНК. Рибозимы I и II группы, каталитический механизм и строение. Формирование 3'-конца мРНК гистонов. Редактирование РНК. Связь созревания и

		транспорта РНК.
8.	Трансляция	<p>Биосинтез белка. Генетический код. Принцип декодирования. Аминоацил-тРНКсинтетазы. Инициация трансляции у прокариот. Участок связывания рибосом на мРНК - последовательность Шайн-Дальгарно, инициаторный кодон и другие особенности. Факторы инициации — IF 1, IF2 и IF3. Пути регуляции инициации трансляции. Регуляция трансляции мРНКрибосомных белков по механизму отрицательной обратной связи (feedback). Регуляция трансляции с помощью связывания белков с участком посадки рибосом (треонил-тРНКсинтетаза, S15). Саморегуляция экспрессии гена infC (кодирует IF3). Биосинтез белка. Цикл элонгации. Связывание аминоацил-тРНК (aa-тРНК) с А-участком рибосомы. EF-Tu - типичный G-белок. Механизм декодирования. Антибиотики, влияющие на декодирование - стрептомицин и паромомицин. Пептидилтрансферазная реакция. Пурамицин. Транслокация. Фактор транслокации EF-G. Терминация трансляции. Стоп-кодны. Факторы терминации. Сходство и различие в узнавании стоп-кодонов и кодонов, кодирующих аминокислоты. Разборка посттерминационного комплекса. Регуляция элонгации и терминации трансляции. Регуляция трансляции с помощью пептидов - secM и tnaC. Антибиотики, связывающиеся с пептид-проводящим туннелем. Индукция экспрессии ErmC. Необычные события в трансляции. Программируемый сдвиг рамки считывания. Регуляция синтеза RF2, DnaX, сдвиг рамки считывания у ретровирусов. Рибосомные “прыжки”. Вставка селеноцистеина, транстраниция. Инициация трансляции у эукариот. Модель Козак. Трансляция мРНК, содержащих IRES-элементы (пикорнавирусные мРНК, мРНК гепатита С и вируса паралича сверчка). Регуляция трансляции у эукариот. Фосфорилирование IF2a. Регуляция трансляции GCN4. 4E-связывающие белки. Регуляция трансляции белком Sxl у дрозофилы. Деградация мРНК. Распад мРНК бактерий - RNКаза E, RNРаза. Распад мРНК эукариот. Деаденилирование, декепирование. Распад “неудачных” мРНК - NMD, non-stop and no-go пути. РНК интерференция. Микро РНК, их функции в развитии нематоды C. elegans. Созревание белков. Шапероны и шаперонины. Цис-транс пролизиомеразы и дисульфид изомераза. Экспорт белков. Бактериальные системы экспорта SRP и SecA зависимые, экспорт через флагеллу. Экспорт белков эукариот. SRP, SRP-рецептор, транслокон. Модификация белков в эндоплазматическом ретикулуме (ЭПР). Гликозилирование и протеолиз. Механизмы коррекции перегрузки ЭПР.</p>
9.	Везикулярный транспорт	<p>Части клетки, сообщающиеся при помощи везикулярного транспорта: ЭПР, аппарат Гольджи, лизосомы, эндосомы, цитоплазматическая мембрана. Механизм формирования везикул: рецепторы, клатрин, коагомер, малые СТРАЗЫ. Механизм узнавания целевого компартмента везикулами: Rab-белки, c-SNARE, v-SNARE. Транспорт в митохондрии и хлоропласты. Сигналы транспорта. Комплексы TOM и TIM. Вставка белков во внутреннюю мембрану митохондрий, использование трансмембранного потенциала.</p>
10.	Сигналинг	<p>Регуляция процессов внутри клетки с помощью внеклеточных сигналов. Примеры передачи регуляторных сигналов от поверхности клеток в ядро. Ядерные рецепторы -</p>

	транскрипционные факторы. Рецепторы, действующие через гетеротримерные G-белки. Циклический АМР и другие вторичные посредники передачи сигнала. Рецепторы тирозин киназы. Белок Ras и MAP-киназный каскад. Рецепторы, ассоциированные с тирозин-киназами. STAT- белки. Рецепторы серин/треонинкиназы, Smad-белки. Рецепторы, подвергающиеся протеолизу при связывании лиганда (Delta/Notch). Регуляция дифференцировки с помощью рецептора Toll у дрозофилы. Toll-подобные рецепторы в иммунной системе.
--	--

