

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный
университет им. Н.И. Лобачевского»**

Институт биологии и биомедицины

УТВЕРЖДЕНО
решением Ученого совета ННГУ
протокол от
«31» августа 2021 г. № 11

**Рабочая программа дисциплины
БИОФИЗИКА И ФИЗИОЛОГИЯ ИОННЫХ КАНАЛОВ ВОЗБУДИМЫХ
МЕМБРАН**

Уровень высшего образования
Подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки

06.06.01 Биологические науки

Направленность

03.01.02 Биофизика

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная

Нижегород

2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре основной образовательной программы (ОПОП)

Дисциплина «Биофизика и физиология ионных каналов возбудимых мембран» относится к числу общепрофессиональных дисциплин, является дисциплиной выбора и изучается на 2 году обучения, в 4 семестре.

Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования:

физиология, биофизика, биохимия, математика и математические методы в биологии.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями выпускников)

Цель освоения дисциплины.

Изучить современные данные о биофизике и функциях мембранной транспортной системы возбудимых клеток в поддержании ионного гомеостаза; значение молекулярной физиологии ионных каналов в познании функций мембран клеток возбудимых тканей, межклеточных взаимоотношений, болезней человека, их профилактики и лечении

В результате изучения дисциплины «Биофизика и физиология ионных каналов возбудимых мембран» аспирант должен:

знать: современные данные о биофизике и функциях мембранной транспортной системы возбудимых клеток в поддержании ионного гомеостаза;

- значение молекулярной физиологии ионных каналов в познании функций мембран клеток возбудимых тканей, межклеточных взаимоотношений, болезней человека, их профилактики и лечении.

уметь: пользоваться учебной, научной литературой, сетью Интернет для профессиональной деятельности;

- интерпретировать результаты исследования функционального состояния ионных мембранных каналов клеток, интерпретировать результаты наиболее распространенных электрофизиологических, морфологических и молекулярных методов в экспериментальной нейробиологии, применяемых для изучения ионных мембранных транспортеров (патч-кламп, флуоресцентная микроскопия, электронная микроскопия) в возбудимых клетках и тканях человека и животных.

владеть: биофизическим и молекулярно-физиологическим понятийным аппаратом.

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине «Биофизика и физиология ионных каналов возбудимых мембран»

Код и этап формируемой компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
ПК-2 способность организовывать и выполнять научные исследования и разработки в области биофизики и смежных областях	ЗНАТЬ: основные этапы выполнения научно-исследовательской работы, и возможности внедрения в практическую деятельность результатов собственных исследований, основные методы проведения экспертизы УМЕТЬ: ставить задачу, планировать, выполнять биологические исследования, проводить критический

(междисциплинарные) и внедрять полученные результаты Заключительный	анализ теоретического и практического значения полученных результатов, оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши внедрения научно-исследовательских работ в практику ВЛАДЕТЬ: навыками планирования научных экспериментов в сфере научных исследований, навыками критического анализа научной информации
ОПК-1 Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий Базовый	ЗНАТЬ: современные проблемы биологии, современные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии. УМЕТЬ: ставить задачу, планировать и выполнять биологические исследования при решении конкретных задач по биологии с использованием современной аппаратуры, вычислительных средств, компьютерных технологий ВЛАДЕТЬ: навыками использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий, профессионально оформлять, представлять и докладывать результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ по утвержденным формам

3. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины составляет 2 зачетная единица, всего 72 часа, из которых 18 часов аудиторные занятия (семинарного типа), 54 часа составляет самостоятельная работа обучающегося, в том числе подготовка к экзамену.

