

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
(факультет / институт / филиал)

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

**Рабочая программа дисциплины
БИОФИЗИКА**

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

Нижний Новгород
2021

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

Дисциплина «Биофизика» относится к числу профессиональных дисциплин, является обязательной дисциплиной и изучается на 3-м году обучения, в 6 семестре. Освоение курса опирается на знания, умения, навыки и компетенции, сформированные на двух предшествующих уровнях образования. Для обучения по данному курсу необходимо предшествующее освоение следующих дисциплин: физика, химия, математика, биохимия, молекулярная биология, физиология человека и животных, физиология растений.

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

Цель освоения дисциплины.

Изучить физические и физико-химические закономерности строения и функционирования биологических систем различного уровня организации

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

знать: физические и физико-химические закономерности строения и функционирования биологических систем различного уровня организации

уметь: уметь применить интегральный подход к анализу физических и физико-химических процессов, протекающих в биологических системах

владеть: навыками получения, анализа и представления новых фундаментальных научных и прикладных результатов в области биофизики

Таблица 1

Планируемые результаты обучения по дисциплине

| Код и этап формируемой компетенции | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций |
|---|--|
| ПК-1: способность получать, анализировать и представлять новые научные и прикладные результаты в области биофизики Заключительный | ЗНАТЬ: основные методы научно-исследовательской деятельности для реализации идей УМЕТЬ: выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах; критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника и перспективность собственных исследований; избегать автоматического применения стандартных формул и приемов при решении задач. ВЛАДЕТЬ: навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования, навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач |
| ПК-2: способность организовывать и выполнять научные исследования и разработки в области биофизики и смежных областях (междисциплинарные) и | 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 анализ теоретического и практического значения |

Промежуточная аттестация в форме экзамена

Таблица 3

Содержание дисциплины

| п/п | Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела | Форма проведения занятия | Форма текущего контроля |
|------------|--|---|---------------------------------|--|
| 1. | Введение | Предмет и задачи биофизики. Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах. | Семинар | Опрос Представление докладов |
| 2. | Теоретическая биофизика | <u>Кинетика биологических процессов</u> Основные особенности кинетики биологических процессов. Задачи математического моделирования в биологии. Принципы построения математических моделей биологических систем. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Множественность стационарных состояний. Колебательные процессы в биологии. Кинетика ферментативных реакций. <u>Термодинамика биологических процессов</u> Классификация термодинамических систем. Законы термодинамики в биологии. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах. Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термодинамическое сопряжение реакций. Понятие обобщенных сил и потоков. Связь энтропии и информации в биологических системах. | Семинар | Опрос Дискуссия Представление докладов |

| | | | | |
|----|---|--|---------|--|
| 3. | Молекулярная биофизика | <p>Типы слабых взаимодействий. Взаимодействия Ван-дер-Ваальса, водородные связи, гидрофобное взаимодействие. Поворотная изомеризация и энергия внутреннего вращения. Стерические карты. Процесс образования вторичных структур белка, изменение энергии. Фазовые переходы. Кооперативные свойства макромолекул. Методы изучения пространственной структуры биологических макромолекул.</p> | Семинар | Опрос Дискуссия Представление докладов |
| 4. | Биофизика клеточных и мембранных процессов. | <p>Биологические мембраны – основа структурно-функциональной организации живых систем. Полиморфизм липидов Липидный бислой как самоорганизующуюся структура. Механизмы разрушения липидного бислоя. Искусственные бислойные мембраны (БЛМ). Липосомы, их роль в фундаментальных исследованиях и практических разработках. Динамические свойства мембран. Вязкость (микровязкость) мембран. Фазовые переходы в мембранах. Термодинамика фазовых переходов. Кооперативность фазовых переходов. Гетерогенное распределение липидов. Рафты. Анулярные липиды. Биогенез мембран. Повреждение мембран при перекисном окислении липидов.</p> <p><u>Биофизика транспортных процессов и биоэлектрогенез.</u></p> <p>Простая диффузия. Ограниченная диффузия. Облегченная диффузия. Проницаемость мембран для воды. Осмос. Аквапорины. Электрохимический</p> | Семинар | Опрос Дискуссия Представление докладов |