Тематический план лекций

№ п/п	Название тем лекций	Трудоемкость (акад. час.)
1.	История становления науки. Клетки прокариот и эукариот. Разнообразие клеток. Строение органелл, их биосинтетический аппарат.	1
2.	Объекты изучения - организмы, которые легко выращивать. Наиболее известные "модельные" организмы - Escherichia coli, Bacillus subtilis, Saccharomyces cerevisiae, Caenorhabditis elegans, Drosophila melanogaster, Mus musculus, Rattus norvegicus.	1
3.	Типы связей, обуславливающих взаимодействие молекул. Характерные мотивы в белках и в ДНК, опосредующие белок-нуклеиновое взаимодействие. Связывание белков в большой и малой бороздках ДНК.	1
4.	Структура ДНК по Уотсону-Крику. Альтернативные модели ДНК, их существование в природе.	1
5.	Репликация ДНК. Доказательство полуконсервативного механизма репликации ДНК. Опыт Мезелсона-Сталя. Топология репликации ДНК. Энзимология репликации ДНК. Реплисома. Механизмы мутагенеза.	1
6.	Различия в транскрипции у про- и эукариот. Инициация транскрипции. Структура промоторов. Элонгация транскрипции. Терминация транскрипции.	1
7.	Сплайсинг РНК. Другие посттранскрипционные модификации мРНК и тРНК у про- и эукариот.	1
8.	Различия в аппарате трансляции, про- и эукариот. Трансляция в эукариотических органеллах.	1
9.	Транспорт белков в аппарат Гольджи и на клеточную мембрану. Гликозилирование белков.	1
10.	Регуляция процессов внутри клетки с помощью внеклеточных сигналов. Примеры передачи регуляторных сигналов от поверхности клеток в ядро.	1
Всего		10

Тематический план практических занятий

№ п/п	Название тем практических занятий	Трудоемкость (акад. час.)
1.	Рентгеноструктурный анализ. Методы поиска взаимодействующих молекул. Двухгибридная система.	1
2.	Химическое строение ДНК. Комплементарные пары, типы спиралей. Строение бактериальной и эукариотической хромосомы. Организация хроматина.	1
3.	Репликация ДНК эукариот. Клеточный цикл. Циклины и циклин-зависимые киназы. Контрольные точки (checkpoint). Множественность ориджинов эукариот. Теломеры, их репликация.	1
4.	Транскрипция у бактерий и эукариот. Регуляция активности генов, модель оперона. Принципиальные отличия в регуляции экспрессии генов	1

	эукариот. Дифференциальная экспрессия генов как основа клеточной дифференцировки при развитии многоклеточного организма.	
5.	Процессинг и сплайсинг РНК: премРНК, пре-тРНК. РНК-интерференция.	1
6.	Строение рибосом про- и эукариот. Инициация транскрипции у про- и эукариот. Пептидилтрансферазная реакция, ключевая роль рРНК. Генетический код, его свойства.	1
7.	Части клетки, сообщающиеся при помощи везикулярного транспорта: ЭПР, аппарат Гольджи, лизосомы, эндосомы, цитоплазматическая мембрана. Механизм формирования везикул: рецепторы, клатрин, коатомер.	1
8.	Ядерные рецепторы - транскрипционные факторы. Рецепторы, действующие через гетеротримерные G-белки.	1
Всего		8

Самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость (акад. час.)
1.	История молекулярной биологии. Прокариотические и эукариотические клетки	Работа с лекционным материалом	2
2.	Характеристика объектов молекулярной биологии. Методический арсенал молекулярной биологии	Работа с литературой Подготовка к тестированию	3
3.	Взаимодействие макромолекул	Подготовка к	3
4.	ДНК	практическим занятиям	4
5.	Репликация	Подготовка к зачету	4
6.	Транскрипция		4
7.	Созревание РНК		4
8.	Трансляция		4
9.	Везикулярный транспорт		4
10.	Сигналинг		4
Всего			18

5. Образовательные технологии

При освоении дисциплины используются следующие образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии (компьютеры, телекоммуникационные сети, интернет, электронные библиотеки, базы данных);
- коммуникативные технологии (проведение наблюдения, обсуждение решения проблемы в процессе собеседования);
- технология проблемного обучения (создание проблемных ситуаций и организация активной самостоятельной деятельности по их разрешению);
- научно-исследовательская технология (систематизация и анализ научной информации, проведение исследований, обобщение полученных результатов).

6. Контроль освоения дисциплины

Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине включают в себя оценочные средства, процедуру и критерии оценивания (Приложение А к рабочей программе дисциплины).

По итогу освоения дисциплины аспирант предоставляет отчет о выполнении индивидуального учебного плана на заседании отдела по научной специальности (Приложение 1).