Таблица 2

Структура дисциплины «Биофизика и физиология ионных каналов возбудимых мембран»

Наименование раздела дисциплины	Всего, часов	В том числе					Самостоятельная работа обучающегося, часов
		Контактная работа, часов					
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа	Консультации	Всего	
1. Основные понятия о морфо- функциональной организации	6	0	3	0	0	3	3

транспорта ионов в мембране возбудимых тканей							
2. Биофизика и физиология потенциалзависимых каналов	6	0	3	0	0	3	3
3. Биофизика и физиология лиганд-зависимых каналов	6	0	3	0	0	3	3
4. Биофизика и физиология механозависимых каналов	6	0	3	0	0	3	3
5. АТФ-зависимый транспорт ионов	6	0	3	0	0	3	3
6. Методы изучения биофизики и физиологии транспортных систем для ионов на возбудимой мембране	6	0	3	0	0	3	3
<i>В т.ч. текущий контроль 2</i>							
Промежуточный контроль в форме экзамена							

Таблица 3

Содержание дисциплины «Биофизика и физиология ионных каналов возбудимых мембран»

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Форма проведения занятия	Форма текущего контроля *
1	Основные понятия о морфо-функциональной организации транспорта ионов в мембране возбудимых тканей	Введение в предмет «Биофизика и физиология ионных каналов возбудимых мембран». Основные понятия дисциплины. Мембранные белки. Мембранный транспорт. Транспортные белки и их роль в поддержании ионного гомеостаза. Структура и функции мембранных ионных каналов	семинар	Устный опрос

2	Биофизика и физиология потенциалзависимых каналов	Характеристика субстратного центра. Механизм сопряжения гидролиза АТФ и активного транспорта Ca^{2+} при работе Са-насоса. Симпорты и антипорты. Олигомерная структура ионных насосов. Выделение, очистка и реконструкция белковых компонентов. Иммуноферментные методы анализа мембранных белков. Структура и функции потенциалзависимых каналов для K^+ , Na^+ , Cl^- . Биофизические характеристики каналов. Типы каналов и их локализация на возбудимых мембранах различных тканей	семинар	Написание реферата, дискуссия
3	Биофизика и физиология лигандзависимых каналов	Структура и функции лигандзависимых каналов для K^+ , Na^+ , Cl^- , Ca^{2+} . Биофизические характеристики каналов. Типы каналов и их локализация на возбудимых мембранах различных тканей	семинар	Написание реферата
4	Биофизика и физиология механозависимых каналов	Особенности структуры и функции механозависимых каналов. Типы каналов и их локализация на возбудимых мембранах различных тканей. Физиологическая роль.	семинар	Написание реферата
5	АТФ-зависимый транспорт ионов	Активный транспорт для поддержания ионного градиента на мембране. Первично-активный и вторично-активный. Характеристика субстратного центра. Механизм сопряжения гидролиза АТФ и активного транспорта Ca^{2+} при работе Са-насоса. Симпорты и антипорты. Олигомерная структура ионных насосов. Выделение, очистка и реконструкция белковых компонентов.	семинар	Написание реферата

		Физиологическая роль для поддержания ионного гомеостаза.		
6	Методы изучения биофизики и физиологии транспортных систем для ионов на возбудимой мембране	Электрофизиологические, иммуноцитохимические и молекулярные методы изучения структуры, функции и биофизики мембранных транспортеров для ионов в возбудимых тканях (нервная ткань и сердечная ткань).	семинар	отчет по лабораторной работе, проверочная письменная работа

4. Образовательные технологии

В курсе «Биофизика и физиология ионных каналов возбудимых мембран» проводится лабораторная работа. Выполняя различные практические задания в ходе лабораторной работы, обучающиеся с помощью микроскопической, электрофизиологической и иммуноцитохимической техники осваивают знания биофизики и физиологии мембранных переносчиков для ионов.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Таблица 4

Наименование разделов	Наименование работ	Формы и методы контроля
1. Основные понятия о морфо-функциональной организации транспорта ионов в мембране возбудимых тканей	- Чтение текста учебника, дополнительной литературы. - Ответы на вопросы по самоподготовке.	Устный опрос
2. Биофизика и физиология потенциалзависимых каналов	- Чтение текста учебника, дополнительной литературы.	Проверочная работа
3. Биофизика и физиология лигандзависимых каналов	- Чтение текста учебника, дополнительной литературы. - Ответы на вопросы по самоподготовке.	Написание реферата
4. Биофизика и физиология механозависимых каналов	- Чтение текста учебника, дополнительной литературы. - Ответы на вопросы по самоподготовке.	Написание реферата
5. АТФ-зависимый транспорт ионов	- Чтение текста учебника, дополнительной литературы. - Ответы на вопросы по самоподготовке.	Написание реферата

6. Методы изучения биофизики и физиологии транспортных систем для ионов на возбудимой мембране	- Чтение текста учебника, дополнительной литературы. - Ответы на вопросы по самоподготовке.	Проверочная работа, отчет по лабораторной работе
--	--	--

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования приведен в приложении 1.