| | | | | |
|----|---------------------------------------|--|---------|---|
| | | <p> потенциал. Уравнение Нернста-Планка. Уравнения постоянного поля для потенциала и ионного тока. Потенциал покоя. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов. Транспортные АТФазы. Структура ионных каналов. Модель параллельно функционирующих пассивных и активных путей переноса ионов. Потенциал действия. Механизм генерации. Кинетика ионных потоков при возбуждении. Воротные токи. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли. Распространение возбуждения. Кабельные свойства нервных волокон. <u>Биофизика сократительных систем</u> Молекулярные механизмы мышечного сокращения. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики Модель Хилла. Молекулярные механизмы немышечной подвижности. Биофизика рецепции Общие закономерности взаимодействия лигандов в рецепторами. Фоторецепция. Строение зрительной клетки. Фотохимические превращения родопсина. Механизмы генерации рецепторного потенциала. </p> | | |
| 5. | Биофизика фотобиологических процессов | <p> Основные стадии фотобиологического процесса. Люминесценция. Фотохимические процессы. Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран. Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электрон-транспортных цепях при </p> | Семинар | <p> Опрос Дискуссия Представление докладов </p> |

| | | | | |
|----|------------------------|--|---------|--|
| | | фотосинтезе. Основные типы фоторегуляторных реакций. Фитохром - универсальная фоторецепторная система. Фотодеструктивные процессы. | | |
| 6. | Радиационная биофизика | Общая характеристика ионизирующих излучений. Использование различных видов излучений в медицине, технике и сельском хозяйстве. Естественный радиационный фон. Механизмы поглощения рентгеновских и гамма-излучений, нейтронов, заряженных частиц. Единицы доз ионизирующих излучений. Инактивация молекул в результате прямого и непрямого действия ионизирующих излучений. Роль модификаторов в радиоллизе молекул. Принцип попадания, концепция мишени. Первичные физико-химические процессы в облучённой клетке. Роль повреждения биологических мембран в радиационных нарушениях клетки. Восстановительные процессы при лучевом поражении. Временные и дозовые эффекты радиации. | Семинар | Опрос Дискуссия Представление докладов |

4. Образовательные технологии

Основной формой образовательных технологий в рамках контактных часов являются семинарские занятия с представлением докладов обучающихся. Во время проведения семинарских занятий обучающиеся имеют возможность обсуждения вопросов из различных разделов биофизики, наряду с темой семинара.

5. Формы организации и контроля самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся предусматривает работу с информационными источниками (статьи, монографии, интернет-ресурсы на государственном и английском языках), подготовку докладов с представлением материала в виде компьютерных презентаций.

Примерные темы дискуссионных занятий

- Необходимо ли знание теоретической биофизики (термодинамика и кинетика) в современном экспериментальном исследовании?
- Насколько жестко связаны структура и функции белковых молекул?
- Специфичность лиганд-репторного взаимодействия
- Роль внешних факторов и эндогенных сигналов в регуляции активности фотосинтеза
- «Безвредные» дозы радиации

6. Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине

а. 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.

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

| | |
|----------------------|--|
| Отлично | Подготовка, уровень которой существенно выше среднего с небольшими ошибками. |
| Хорошо | Хорошая подготовка, но со значительными ошибками. |
| Удовлетворительно | Подготовка удовлетворяет минимальным требованиям. |
| Не удовлетворительно | Необходима дополнительная подготовка для успешного прохождения испытания. Пропущены некоторые научно-практические занятия. |
| Плохо | Подготовка совершенно недостаточная. Частые пропуски научно-практических занятий. |

Экзамен сдается устно. На нем проверяются знания по двум из вопросов общего списка. Для допуска к экзамену необходимо активное участие в работе на семинарских занятиях, выполнение заданий, предназначенных для самостоятельной работы.