6.1. Текущий контроль успеваемости

Текущий контроль успеваемости по дисциплине проводится преподавателем в форме собеседования по вопросам и тестирования по итогам выполнения аспирантом самостоятельной работы согласно индивидуальному учебному плану.

6.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация результатов освоения дисциплины в форме зачета проводится преподавателем по контрольным вопросам в конце семестра согласно индивидуальному учебному плану.

6.3. Критерии оценки

Критерии оценки зачета

Оценка «Зачтено» - аспирант демонстрирует полное знание учебного материала: знает основные понятия в рамках обсуждаемого вопроса, методы изучения и их взаимосвязь между собой, практические проблемы и имеет представление о перспективных направлениях разработки рассматриваемого вопроса

Оценка «Не зачтено» - аспирант демонстрирует существенные пробелы в знаниях учебного материала: не знает основные понятия, методы изучения, в рамках обсуждаемого вопроса не имеет представления об основных практических проблемах

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Литература

1. Иванищев В. В. Молекулярная биология : учебник / В. В. Иванищев. - Москва : РИОР : ИНФРА-М, 2018. - 223 с.
2. Спиринов А.С. Молекулярная биология : рибосомы и биосинтез белка : учебное пособие : [для студентов-биологов, аспирантов] / А. С. Спиринов. - Москва : Лаборатория знаний, 2018. - 575 с.
3. Редактирование генов и геномов / отв. Ред.: С. М. Закиян, С. П. Медведев, Е. В. Дементьева, В. В. Власов. Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, ФИЦ Ин-т цитологии и генетики [и др.] - Новосибирск: Издательство СО РАН, 2016. – 432 с.
4. Кребс Дж. Гены по Льюису/Дж. Кребс, Э. Голдштейн, С. Килпатрик. - 3-е изд. Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 919 с.
5. Щёголева Л. С., Меньшикова М. В. Молекулярная биология : краткий теоретический курс и задания для практических занятий : учебное пособие / Л. С. Щёголева, М. В. Меньшикова ; под общ. науч. ред. д. б. н., проф. Л. С. Щёголевой Рос. акад. наук, Урал, отд-ние, Ин-т физиологии природ, адаптаций, Сев. (Арктический) федер. ун-т им. М. В. Ломоносова. - Изд. 2-е, испр. и доп.-Архангельск : Солти, 2016. - 182 с.
6. Куприянова Н. С. Структурная и функциональная организация рибосомной ДНК человека / Н. С. Куприянова, А. П. Рысков. - Москва : МПГУ, 2018. - 63 с.
7. Гнатик, Е.Н. Генетика человека: Былое и грядущее. - М.: Ленанд, 2016. - 278 с.
8. Глазко В. И., Глазко Г. В. Введение в генетику : биоинформатика, ДНК-технология, геновая терапия, ДНК-экология, протеомика, метаболика : учебное пособие : / Г. В. Глазко, Г. И. Глазко ; под редакцией проф., доктора с/х.н. Т. Т. Глазко. - Изд. 3-е, испр. и доп. - Москва : КУРС, 2018. - 653 с.

7.2. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

National Library of Medicine <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Entrez>

RROTOCOL ONLINE <http://www.protocol-online.org>
 UniverTV.ru (разделы Химия, Биология, Медицина) <http://univertv.ru/>
 Thermo Fisher Scientific <http://invitrogen.com>
 EMBL-EBI <http://www.ebi.ac.uk>
 Public databases for molecular typing and microbial genome diversity <http://pubmlst.org>
 Gene Expression Omnibus <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/geo>
 Ongoing maintenance <http://www.cbs.dtu.dk/services/OligoWiz>
 Trust Pharmacy <http://www.mlst.net>
 RestrictionMappe <http://www.restrictionmapper.org>

7.3. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (наличие лицензии на право использования программного продукта, наличие режима доступа для обучающихся – инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья)