6.2. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине. Описание шкал оценивания

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- письменные ответы на вопросы, рефераты

Для оценки результатов обучения в виде умений и владений используются практические контрольные задания:

- отчет по лабораторной работе

Для проведения итогового контроля сформированности компетенции используются оформление и защита отчета по комплексной практической работе

Требования к реферату:

Работа должна представлять собой обзор научной и научно-технической литературы по теме реферата. Должны быть проанализированы источники как на государственном, так и на английском языке. Должен быть проведен анализ материала, четко сформулированы цели и задачи проведения обзора, а также основные выводы или заключение. Объем -15-20 стр.

Критерии оценок

Отлично	Отсутствие замечаний в области морфо-функциональной организации транспорта ионов в мембране возбудимых тканей, биофизике и физиологии потенциалзависимых каналов, биофизике и физиологии лигандзависимых каналов, биофизике и физиологии механозависимых каналов, АТФ-зависимом транспорте ионов, методах изучения биофизики и физиологии транспортных систем для ионов на возбудимой мембране
Хорошо	Частичное знание основных понятий, с 1 – 2 ошибками о морфо-функциональной организации транспорта ионов в мембране возбудимых тканей, биофизике и физиологии потенциалзависимых каналов, биофизике и физиологии лигандзависимых каналов, биофизике и физиологии механозависимых каналов, АТФ-зависимом транспорте ионов, методах изучения биофизики и физиологии транспортных систем для ионов на возбудимой мембране
Удовлетворите	Несколько грубых недочетов в ходе устного экзамена ответ с

хорошо	ошибками.
Неудовлетворительно	Знание только самых основ о морфо-функциональной организации транспорта ионов в мембране возбудимых тканей, биофизике и физиологии потенциалзависимых каналов, биофизике и физиологии лигандзависимых каналов, биофизике и физиологии механозависимых каналов, АТФ-зависимом транспорте ионов, методах изучения биофизики и физиологии транспортных систем для ионов на возбудимой мембране
Плохо	Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытаний.

6.3. Примеры типовых контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций.

Вопросы к проверочной работе по разделу «Биофизика и физиология ионных каналов возбудимых мембран»

Дать морфо-функциональную характеристику ионным каналам согласно функциональной классификации ионных каналов по способам управления их состоянием:

1. Неуправляемые (независимые).
2. Потенциал-управляемые (потенциал-чувствительные, потенциал-зависимые, voltage-gated).
3. Лиганд-управляемые (хемо-управляемые, хемочувствительные, хемозависимые, лиганд-зависимые, рецептор-активируемые).
4. Опосредованно-управляемые (вторично-управляемые, ион-активируемые, ион-зависимые, мессенджер-управляемые, управляемые метаболитами рецепторами).
5. Совместно-управляемые (NMDA-рецепторно-канальный комплекс). Они открываются одновременно как лигандами, так и определённым электрическим потенциалом мембраны. Можно сказать, что у них двойное управление. Пример: NMDA-рецепторно-канальный комплекс, имеющий сложную систему управления, включающую в себя 8 рецепторных участков-сайтов, с которыми могут связываться различные лиганды.
6. Стимул-управляемые (механочувствительные, механосенситивные, активируемые растяжением (stretch) липидного бислоя, протон-активируемые, температурно-чувствительные).
7. Актин-управляемые (актин-регулируемые, actin-regulated, actin-gated channels).
8. Коннексоны (двойные поры).

Вопросы к проверочной работе по теме: «Методы изучения биофизики и физиологии транспортных систем для ионов на возбудимой мембране»

Вариант №1

1. Опишите основные этапы иммуноцитохимического анализа. В чем особенность подбора антител?
2. Что такое моноклональные антитела? Назовите преимущества использования моноклональных тел?
3. Каково значение иммуногистохимии в исследовательской работе?
4. Перечислите специфические маркеры нейронов и астроцитов.
5. Что такое фиксация образца? Зачем она нужна?