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

Требования к докладу:

Работа должна представлять собой обзор научной и научно-технической литературы по теме доклада (не менее 10 научно-образовательных источников). 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. Тема доклада может быть связана с собственным диссертационным проектом аспиранта, если он согласуется с данной дисциплиной. В этом случае тематика доклада должна быть согласована с преподавателем. Время доклада – 20-30 минут. Презентация должна быть выполнена на русском языке в программе PowerPoint, адекватно иллюстрирована (рисунками, схемами, таблицами), логически согласована с докладом. Желательно свободное изложение доклада без зачитывания печатного текста. Оценивается владение материалом по теме работы,

умение сформулировать ответы на вопросы, умение поддержать дискуссию.

Примерные темы докладов на семинарах:

1. Особенности термодинамики биологических процессов.
2. Энергетическое сопряжение транспорта соединений через мембраны.
3. Математическое моделирование как способ изучения механизмов биологических процессов.
4. Кинетика ферментативных реакций. Методы изучения.
5. Биологическая мембрана как универсальная структурно-функциональная единица живых систем.
6. Силы, поддерживающие структуру липидно-белковых мембран.
7. Методы изучения подвижности компонентов биологических мембран.
8. Рафты. Роль рафтов в осуществлении функций мембраны.
9. Транспорт воды через мембраны. Роль аквапоринов.
10. Молекулярные механизмы биологической подвижности.
11. Молекулярные механизмы функционирования мембранных рецепторов.
12. Фотосинтетический реакционный центр. Структурно-функциональная организация.
13. Фоторегуляторные реакции.
14. Естественный радиационный фон. Источники, вклад.
15. Модификация радиочувствительности.
16. Репарация ДНК при радиационном повреждении.

Темы семинаров окончательно формулируются (уточняются) исходя из специфики выполняемых научно-исследуемых работ аспирантов.

Вопросы для контроля

1. Предмет и задачи биофизики.
2. Биологические и физические процессы и закономерности в живых системах.
3. Основные особенности кинетики биологических процессов.
4. Принципы построения математических моделей биологических систем.
5. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов.
6. Колебательные процессы в биологии.
7. Кинетика ферментативных реакций.
8. Термодинамика и ее задачи.
9. Классификация термодинамических систем.
10. Законы термодинамики и их приложимость к биосистемам.
11. Функции свободной энергии. Значение.
12. Термодинамическое сопряжение реакций.
13. Биологические системы как открытые системы. Уравнение Пригожина.
14. Стационарное состояние биосистемы. Устойчивость стационарного состояния.
15. Связь энтропии и информации в биологических системах.
16. Типы слабых взаимодействий. Сопоставление энергии сильных и слабых взаимодействий.
17. Природа взаимодействий Ван-дер-Ваальса.
18. Природа водородных связей. Свойства.
19. Гидрофобное взаимодействие.
20. Поворотная изомеризация и энергия внутреннего вращения в пептидной цепи.
21. Карты разрешенных и запрещенных конформаций пептидной цепи.
22. Вторичные структуры белка. Характеристика вторичных структур.