Информационно-справочная система «Консультант Плюс» www.consultant.ru
 Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studmedlib.ru/>
 Электронная медицинская библиотека «Консультант врача» <http://www.rosmedlib.ru/>
 Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://www.elibrary.ru>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование помещения	Оснащение	Адрес
1	Специальное помещение (учебная аудитория)	Специализированная мебель: доска, столы, стулья; Технические средства обучения: мультимедийный комплекс (ноутбук, проектор, экран), телевизор	197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д.12, ФГБНУ «ИЭМ»
2	Специальное помещение (лаборатория)	Лабораторное оборудование: рН-метры, водяные бани, магнитные мешалки, шейкеры, аналитические и электронные весы, сушильные шкафы, автоклавы и др. Высокотехнологичное оборудование: Амплификаторы Анализатор изображения Анализатор микрочипов Анализатор размера частиц Биохимические анализаторы Вибрационная криомельница Гомогенизаторы Ламинарные боксы Лиофильные сушилки Льдогенератор Люминометр Масс-спектрометры Модульный планшетный ридер Низкотемпературные морозильники Оборудование для двумерного электрофореза Оборудование для изучения межмолекулярных взаимодействий Оборудование для электрофореза в пульсирующем электрическом поле Оборудование для электрофореза и блоттинга ДНК и белков Промыватель планшет	197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д.12, ФГБНУ «ИЭМ»

		Секвенаторы Синтезатор пептидов Система для получения ультрачистой воды Системы гель-документирования Сканирующий флуоресцентный спектрометр Спектрофотометры Флуороскан Хроматографические системы Центрифуги и ультрацентрифуги CO2 инкубаторы	
3	Помещение для самостоятельной работы	Компьютерная техника, в том числе специализированная, с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Института	197376, г. Санкт-Петербург, ул. Академика Павлова, д.12, ФГБНУ «ИЭМ»

9. Методические рекомендации для аспирантов по освоению дисциплины

Для эффективного изучения разделов дисциплины необходимо самостоятельно изучить учебно-методические материалы, подготовиться к тестированию по всем предложенным темам, проработать текущий материал лекций и подготовиться к практическим занятиям.

Аудиторную работу по дисциплине аспирант выполняет на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Присутствие на лекциях и практических занятиях является обязательным. Самостоятельную работу аспирант выполняет во внеаудиторное время согласно индивидуальному учебному плану при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для успешного прохождения промежуточной аттестации в форме зачета аспиранту необходимо внимательно изучить и проработать оценочные средства: контрольные вопросы.

В процессе освоения дисциплины аспирант может использовать научно-исследовательскую инфраструктуру Института, библиотечные фонды и учебно-методические материалы, помещения, оснащенные компьютерной техникой, в том числе специализированной, с возможностью подключения к сети «Интернет», и другие материально-технические возможности Института в соответствии с программой аспирантуры.

ОТЧЕТ

о выполнении индивидуального учебного плана за _____ семестр 20____/20____
учебного года

Этапы реализации образовательной деятельности в соответствии с индивидуальным учебным планом	Показатель выполнения	Планируемые сроки выполнения	Фактические сроки выполнения

Аспирант _____ / _____ /
(подпись) (ФИО)
« ____ » _____ 20 ____ г.

Согласовано:
Научный руководитель _____ / _____ /
(подпись) (ФИО)
« ____ » _____ 20 ____ г.



Приложение А

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МЕДИЦИНЫ»
(ФГБНУ «ИЭМ»)

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора ФГБНУ «ИЭМ»

_____ С.Б. Шевченко
« ____ » _____ 2023 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
аспирантов по дисциплине «Молекулярная биология»

<i>Группа научных специальностей</i>	1.5. Биологические науки
<i>Научная специальность</i>	1.5.4. Биохимия
<i>Форма обучения</i>	очная
<i>Срок освоения</i>	4 года

Санкт-Петербург
2023

1. Оценочные средства и критерии оценивания для проведения текущего контроля успеваемости

1.1. Вопросы для собеседования

1. История становления молекулярной биологии.
2. Разнообразие клеток. Клетки прокариот и эукариот.
3. Передача наследственной информации у прокариот и эукариот.
4. Общие свойства ДНК-полимераз.
5. Субъединичный состав и роль отдельных субъединиц ДНК-полимеразы III.
6. Эукариотические ДНК-полимеразы.
7. Методы определения структуры макромолекул и их взаимодействия.
8. Первичная, вторичная и третичная структура ДНК.
9. Топологические проблемы двунитевых молекул ДНК.
10. Сверхспирализация ДНК; ее роль в формировании особых структур ДНК.
11. Основные принципы репликации ДНК.
12. Уровни организации хроматина.
13. Репликоны про-и эукариот. Точки начала репликации (ориджины репликации).
14. Репликация концов эукариотических хромосом. Теломераза.
15. Гомологичные ферменты рекомбинации у различных организмов.
16. Промоторы про-и эукариот. Инициация транскрипции у про-иэукариот.
17. Атенуация транскрипции.
18. Основные механизмы регуляции транскрипции уэукариот.
19. Посттранскрипционный контроль экспрессии генов.
20. Понятие о геноме. Структура гена, регуляторные и структурные области гена.
21. Макромолекулярная структура рНК. Вторичная и третичная структура тРНК.
22. рНК-полимеразы бактерий и эукариот. Транскрипционный цикл.
23. Процессинг рРНК и тРНК у бактерий и эукариот. Рибозимы.
24. Малые ядерные РНП эукариот и их роль в сплайсинге.
25. Принцип декодирования. Аминоацил-тРНКсинтетазы.
26. Модификация белков в эндоплазматическом ретикулуме (ЭПР).
27. Вставка белков во внутреннюю мембрану митохондрий, использование трансмембранного потенциала.
28. Механизм формирования везикул.
29. Регуляция дифференцировки с помощью рецептора Toll у дрозофилы.
30. Циклический АМР и другие вторичные посредники передачи сигнала.