Вариант № 2

6. Что такое флуоресцентный индикатор?
7. Какие зонды используются в настоящее время для визуализации внутриклеточного кальция?
8. В чем особенность красителей для измерения концентрации кальция?
9. Какие условия необходимо учитывать при подборе флуоресцентного зонда?
10. Каковы основные этапы электрофизиологического метода патч-кламп?

Вопросы для дискуссии по теме «Биофизика и физиология потенциалзависимых каналов»

1. Какие нарушения функционирования ионных каналов могут затруднять идентификацию первичных дефектов, ведущих к нейродегенерации?
2. Какие модели клеточных линий и животных наиболее приемлемы для изучения функционирования ионных каналов? В чем плюсы и минусы клеточных линий?
3. Можно ли использовать переживающие срезы мозга для изучения функционирования ионных каналов?

Вопросы к устному опросу раздела «Основные понятия о морфо-функциональной организации транспорта ионов в мембране возбудимых тканей»

1. Какова особенность транспорта ионов натрия?
2. Какова особенность транспорта ионов кальция?
3. Какова особенность транспорта ионов хлора?
4. Какова особенность транспорта ионов калия?
5. Какие отличия транспорта ионов через возбудимые и невозбудимые мембраны?
6. Каково строение рецепторов, связывающих ионы калия?
7. Каково строение рецепторов, связывающих ионы натрия?
8. Каково строение рецепторов, связывающих ионы кальция?
9. Каково строение рецепторов, связывающих ионы хлора?
10. Типы первичных и вторичных мессенджеров в сигнальных каскадах при транспорте ионов?
11. Охарактеризовать свойства каналов: специфичность, селективность, проводимость, проницаемость, инактивация, пластичность.

Темы рефератов:

Для раздела «Биофизика и физиология потенциалзависимых каналов»:

1. Регуляция водного обмена клетки: объем и тургор.
2. Регуляция pH: закисление и защелачивание.
3. Регуляция ионного обмена (обмен солей): изменение внутриклеточного ионного состава и концентрации.
4. Создание и изменение мембранных потенциалов: потенциал покоя; в возбудимых клетках - локальные потенциалы, потенциал действия.

Для раздела «Биофизика и физиология лигандзависимых каналов»:

1. Проведение возбуждения в возбудимых клетках: обеспечение движения нервных импульсов.
2. Трансдукция в сенсорных рецепторах: преобразование раздражения (стимула) в возбуждение.
3. Управление активностью клетки: за счёт обеспечения потоков вторичного мессенджера - Ca^{2+} .
4. Функции ионных каналов

Для раздела «Биофизика и физиология механозависимых каналов»:

1. Анализ экспрессии механозависимых ионных каналов
2. Схемы и биофизические модели работы механозависимых каналов
3. Транспорт веществ через механозависимые ионные каналы
4. Вклад липидного бислоя и актинового цитоскелета в работу механоканалов

Для раздела «АТФ-зависимый транспорт ионов»:

1. Строение и функционирование белков-переносчиков, осуществляющих активный транспорт
2. Облегчённая диффузия веществ
3. Строение и функционирование белковых каналов
4. Нарушение активности Ca^{2+} -АТФ-азы при патологии.

Структурно-функциональные нарушения ионных каналов. *Каналопатии* как группа врождённых заболеваний, вызванных нарушениями в работе ионных каналов. Причины развития каналопатий: мутация генов, кодирующих строение белков-каналоформеров; производство аутоантител, агрессивных по отношению к собственным белкам ионных каналов.