23. Изменение энергии при образовании вторичных структур.
24. Закономерности пространственной укладки белков и нуклеиновых кислот.
25. Фазовые переходы. Кооперативные свойства макромолекул.
26. Методы изучения пространственной структуры биологических макромолекул.
27. Структурно-функциональная организация биологических мембран.
28. Поведение липидов в полярных растворителях. Полиморфизм липидов.
29. Механизмы разрушения липидного бислоя.
30. Искусственные бислойные мембраны (БЛМ). Липосомы.
31. Динамические свойства мембран. Методы изучения. Вязкость (микровязкость) мембран.
32. Фазовые переходы в мембранах. Термодинамика фазовых переходов.
33. Гетерогенное распределение липидов в биологических мембранах. Рафты. Анулярные липиды.
34. Биогенез компонентов мембран. Транспорт белков и липидов в мембраны.
35. Повреждение мембран при перекисном окислении липидов.
36. Простая диффузия. Облегченная диффузия.
37. Проницаемость мембран для воды. Осмос. Аквапорины.
38. Электрохимический потенциал. Уравнение Нернста-Планка.
39. Уравнения постоянного поля для потенциала и ионного тока.
40. Активный транспорт. Электрогенный транспорт ионов.
41. Транспортные АТФазы. Механизм функционирования.
42. Структура ионных каналов.
43. Мембранный потенциал как совокупность диффузионной и метаболической компонент.
44. Потенциал действия. Механизм генерации.
45. Кинетика ионных потоков при возбуждении. Воротные токи.
46. Описание ионных токов в модели Ходжкина-Хаксли.
47. Распространение возбуждения. Кабельные свойства нервных волокон.
48. Молекулярные механизмы мышечного сокращения.
49. Термодинамические, энергетические и мощностные характеристики.
50. Модель Хилла.
51. Общие закономерности взаимодействия лигандов в рецепторах.
52. Фоторецепция. Строение зрительной клетки.
53. Фотохимические превращения родопсина. Механизмы генерации рецепторного потенциала.
54. Основные стадии фотобиологического процесса.
55. Фотохимические процессы.
56. Структурная организация и функционирование фотосинтетических мембран.
57. Кинетика и физические механизмы переноса электрона в электрон-транспортных цепях при фотосинтезе.
58. Основные типы фоторегуляторных реакций. Фитохром - универсальная фоторецепторная система.
59. Фотодеструктивные процессы.
60. Общая характеристика ионизирующих излучений.
61. Естественный радиационный фон.
62. Ионизирующие излучения в практике.
63. Механизмы поглощения рентгеновских и гамма-излучений, нейтронов, заряженных частиц.
64. Единицы доз ионизирующих излучений.
65. Прямое и косвенное действие ионизирующих излучений.
66. Принцип попадания, концепция мишени.

67. Первичные физико-химические процессы в облучённой клетке.
68. Повреждения биологических мембран при радиационных нарушениях клетки.
69. Восстановительные процессы при лучевом поражении.
70. Временные и дозовые эффекты радиации.

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. Физика и биофизика [Электронный ресурс]: учебник / В. Ф. Антонов, Е. К. Козлова, А. М. Черныш. - 2-е изд., испр. и доп. - М. : ГЭОТАР-Медиа, 2015.
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970435267.html>
2. Биофизика: учеб. для вузов./Артюхов В. Г., Ковалева Т. А., Наквасина М. А., Башарина О. В., Путинцева О. В. - М.: Академический Проект, 2013. - 294 с.

б) дополнительная литература:

1. Практикум по биофизике. Часть 1 [Электронный ресурс] / Рубин А.Б. ; в 2 ч. - М. : БИНОМ, 2015. - (Учебник для высшей школы).
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996330256.html>
2. БИОФИЗИКА: В 2 т. Т. 1: Теоретическая биофизика [Электронный ресурс]: учебник / Рубин А.Б. - 3-е изд. - М. : Издательство Московского государственного университета, 2004. - (Классический университетский учебник). -
<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5211061101.html>

в) Интернет-ресурсы

1. <http://elibrary.ru>
2. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>
3. <http://www.tandfonline.com/loi/>

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектованные специализированной мебелью и техническими средствами обучения (демонстрационное оборудование – проектор, ноутбук, экран). Помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

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

Автор (ы) _____ Воденеев В.А.
Рецензент (ы) _____ Ведунова М.В.
Заведующий кафедрой _____ Воденеев В.А.

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

Приложение 1

Карты компетенций, в формировании которых участвует дисциплина ПК-1: Способность получать, анализировать и представлять новые научные и прикладные результаты в области биофизики

| Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | | | | |
|---|--|---|---|---|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ВЛАДЕТЬ: навыками сбора, обработки, анализа и систематизации информации в области биофизики | Отсутствие навыков | Фрагментарное применение навыков сбора, обработки, анализа и систематизации информации в области биофизики | В целом успешное, но не систематическое применение навыков сбора, обработки, анализа и систематизации информации в области биофизики | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения навыков сбора, обработки, анализа и систематизации информации в области биофизики | Успешное и систематическое применение навыков сбора, обработки, анализа и систематизации информации в области биофизики |
| ВЛАДЕТЬ: навыками представления результатов исследования в форме письменных и устных отчетов | Отсутствие навыков | Фрагментарное применение навыков представления результатов исследования в форме письменных и устных отчетов | В целом успешное, но не систематическое применение навыков представления результатов исследования в форме письменных и устных отчетов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения навыков представления результатов исследования в форме письменных и устных отчетов | Успешное и систематическое применение навыков представления результатов исследования в форме письменных и устных отчетов |
| ВЛАДЕТЬ: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области биофизики | Отсутствие навыков | Фрагментарное применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области биофизики | В целом успешное, но не систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области биофизики | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применения технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области биофизики | Успешное и систематическое применение технологий критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач в области биофизики |

| | | | | | |
|---|----------------------|---|--|---|---|
| УМЕТЬ: анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач в области биофизики и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов | Отсутствие умений | Частично освоенное умение анализироват ь альтернативн ые варианты решения исследовател ьских и практических задач в области биофизики и оценивать потенциальн ые выигрыши/пр оигрыши реализации этих вариантов | В целом успешно, но не систематически осуществляемые анализ альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач в области биофизики и оценка потенциальных выигрышей/проиг рышей реализации этих вариантов | В целом успешные, но содержащие отдельные пробелы анализ альтернативных вариантов решения исследовательских и практических задач в области биофизики и оценка потенциальных выигрышей/проиг рышей реализации этих вариантов | Сформированное умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач в области биофизики и оценивать потенциальные выигрыши/проигр ыши реализации этих вариантов |
| УМЕТЬ: при решении исследовательских и практических задач в области биофизики генерировать новые идеи, поддающиеся решению, исходя из наличных ресурсов и ограничений | Отсутствие умений | Частично освоенное умение при решении исследовател ьских и практических задач в области биофизики генерировать идеи, поддающиеся решению, исходя из наличных ресурсов и ограничений | В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение при решении исследовательских и практических задач в области биофизики генерировать идеи, поддающиеся решению, исходя из наличных ресурсов и ограничений | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение при решении исследовательских и практических задач в области биофизики генерировать идеи, поддающиеся решению, исходя из наличных ресурсов и ограничений | Сформированное умение при решении исследовательских и практических задач в области биофизики генерировать идеи, поддающиеся решению, исходя из наличных ресурсов и ограничений |
| УМЕТЬ: оформить и представить обработанные результаты исследования в области биофизики в соответствии с нормативными документами | Отсутствие умений | Частично освоенное умение оформить и представить обработанные результаты исследования в области биофизики в соответствии с нормативным и документами | В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение оформить и представить обработанные результаты исследования в области биофизики в соответствии с нормативными документами | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение оформить и представить обработанные результаты исследования в области биофизики в соответствии с нормативными документами | Сформированное умение оформить и представить обработанные результаты исследования в области биофизики в соответствии с нормативными документами |

| | | | | | |
|--|-------------------|---|---|--|---|
| ЗНАТЬ: методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также технологии генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области биофизики | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также технологии генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области биофизики | Общие, но не структурированные знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области биофизики | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также технологий генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области биофизики | Сформированные систематические знания методов критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методов генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач в области биофизики |
|--|-------------------|---|---|--|---|

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 в 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 |

ПК-3: способность использовать и развивать высокотехнологичные физико-химические методы и современные информационно-коммуникационных технологии при решении задач биологии и биомедицины

| Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) | Критерии оценивания результатов обучения | | | | |
|--|--|---|---|---|--|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ВЛАДЕТЬ: навыками выбора методов и средств для решения задач биологии и биомедицины | Отсутствие навыка | Фрагментарное применение навыков выбора методов и средств для решения задач биологии и биомедицины | В целом успешное, но не систематическое применение навыков выбора методов и средств для решения задач биологии и биомедицины | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков выбора методов и средств для решения задач биологии и биомедицины | Успешное и систематическое применение навыков выбора методов и средств для решения задач биологии и биомедицины |
| ВЛАДЕТЬ: навыками самостоятельного освоения новых методов и средств для решения задач в области биологии и биомедицины | Отсутствие навыка | Фрагментарное применение навыков самостоятельного освоения новых методов и средств для решения задач в области биологии и биомедицины | В целом успешное, но не систематическое применение навыков самостоятельного освоения новых методов и средств для решения задач в области биологии и биомедицины | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы применение навыков самостоятельного освоения новых методов и средств для решения задач в области биологии и биомедицины | Успешное и систематическое применение навыков самостоятельного освоения новых методов и средств для решения задач в области биологии и биомедицины |
| ВЛАДЕТЬ: навыками адаптации и развития существующих физико- | Отсутствие навыка | Фрагментарное применение навыков | В целом успешное, но не систематическое | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы | Успешное и систематическое применение |

| | | | | | |
|---|-------------------|---|--|--|---|
| химических методов и в информационно-коммуникационных технологий с целью решения задач биологии и биомедицины | | адаптации и развития существующих физико-химических методов и информационно-коммуникационных технологий с целью решения задач биологии и биомедицины | применение навыков адаптации и развития существующих физико-химических методов и информационно-коммуникационных технологий с целью решения задач биологии и биомедицины | применение навыков адаптации и развития существующих физико-химических методов и информационно-коммуникационных технологий с целью решения задач биологии и биомедицины | навыков адаптации и развития существующих физико-химических методов и информационно-коммуникационных технологий с целью решения задач биологии и биомедицины |
| УМЕТЬ анализировать альтернативные подходы и методы при решении задач биологии и биомедицины и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов | Отсутствие умений | Частично освоенное умение анализировать альтернативные подходы и методы при решении задач биологии и биомедицины и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов | В целом успешное, но не систематическое умение анализировать альтернативные подходы и методы при решении задач биологии и биомедицины и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение анализировать альтернативные подходы и методы при решении задач биологии и биомедицины и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов | Успешное и систематическое умение анализировать альтернативные подходы и методы при решении задач биологии и биомедицины и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов |
| УМЕТЬ критически анализировать и сопоставлять научные результаты, получены при использовании различных методов и подходов с целью получения целостного представления об исследуемом объекте | Отсутствие умений | Частично освоенное умение критически анализировать и сопоставлять научные результаты, получены при использовании различных методов и подходов с целью получения целостного представления об исследуемом объекте | В целом успешное, но не систематическое умение критически анализировать и сопоставлять научные результаты, получены при использовании различных методов и подходов с целью получения целостного представления об исследуемом объекте | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение критически анализировать и сопоставлять научные результаты, получены при использовании различных методов и подходов с целью получения целостного представления об исследуемом объекте | Успешное и систематическое умение критически анализировать и сопоставлять научные результаты, получены при использовании различных методов и подходов с целью получения целостного представления об исследуемом объекте |
| ЗНАТЬ принципы основных применяемых в биологии и биомедицине физико-химических методов и подходов, область их применения и ограничения | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания принципов основных применяемых в биологии и биомедицине физико-химических методов и подходов, область их применения и | Неполные знания принципов основных применяемых в биологии и биомедицине физико-химических методов и подходов, область их применения и | Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания принципов основных применяемых в биологии и биомедицине физико-химических методов и подходов, область их применения и | Сформированные и систематические знания принципов основных применяемых в биологии и биомедицине физико-химических методов и подходов, область их применения и |

| | | | | | |
|---|-------------------|--|---|--|--|
| | | ограничения | | | |
| ЗНАТЬ современные информационно-коммуникационных технологии, применяемые для решения задач биологии и биомедицины | Отсутствие знаний | Фрагментарные знания современных информационно-коммуникационных технологий, применяемых для решения задач биологии и биомедицины | Неполные знания современных информационно-коммуникационных технологий, применяемых для решения задач биологии и биомедицины | Сформированные, но современных информационно-коммуникационных технологий, применяемых для решения задач биологии и биомедицины | Сформированные и современных информационно-коммуникационных технологий, применяемых для решения задач биологии и биомедицины |