Критерии оценки, шкала оценивания по вопросам

Оценка	Описание
«отлично»	Знает весь учебный материал, отлично понимает и прочно усвоил его. На вопросы (в пределах программы) дает правильные, сознательные и уверенные ответы. В устных ответах пользуется литературно правильным языком и не допускает ошибок
«хорошо»	Знает весь требуемый учебный материал, хорошо понимает и прочно усвоил его. На вопросы (в пределах программы) отвечает без затруднений. В устных ответах пользуется литературным языком и не делает грубых ошибок
«удовлетворительно»	Знает основной учебный материал. На вопросы (в пределах программы) отвечает с затруднением. В устных ответах допускает ошибки при изложении материала и в построении речи
«неудовлетворительно»	Не знает большей части учебного материала, отвечает, как правило, лишь на наводящие вопросы преподавателя, неуверенно. В устных ответах допускает частые и грубые ошибки

1.2. Тестовые задания

1. Структуру, функции и синтез каких биополимеров изучает молекулярная биология?

- 1) Углеводы
- 2) ДНК
- 3) Белки
- 4) хитин

2. Какой процесс не включала в себя первая формулировка центральной догмы молекулярной биологии?

- 1) репликацию ДНК
- 2) транскрипцию
- 3) обратную транскрипцию
- 4) трансляцию

3. Какое из определений ДНК правильное:

- 1) Разветвленный регулярный гетерополимер оксирибонуклеозидов, соединенных фосфодиэфирной связью.
- 2) Линейный нерегулярный гомополимер оксирибонуклеозидов, соединенных фосфорной связью.
- 3) Нелинейный регулярный гетерополимер рибонуклеозидов, соединенных эфирной связью
- 4) Линейный нерегулярный гетерополимер дезоксирибонуклеозидов, соединенных фосфодиэфирной связью

4. Трехмерная модель пространственного строения молекулы ДНК в виде двойной спирали была предложена в 1953 году:

- 1) американским биологом Дж. Уотсоном
- 2) английским физиком Ф. Криком
- 3) русским ученым Р. Вихровым

5. Кто был удостоен Нобелевской премии за открытие структуры ДНК?

- 1) Розалинд Франклин
- 2) Эрвин Чаргафф
- 3) Джеймс Уотсон, Френсис Крик и Маурис Уилкинс
- 4) Альбрехт Коссель

6. Единица генетического кода системы, кодирующая последовательность аминокислот в молекуле белка

- 1) нуклеотид
- 2) ген
- 3) триплет нуклеотидов
- 4) ДНК

7. Какие ферменты присоединяют каждую аминокислоту к соответствующей молекуле тРНК:

- 1) пептидазы
- 2) аминоксил-тРНК-синтетазы
- 3) трансферазы
- 4) протеинфосфатазы

8. Стартовый кодон для трансляции кодирует аминокислоту:

- 1) пролин
- 2) триптофан
- 3) метионин
- 4) аргинин

9. Белки всех известных живых организмов построены из:

- 1) левовращающихся аминокислот;
- 2) правовращающихся аминокислот;
- 3) Смеси стереоизомеров

10. В молекуле ДНК число остатков аденина всегда равно числу остатков:

- 1) цитозина
- 2) гуанина
- 3) инозина
- 4) тимина

11. Какую роль выполняет ДНК-полимераза I?