Вопросы к экзамену по дисциплине «Биофизика и физиология ионных каналов возбудимых мембран»

1. Типы мембранных белков. Мембранный транспорт.
2. Транспортные белки и их роль в поддержании ионного гомеостаза.
3. Структура и функции мембранных ионных каналов.
4. Неуправляемые (независимые) ионные каналы, лиганд-зависимые ионные каналы, потенциал-зависимые каналы.
5. Структура и функции потенциал-зависимых каналов для K^+ , Na^+ , Cl^- .
6. Типы каналов и их локализация на возбудимых мембранах различных тканей.
7. Особенности структуры и функции механо-зависимых каналов.
8. Типы механо-зависимых каналов и их локализация на возбудимых мембранах различных тканей.
9. Активный транспорт для поддержания ионного градиента на мембране.
10. Первично-активный и вторично-активный. Характеристика субстратного центра.
11. Механизм сопряжения гидролиза АТФ и активного транспорта Ca^{2+} при работе Са-насоса.
12. Симпорты и антипорты. Олигомерная структура ионных насосов.
13. Олигомерная структура ионных насосов
14. Выделение, очистка и реконструкция белковых компонентов.
15. Электрофизиологические, иммуноцитохимические и молекулярные методы
16. Структурно-функциональные нарушения ионных каналов.

17. Каналопатии как группа врождённых заболеваний, вызванных нарушениями в работе ионных каналов.
18. Причины развития каналопатий: мутация генов, кодирующих строение белково-каналоформеров.
19. производство аутоантител, агрессивных по отношению к собственным белкам ионных каналов.
20. Физиологическая роль ионных каналов для поддержания ионного гомеостаза

По решению преподавателя для оценки знаний по компетенциям курса могут использоваться тесты (*полный перечень заданий приводится в приложении 2 ФОС*).

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утвержденное приказом ректора ННГУ от 12.02.2014 №55-ОД.

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Нормальная физиология : учебник / под ред. Б. И. Ткаченко. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 688 с. : ил. (<http://www.studentlibrary.ru/catalogue/list%7Bnull%7D.html>)
2. Основы нейрофармакологии: Учеб. пособие для студентов вузов [Электронный ресурс] / Белова Е.И. - М. : Аспект Пресс, 2010. (<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785756704037.html>)
3. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии [Электронный ресурс] / ред. К. Уилсон и Дж. Уолкер. - М. : БИНОМ, 2015. - 855с (<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996328772.html>)

б) дополнительная литература:

1. Цитология с основами патологии клетки [Электронный ресурс] / Ю.Г. Васильев, В.М. Чучков, Т.А. Трошина - М. : Зоомедлит, 2013. - (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений) (<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785912230028.html>)

в) Интернет-ресурсы:

Симуляционная программа для моделирования работы ионных каналов (автор А. Чижов) Программа, позволяющая смоделировать поведение электрически-возбудимой клетки в ответ на высокочастотную стимуляцию на основании уже полученных ранее экспериментальных данных. Программа имеет модуль работы с оборудованием ЦАП/АЦП и стимулятором для высокочастотной стимуляции электрически возбудимых клеток в ходе проведения экспериментов методом локальной фиксации потенциала (patch-clamp, пэтч-кламп).

Программы для проведения экспериментальных исследований и анализа полученных данных проницаемости биологических мембран электрически возбудимых клеток WinWCP, WinEDR. Особенностью данных программ является высокая степень надежности, свободное распространение, регулярная обновляемость и возможность работы с программой на уровне программного кода. (http://spider.science.strath.ac.uk/sipbs/software_ses.htm)

Интернет-ресурсы:

www.slideshare.net/crasgmu/169-8885481
<http://chem21.info/info/1379656/>
<http://biomolecula.ru/content/1048>
<http://chem21.info/info/1379655/>
<http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/643350>
<http://www.nature.com/scitable/topicpage/ion-channel-14047658>
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK26910/>
<http://www.neuroscience.ru/attachment.php?s=4f2bbd9fca7a9c9a0589943253146d5b&attachmentid=412&d=1294087520>

Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

В учебном процессе необходимы:

1. Компьютер;
2. Проектор;
3. Комплекс для электрофизиологических исследований культур возбудимых клеток PatchPro 4000 Scientifica (производитель Scientifica, страна происхождения Великобритания) на основе микроскопа Axio Observer.Z1 (обеспечивает визуализированную пэтч-кламп регистрации активности каналов возбудимых биотканей);
4. Комплекс SliceScopePro 2000 Pro (производитель Scientifica, страна происхождения Великобритания) на основе моторизованного микроскопа SliceScopePro 2000 (обеспечивает визуализированную пэтч-кламп регистрации активности каналов возбудимых биотканей);
5. Конфокальный флуоресцентный микроскоп 510MP («Carl Zeiss», Германия) для визуализации ионных каналов на мембране.
6. Реактивы и расходные материалы для проведения лабораторных занятий:
 - соли, для приготовления раствора нормального Рингера и внутриклеточного раствора для проведения экспериментов методом пэтч-кламп
 - весы, с ценой деления 0,001 г для точного приготовления навесок солей
 - кальций-чувствительные флуоресцентные красители для визуализации изменения внутриклеточной концентрации ионов кальция
 - антитела с флуоресцентной меткой для визуализации ионных каналов на мембране клеток
 - мелкое лабораторное оборудование для контроля качества эксперимента (рН-метр, осмометр, магнитная мешалка)
 - оборудование для изготовления пэтч-электродов (пуллер).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки

Автор _____ Мухина И.В.

Рецензент (ы) _____ Дерюгина А.В.

Заведующий кафедрой _____ Казанцев В.Б.

Программа одобрена на заседании методической комиссии института ИББМ от 30 августа 2021 года, протокол №1.

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина

ПК-2: способность организовывать и выполнять научные исследования и разработки в области биофизики и смежных областях (междисциплинарные) и внедрять полученные результаты

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ВЛАДЕТЬ: навыками планирования научно-исследовательской деятельности в области биофизики и смежных областях	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков научно-исследовательской деятельности в области биофизики и смежных областях	В целом успешное, но не систематическое применение навыков планирования научно-исследовательской деятельности в области биофизики и смежных областях	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков планирования научно-исследовательской деятельности в области биофизики и смежных областях	Успешное и систематическое применение навыков планирования научно-исследовательской деятельности в области биофизики и смежных областях
ВЛАДЕТЬ: навыками проведения экспертизы в области биофизики и смежных областях	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков проведения экспертизы в области биофизики и смежных областях	В целом успешное, но не систематическое применение навыков проведения экспертизы в области биофизики и смежных областях	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков проведения экспертизы в области биофизики и смежных областях	Успешное и систематическое применение навыков проведения экспертизы в области биофизики и смежных областях
ВЛАДЕТЬ: навыками внедрения результатов научной деятельности в области биофизики и смежных областях в практику	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков внедрения результатов научной деятельности в области биофизики и смежных областях в практику	В целом успешное, но не систематическое применение навыков внедрения результатов научной деятельности в области биофизики и смежных областях в практику	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков внедрения результатов научной деятельности в области биофизики и смежных областях в практику	Успешное и систематическое применение навыков внедрения результатов научной деятельности в области биофизики и смежных областях в практику
УМЕТЬ: ставить задачу, планировать и выполнять исследования в области биофизики и смежных областях, проводить критический анализ теоретического и практического значения полученных результатов	Отсутствие умений	Частично освоенное умение ставить задачу, планировать и выполнять исследования в области биофизики и смежных областях, проводить критический анализ теоретического и практического значения полученных результатов	В целом успешное, но не систематическое умение ставить задачу, планировать и выполнять исследования в области биофизики и смежных областях, проводить критический анализ теоретического и практического значения полученных результатов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение ставить задачу, планировать и выполнять исследования в области биофизики и смежных областях, проводить критический анализ теоретического и практического значения полученных результатов	Успешное и систематическое умение ставить задачу, планировать и выполнять исследования в области биофизики и смежных областях, проводить критический анализ теоретического и практического значения полученных результатов