- 1) вырезание праймеров и застройка брешей
- 2) синтез лидирующей цепи
- 3) синтез отстающей цепи
- 4) репарация повреждений

12. Где в норме происходит терминация трансляции:

- 1) в любом месте
- 2) на поли-А-цепи
- 3) сразу перед поли-А-цепью
- 4) на стоп-кодонах

13. Нуклеозид - это двухкомпонентная система, структурными единицами которой являются:

- 1) азотистое основание и остаток фосфорной кислоты
- 2) азотистое основание и углеводный компонент
- 3) углеводный компонент и остаток фосфорной кислоты
- 4) остаток фосфорной кислоты и аминокислота

14. Азотистые основания, относящиеся к классу пиримидинов:

- 1) аденин и тимин
- 2) тимин и цитозин
- 3) урацил

15. Нуклеотиды, входящие в состав молекулы ДНК:

- 1) аденин и гуанин
- 2) урацил и метилурацил
- 3) тимин и цитозин

16. Укажите неверное свойство спирали ДНК:

- 1) комплементарность цепей
- 2) параллельность цепей
- 3) полярность цепей
- 4) двойная спираль

17. Углеводный компонент молекулы ДНК:

- 1) рибоза
- 2) галактоза
- 3) дезоксирибоза
- 4) мальтоза

18. ДНК не может выполнять функции:

- 1) хранения генетической
- 2) информации
- 3) иммунную
- 4) регуляторную
- 5) транспортную

19. Базовые основания в молекулах ДНК находятся друг от друга на расстоянии:

- 1) 0,34 нанометра
- 2) 0,34 микрометра
- 3) 0,34 пикометра
- 4) 0,34 миллиметра

20. Участок, разделяющий две нуклеосомы, называют:

- 1) соленоид;
- 2) линкер;
- 3) гистон.

21. РНК в ядре сосредоточено в:

- 1) ядерной оболочке;
- 2) ядрышке;
- 3) нуклеоплазме.

22. Процессинг – это:

- 1) Синтез РНК;
- 2) Созревание РНК;
- 3) Созревание ДНК.

23. Репликация – это:

- 1) копирование ДНК с образованием 2-х идентичных дочерних молекул;
- 2) процесс переписывания информации с ДНК на РНК;
- 3) процесс синтеза белка.

24. Основной фермент репликации:

- 1) ДНК-полимераза;
- 2) геликаза;
- 3) лигаза.

25. Для осуществления процесса репликации в нуклеоплазме необходимо наличие:

- 1) нуклеозидмонофосфатов;
- 2) нуклеозиддифосфатов;
- 3) нуклеозидтрифосфатов.

26. Информация о строении белка передается в цитоплазму:

- 1) матричной РНК;
- 2) транспортной РНК;
- 3) рибосомной РНК.

27. Какое из определений РНК правильное:

- 1) Разветвленный регулярный гетерополимер оксирибонуклеозидов, соединенных фосфорной связью.
- 2) Линейный нерегулярный гетерополимер рибонуклеозидов, соединенных фосфодиэфирной связью.
- 3) Нелинейный регулярный гетерополимер рибонуклеозидов, соединенных эфирной связью
- 4) Линейный нерегулярный гетерополимер дезоксирибонуклеозидов, соединенных фосфодиэфирной связью

28. Укажите пары комплементарных оснований:

- 1) аденин - гуанин
- 2) аденин - тимин
- 3) тимин - цитозин
- 4) гуанин - цитозин

29. Какой вид РНК выполняет функцию переноса генетической информации:

- 1) мРНК
- 2) мяРНК
- 3) тРНК
- 4) рРНК

30. По какому принципу функционирует живая клетка:

- 1) принципу модульности строения ее элементов
- 2) принципу минимального расхода компонентов жизнедеятельности
- 3) принципу максимального расхода ресурсов
- 4) принципу неопределенности

31. Наследственная информация в ДНК:

- 1) реализуется
- 2) сигнализируется
- 3) передается
- 4) утилизируется
- 5) хранится

32. Полинуклеотидами являются молекулы:

- 1) нуклеиновых кислот
- 2) аминокислоты
- 3) РНК
- 4) ДНК
- 5) белков

33. Основной постулат Крика определяет:

- 1) типы и направления репарации
- 2) типы и направления процессинга
- 3) типы и направления переноса наследственной информации
- 4) типы и направления сплайсинга

34. Плавление ДНК - это процесс:

- 1) ренатурации
- 2) разделения цепей ДНК
- 3) восстановления двухцепочечной структуры
- 4) денатурации

35. Видовая специфичность ДНК зависит от последовательности:

- 1) нуклеотидов
- 2) белков
- 3) аминокислот
- 4) дезоксирибозы
- 5) РНК

36. Отжиг ДНК - это процесс:

- 1) денатурации
- 2) ренатурации
- 3) разделения цепей ДНК
- 4) восстановления двухцепочечной структуры
- 5) восстановления одноцепочечной структуры

37. Геном - это:

- 1) совокупность всех генов в организме
- 2) совокупность генов в одной хромосоме
- 3) совокупность генов в одной молекуле ДНК
- 4) совокупность генов в гаплоидном наборе хромосом
- 5) совокупность генов в диплоидном наборе хромосом

38. Переносчиками (векторами) генов могут служить: клетки животных

- 1) бактериофаги
- 2) плазмиды
- 3) растительные клетки
- 4) вирусы

39. Секвенирование ДНК:

- 1) процесс определения последовательности нуклеотидов в ДНК
- 2) процесс определения последовательности нуклеотидов в РНК
- 3) необходимо для выделения генов
- 4) необходимо для создания рекомбинантных геномов

40. Полимеразная цепная реакция (ПЦР):

- 1) метод получения большого количества копий фрагмента ДНК в клетках бактерий
- 2) метод получения большого количества копий фрагмента ДНК в пробирке
- 3) процесс амплификации фрагментов молекулы ДНК
- 4) процесс получения рекомбинантных геномов
- 5) процесс определения последовательности нуклеотидов в ДНК

41. Характерно для генов эукариот:

- 1) имеет мозаичное строение
- 2) состоит только из экзонов
- 3) состоит только из интронов
- 4) состоит из интронов и экзонов

42. Характерно для генов прокариот:

- 1) имеет мозаичное строение
- 2) состоит только из экзонов
- 3) состоит только из интронов
- 4) состоит из интронов и экзонов
- 5) имеет промотор

43. Для работы ДНК-полимеразы необходимо наличие:

- 1) одонитевой матричной ДНК
- 2) иницирующего кодона
- 3) двуникового участка на 3' конце молекулы
- 4) четырех типов дезокситрифосфатов
- 5) транспортных РНК

44. Идентификация в геномной ДНК участков, комплементарных ДНК-зонду, может осуществляться методом:

- 1) Нозерн блот-гибридизации
 - 2) Вестерн блот-гибридизации
 - 3) блот-гибридизации по Саузерну
 - 4) гибридизации in situ на хромосомных препаратах
- 45. Процесс созревания РНК-предшественника у эукариот называется:**
- 1) инициация
 - 2) трансляция
 - 3) терминация
 - 4) транскрипция
- 46. Сплайсинг РНК у эукариот происходит:**
- 1) в ядре
 - 2) в цитоплазме
 - 3) в поровом комплексе ядерной оболочки
 - 4) не происходит
- 47. Регуляция экспрессии генов у эукариот происходит на следующих этапах:**
- 1) только на этапе транскрипции
 - 2) на двух этапах – транскрипции и процессинга
 - 3) только на этапе сплайсинга
 - 4) на всех этапах экспрессии гена
- 48. В процессе репликации участвуют все ферменты, кроме**
- 1) ДНК-азы
 - 2) РНК-праймазы
 - 3) ДНК-лигазы
 - 4) ДНК-полимеразы
- 49. Чем эукариотическая клетка отличается от прокариотической?**
- 1) наличием ядра
 - 2) наличием цитоплазматической мембраны
 - 3) наличием цитоплазмы
 - 4) наличием митохондрий
- 50. Какую функцию выполняют SSB-белки?**
- 1) стабилизируют участки одноцепочечной ДНК
 - 2) расплетают двойную спираль
 - 3) снимают накопившуюся сверхспирализацию путем внесения разрывов
 - 4) притягивают другие белки к месту репликации
- 51. Частный случай гомологичной рекомбинации:**
- 1) эктопическая рекомбинация
 - 2) конверсия гена
 - 3) сайт-специфическая рекомбинация
 - 4) транспозиция
- 52. В чем задача фактора процессивности?**
- 1) инициировать репликацию
 - 2) расплетать двойную спираль ДНК
 - 3) ускорять работу ДНК-полимераз
 - 4) привлекать остальные белки к месту репликации
- 53. Транскрипция – это:**
- 1) синтез РНК на матрице РНК
 - 2) синтез ДНК на матрице РНК
 - 3) синтез РНК на матрице ДНК
 - 4) синтез ДНК на матрице ДНК
- 54. Выберите верные утверждения о поли-А-хвосте:**
- 1) синтезируется перед расщеплением мРНК за сигналом полиаденилирования
 - 2) синтезируется после расщепления мРНК за сигналом полиаденилирования
 - 3) синтезируется с участием поли-А-полимеразы
 - 4) синтезируется только РНК-полимеразой II
- 55. Белковые оси на участке сближения гомологичных хромосом - это:**
- 1) рекомбинационные узелки
 - 2) полухиазма Холлидея

- 3) резолвазы
 - 4) синаптонемный комплекс
- 56. Ферменты, которые снимают сверхспирализацию путем внесения разрывов?**
- 1) лигазы
 - 2) хеликазы
 - 3) топоизомеразы
- 57. Примером заболевания, связанного с нарушением сплайсинга, является:**
- 1) семейная гиперхолестеринемия
 - 2) дальтонизм
 - 3) фенилкетонурия
 - 4) миелома
- 58. Белки, состоящие более чем из одной полипептидной цепи, называются:**
- 1) полифункциональными
 - 2) олигомерными
 - 3) полимерными
 - 4) синтетическими
- 59. Какие цветные реакции можно использовать для обнаружения белков:**
- 1) биуретовую
 - 2) ксантопротеиновую
 - 3) Миллона
 - 4) Ламберта-Бера
- 60. Чем определяется пищевая ценность белков?**
- 1) аминокислотным составом
 - 2) наличием заряда белковых молекул
 - 3) возможностью расщепления в ЖКТ
 - 4) порядком чередования аминокислот в молекуле белка
 - 5) молекулярной массой белка

Критерии оценки, шкала оценивания тестовых заданий

Оценка	Описание
«отлично»	Выполнено в полном объеме – 90%-100%
«хорошо»	Выполнено не в полном объеме – 80%-89%
«удовлетворительно»	Выполнено с отклонением – 70%-79%
«неудовлетворительно»	Выполнено частично – 69% и менее правильных ответов

1.3. Процедура проведения текущего контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости проводится в форме собеседования по вопросам и тестирования.

В процессе текущего контроля успеваемости оценивается самостоятельная работа аспиранта согласно индивидуальному учебному плану: ответы на вопросы и тестовые задания, качество проработки материала лекций, уровень усвоения учебных материалов по разделам дисциплины, работа с учебниками, учебными пособиями, научной литературой.

2. Оценочные средства и критерии оценивания для проведения промежуточной аттестации

2.1. Перечень контрольных вопросов для подготовки к зачету

1. История становления молекулярной биологии.
2. Межмолекулярные взаимодействия и типы сил, участвующих в них.
3. Объекты изучения - организмы, которые легко выращивать.
4. Фенотип - проявление генотипа. Фенотипы высших эукариот.
5. Ферменты и реакции, применяемые в генной инженерии.

6. Принципы рентгеноструктурного анализа и методов, определяющих структуру молекул в растворе.
7. Транскрипция у бактерий.
8. Отличия в организации наследственного материала про- и эукариотической клетки.
9. Генетический материал органелл и механизм его реализации.
10. Гистоны. Организация хроматина эукариот.
11. Строение бактериальной и эукариотической хромосомы.
12. Репликация геномной и митохондриальной ДНК эукариот (сравнительные аспекты).
13. Клеточный цикл. Циклины.
14. Контрольные точки клеточного цикла. Онкогенез.
15. Регуляция транскрипции у про- и эукариот (сравнительные аспекты).
16. Процессинг и сплайсинг РНК.
17. Связь созревания и транспорта РНК.
18. Шапероны и их функция в клетке.
19. Механизмы клеточной дифференцировки.
20. Трансляция у про- и эукариот (сравнительные аспекты).
21. Транспорт белков в митохондрии.
22. Транспорт и посттрансляционные модификации белков в эндоплазматическом ретикулуме и в аппарате Гольджи.
23. Рецептор-опосредованный эндоцитоз.
24. Клатрин и коатомеры. Сравнить виды везикулярного транспорта.
25. Тирозиновые киназы клеточной поверхности.
26. Биосинтез белка. Генетический код. Принцип декодирования.
27. Модификация белков в эндоплазматическом ретикулуме (ЭПР).
28. Транспорт в митохондрии и хлоропласты. Сигналы транспорта.
29. Ядерные рецепторы как транскрипционные факторы.
30. Сигналинг через систему гетеротримерных G-белков.

Критерии оценки, шкала оценивания зачета

Оценка	Описание
«зачтено»	Аспирант демонстрирует полное знание учебного материала: знает основные понятия в рамках обсуждаемого вопроса, методы изучения и их взаимосвязь между собой, практические проблемы и имеет представление о перспективных направлениях разработки рассматриваемого вопроса
«не зачтено»	Аспирант демонстрирует существенные пробелы в знаниях учебного материала: не знает основные понятия, методы изучения, в рамках обсуждаемого вопроса не имеет представления об основных практических проблемах

2.2. Процедура проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

Зачет проводится по итогам семестра по освоению дисциплины и включает в себя собеседование по контрольным вопросам согласно индивидуальному учебному плану.