УМЕТЬ: анализировать варианты решения исследовательских и практических задач области биофизики и смежных областях и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши внедрения результатов научно-исследовательских работ в практику	Отсутствие умений	Частично освоенное умение анализировать варианты решения исследовательских и практических задач в области биофизики и смежных областях и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши внедрения результатов научно-исследовательских работ в практику	В целом успешное, но не систематическое умение анализировать варианты решения исследовательских и практических задач в области биофизики и смежных областях и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши внедрения результатов научно-исследовательских работ в практику	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение анализировать варианты решения исследовательских и практических задач в области биофизики и смежных областях и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши внедрения результатов научно-исследовательских работ в практику	Успешное и систематическое умение анализировать варианты решения исследовательских и практических задач в области биофизики и смежных областях и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши внедрения результатов научно-исследовательских работ в практику
ЗНАТЬ: основные этапы планирования, выполнения и представления отчетности по полученным результатам при выполнении научно-исследовательской работы в области биофизики и смежных областях	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания этапов планирования, выполнения и представления отчетности по полученным результатам при выполнении научно-исследовательской работы в области биофизики и смежных областях	Неполные знания основных этапов планирования, выполнения и представления отчетности по полученным результатам при выполнении научно-исследовательской работы в области биофизики и смежных областях	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания этапов планирования, выполнения и представления отчетности по полученным результатам при выполнении научно-исследовательской работы в области биофизики и смежных областях	Сформированные и систематические знания основных этапов планирования, выполнения и представления отчетности по полученным результатам при выполнении научно-исследовательской работы в области биофизики и смежных областях
ЗНАТЬ: возможности и способы внедрения в практическую деятельность результатов собственных исследований	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания возможностей и способов внедрения в практическую деятельность результатов собственных исследований	Неполные знания возможностей и способов внедрения в практическую деятельность результатов собственных исследований	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания возможностей и способов внедрения в практическую деятельность результатов собственных исследований	Сформированные систематические знания возможностей и способов внедрения в практическую деятельность результатов собственных исследований

ЗНАТЬ: основные методы проведения экспертизы в области биофизики и смежных областях	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания основных методов проведения экспертизы в области биофизики и смежных областях	Неполные знания основных методов проведения экспертизы в области биофизики и смежных областях	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов проведения экспертизы в области биофизики и смежных областях	Сформированные и систематические знания основных методов проведения экспертизы в области биофизики и смежных областях
---	-------------------	--	---	--	---

ОПК-1: Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
ОПК-1 ВЛАДЕТЬ: навыками использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	В целом успешное, но не систематическое применение навыков использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Успешное и систематическое применение использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ВЛАДЕТЬ: навыками профессионально оформлять, представлять и докладывать результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ по утвержденным формам	Отсутствие навыков	Фрагментарное применение навыков профессионально оформлять, представлять и докладывать результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ по утвержденным	В целом успешное, но не систематическое применение навыков профессионально оформлять, представлять и докладывать результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ по	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков профессионально оформлять, представлять и докладывать результаты научно-исследовательских и производственно	Успешное и систематическое применение навыков профессионально оформлять, представлять и докладывать результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ по утвержденным

		формам	утвержденным формам	- технологических работ по утвержденным формам	формам
УМЕТЬ: ставить задачу, планировать и выполнять биологические исследования при решении конкретных задач по биологии с использованием современной аппаратуры, вычислительных средств, компьютерных технологий	Отсутствие умений	Частично освоенное умение ставить задачу, планировать и выполнять биологические исследования при решении конкретных задач по биологии с использованием современной аппаратуры, вычислительных средств, компьютерных технологий	В целом успешное, но не систематическое умение ставить задачу, планировать и выполнять биологические исследования при решении конкретных задач по биологии с использованием современной аппаратуры, вычислительных средств, компьютерных технологий	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение ставить задачу, планировать и выполнять биологические исследования при решении конкретных задач по биологии с использованием современной аппаратуры, вычислительных средств, компьютерных технологий	Успешное и систематическое умение ставить задачу, планировать и выполнять биологические исследования при решении конкретных задач по биологии с использованием современной аппаратуры, вычислительных средств, компьютерных технологий
ЗНАТЬ: современные проблемы биологии	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания современных проблем биологии	Неполные знания современных проблем биологии	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных проблем биологии	Сформированные и систематические знания современных проблем биологии
ЗНАТЬ: современные методы исследования и информационно-коммуникационные технологии	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Неполные знания современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	Сформированные систематические знания современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий